

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор Навчально-наукового інституту

«Фізико-технічний факультет»

(вказати назву структурного підрозділу)

Кузнецов П.Е.

(вказати П.І.Б керівника)

“ 22 ” серпня 2024 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

Хімія неорганічна та фізколоїдна

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

галузь знань 10 – "Природничі науки"

спеціальність 105 – "Прикладна фізика та наноматеріали"

освітня програма освітньо-професійна програма "Біомедичні нанотехнології"

вид дисципліни обов'язкова

факультет ННІ «Фізико-технічний факультет»

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету
“27” серпня 2024 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Чейпеш Тетяна Олександрівна, кандидат хімічних наук, доцент ЗВО кафедри фізичної хімії
Фарафонов Володимир Сергійович, кандидат хімічних наук, доцент ЗВО кафедри
фізичної хімії

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії

Протокол від “26” серпня 2024 року, № 1

В.о. завідувача кафедри фізичної хімії



(підпис)

Мчедлов-Петросян М.О.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від “26” серпня 2024 року, № 1

Голова науково-методичної комісії хімічного факультету



(підпис)

Єфімов П.В.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"

Гарант освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"



(підпис)

Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “12” липня 2024 року № 11

Голова методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»



(підпис)

Микола ІОНАКОВ

ВСТУП

1. Опис навчальної дисципліни

Робочу програму навчальної дисципліни «Хімія неорганічна та фізколоїдна» укладено відповідно до вимог стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 10 – «Природничі науки», спеціальність 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого і введеного в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 16.06.2020 р. № 804.

Навчальна дисципліна «Хімія неорганічна та фізколоїдна» спрямована на формування у студентів цілісного комплексу базових знань та навичок з теоретичних і практичних основ неорганічної, фізичної та колоїдної хімії. Ці знання є необхідною складовою професійної підготовки фахівців першого освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є забезпечення оволодіння студентами знань про властивості неорганічних сполук (перш за все, найбільш поширених), термодинаміку розчинів, здебільшого водних, та фізико-хімії поверхні та дисперсних систем, у тому числі нанодисперсних, включаючи біомолекули.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- узагальнення і систематизація знань про властивості та реакційну здатність вибраних неорганічних сполук та фізико-хімічних систем, включаючи воду та водні розчини;
- формування комплексу знань про фізико-хімію поверхні та адсорбцію;
- формування уявлень про дисперсні системи, їх виникнення (або синтез), основні властивості та колоїдну (агрегативну) стабільність;
- формування уявлень про пошук необхідної інформації щодо властивостей і методів дослідження нанодисперсних систем як ліофобного, так і ліофільного типу.

Вивчення дисципліни «Хімія неорганічна та фізколоїдна» спрямовано на забезпечення таких загальних (ЗК) та фахових компетентностей (ФК) за спеціальністю, затвердженого Стандартом вищої освіти:

ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 10. Навички здійснення безпечної діяльності.

ФК 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження

ФК 8. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок

ФК 9. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

1.3. Кількість кредитів: 6

1.4. Загальна кількість годин: 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
6,7-й

Лекції
48 год.
Практичні заняття
32 год.
Самостійна робота
100 год.

1.6 Заплановані результати навчання

Очікувані результати навчання відповідають програмним результатам навчання ОП «Біомедичні нанотехнології» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»:

ПРН-1. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

ПРН-2. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної.

ПРН-3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРН-4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

ПРН-5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

ПРН-6. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

ПРН-7. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

ПРН-8. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Змістовий модуль

Тема 1. Хімія неорганічних сполук.

Основні класи неорганічних сполук (прості речовини, оксиди, кислоти, основи, солі): загальна характеристика, властивості, номенклатура. Комплексні сполуки: загальні поняття, класифікація, номенклатура. Окисно-відновні реакції.

Тема 2. Фізична хімія води.

Основні властивості води. Структура води і водних розчинів. Іони в воді. Вода як середовище для кислотно-основних реакцій. Іони водню та гідроксилу у воді. Термодинаміка гідратації іонів. Структуроутворюючі та структуро руйнуючі іони. Гідрофобна гідратація. Ліотропні ряди. Розчинність неорганічних та органічних сполук у воді. Кристалогідрати. Розчинність газів у воді. Розчини діоксиду вуглецю і рН розчинів. Сольові ефекти. Іонна асоціація. Морська вода. Іони металів у воді. Теорія ЖМКО. Кислотність поверхні води. Властивості оксиду дейтерію.

Тема 3. Загальні уявлення щодо фізичної хімії поверхневих явищ та дисперсних систем.

Визначення, основні завдання і напрями колоїдної хімії. Основні етапи розвитку сучасної колоїдної хімії. Основні поняття колоїдної хімії та фізико-хімії поверхневих явищ: дисперсність, питома поверхня, поверхневі явища, поверхнева енергія і поверхневий натяг, дисперсна фаза та дисперсійне середовище, колоїдний ступінь дисперсності. Дисперсність і гетерогенність – основні ознаки колоїдних систем. Колоїдна хімія як наукова основа оптимізації і інтенсифікації гетерогенних фізико-хімічних процесів. Колоїдна хімія як фізико-хімія реальних тіл. Значення колоїдної хімії для біології, геології, медицини, інших областей науки, техніки і сільського господарства.

Тема 4. Термодинаміка поверхневих явищ. Капілярність.

Класифікація поверхневих явищ. Поверхня поділу фаз. Кривизна поверхні. Коєзія і внутрішній тиск. Термодинамічні функції поверхневого шару. Метод надлишкових величин Гіббса. Метод шару кінцевої товщини. Силowe трактування поверхневого натягу. Повна поверхнева енергія. Рівняння Гіббса–Гельмгольца. Рівняння Етвеша. Парахор. Рівняння Сагдена. Правило Антонова. Капілярний тиск. Методи визначення поверхневого натягу. Самочинне зменшення поверхневої енергії. Адгезія. Рівняння Дюпре. Змочування і розтікання. Крайовий кут змочування. Рівняння Юнга. Шорсткість поверхні. Гідрофільні і гідрофобні поверхні. Розтікання рідини по рідкій поверхні; коефіцієнт Харкінса. Ефект Марангоні. Флотація: пінна, плівкова, масляна. Флотореагенти. Зміна рівня рідини в капілярах. Тиск пари над викривленою поверхнею. Формула Томсона-Кельвіна і її наслідки з неї. Формула Гіббса–Фройндліха–Оствальда. Оствальдівське дозрівання осаду. Рівняння Кюрі–Вульфа. Реакційна здатність і дисперсність.

Тема 5. Молекулярна адсорбція на твердій поверхні.

Термодинаміка поверхневого шару в багатокомпонентних системах. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса. Поняття «адсорбент», «адсорбтив» і «адсорбат». Природа сил, що викликають адсорбцію. Фізична адсорбція і хемісорбція. Загальні уявлення про гетерогенний каталіз. Адсорбційна рівновага. Мономолекулярна адсорбція. Рівняння Бедкера–Фройндліха. Ізотерма Генрі. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Ступінчаста адсорбція і полімолекулярна адсорбція. Швидкість адсорбції. Динамічна адсорбція. Значення адсорбційних процесів у природі і в техніці. Властивості твердих поверхонь. Класифікація пор. Типи адсорбентів. Полімолекулярна адсорбція газів. Теорія БЕТ. Ізотерми, засновані на рівнянні стану адсорбційного шару. Потенціальна теорія Поляні. Капілярна конденсація. Енергетичні параметри адсорбції і змочування. Адсорбція з розчинів. Ізотерма адсорбції з константою обміну. Правило зрівнювання полярностей Ребіндера. Особливості адсорбції полімерів з розчинів. Адсорбційна хроматографія та її застосування.

Тема 6. Поверхневі шари і плівки на межі розділу рідина–газ.

Поверхнево-активні речовини (ПАР). Поверхнево-інактивні речовини. Поверхнева активність. Рівняння Шишковського. Правило Дюкло–Траубе. Ізотерми мономолекулярної адсорбції на межі вода–газ та вода–масло. Будова незаповненого і заповненого мономолекулярних шарів. Рівняння стану поверхневого шару. Поверхневий (двovмірний) тиск. Поверхневі плівки. Ваги Ленгмюра і криві стиснення. Двovмірний стан речовини. Класифікації плівок нерозчинних речовин. Хімічні реакції в поверхневих плівках. Поверхнева денатурація білків. Мультишари. Плівки Ленгмюра–Блоджетт.

Тема 7. Електричні властивості поверхонь. Адсорбція електролітів.

Подвійний електричний шар (ПЕШ). Ізоелектрична точка (ІЕТ). Ізоіонна точка. Механізми виникнення ПЕШ. Правило Панета–Фаянса–Гана. Потенціалвизначаючі іони, протиіони, коіони. Рівняння Ліпманна. Електрокапілярна крива. Електрометри. Теорії будови ПЕШ Гельмгольца–Перрена, Гуї–Чепмена, Штерна. Специфічна адсорбція. Адсорбційний потенціал іона. Параметри ПЕШ для сферичної поверхні. Будова ліофобних міцел. Адсорбція іонів і іонний обмін. Іонообмінники (іоніти): неорганічні і органічні, синтетичні і природні. Іонообмінні смоли. Іонний обмін на вугіллі. Ґрунтовий обмінний комплекс за Гедройцем. Ліотропні ряди (ряди Гофмейстера). Рівняння Нікольського. Селективність іонного обміну. Статична і динамічна обмінна ємність. Застосування іонітів. Зм'якшування і демінералізація (опріснення) води. Іонообмінна хроматографія. Особливості адсорбції іонних ПАР – амфільних електролітів – на межі поділу вода–газ та вода–масло.

Тема 8. Класифікація і одержання дисперсних систем.

Класифікація дисперсних систем за ступенем та характером дисперсності, за формою частинок, за характером руху дисперсної фази, за агрегатним станом. Суспензії, золі, гелі, емульсії, піни, аерозолі, поруваті тіла, капілярні системи, ксерогелі. Класифікація дисперсних систем за характером міжмолекулярних взаємодій на межі розділу фаз. Виникнення і загибель дисперсних систем. Класифікація методів одержання вільнодисперсних систем. Диспергаційні методи. Ефект Ребіндера. Конденсаційне утворення нової фази: термодинаміка і кінетика. Хімічні методи отримання дисперсних систем. Самочинне диспергування. Стабілізація дисперсій. Отримання зв'язанодисперсних систем.

Тема 9. Оптичні властивості дисперсних систем.

Розсіяння світла колоїдними системами. Ефект Тіндела–Фарадея. Рівняння Релея. Мутність. Поляризація розсіяного світла. Оптичні методи дослідження дисперсних систем: світлова і електронна мікроскопія, дифракція рентгенівських променів, ультрамікроскопія, нефелометрія, турбідиметрія. Рівняння Бугера–Ламберта–Бера і Геллера. Сучасні прилади для вивчення дисперсних систем за допомогою статичного та динамічного розсіювання світла. Світлопоглинання колоїдів. Забарвлення золів металів. Плазмонний резонанс. Електронна мікроскопія і дослідження поверхонь.

Тема 10. Кінетичні властивості дисперсних систем. Електрокінетичні явища.

Неспецифічні властивості колоїдів. Барометрична формула Лапласа і досліди Перрена. Броунівський рух. Дифузія. Рівняння Ейнштейна–Смолуховського. Флуктуації. Седиментація. Дифузійно-седиментаційна рівновага. Седиментація і центрифугування. Центрифуги і ультрацентрифуги. Седиментаційний аналіз дисперсності. Осмотичні властивості колоїдних розчинів. Очищення дисперсних систем. Діаліз. Мембрани. Електродіаліз. Ультрафільтрація. Мембранна (доннанівська) рівновага. Електрофорез. Електроосмос. Ефекти Дорна і Квінке. Потенціали осідання і течії. Електрокінетичний потенціал (дзета-потенціал ζ). Електрофоретична та електроосмотична рухливість. Рівняння Смолуховського. Поверхнева провідність. Вплив електролітів на ζ -потенціал. Вимірювання ζ -потенціалу, його значення у природі і в техніці.

Тема 11. Ліофільні дисперсії. Колоїдні ПАР.

Розчини колоїдних ПАР. Прямі міцели: доказ утворення у водних розчинах. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ). Рушійні сили і термодинаміка міцелоутворення. Будова сферичних міцел іонних ПАР (колоїдних електролітів). Поліморфізм міцел. Явище солубілізації. Адсорбція ПАР на твердій поверхні. Різновиди ПАР. Обернені міцели ПАР. Стабілізація прямих і обернених емульсій; мікроемульсії.

Числа ГЛБ. Миюча дія ПАР. Міцелярний каталіз. Фосфоліпіди. Мембрани. Загальна характеристика ВМС. Набухання і розчинення ВМС. Спільність і відмінності розчинів ВМС і істинно-колоїдних розчинів. Визначення молекулярних мас ВМС та міцелярних мас міцел ПАР за світлорозсіянням. В'язкість розчинів полімерів: рівняння Штаудінгера. Висолування і коацервація. Поліелектроліти. Глобули білків.

Тема 12. Ліофобні дисперсії: агрегативна стійкість і коагуляція.

Гідрофобні колоїди і їх коагуляція. Кінетична і агрегативна стійкість. Швидка коагуляція. Рівняння Смолуховського. Чинники, що викликають коагуляцію. Коагуляція золів електролітами і поріг коагуляції. Правило Шульце–Гарді. Класичні теорії коагуляції. Уявлення про розклинювальний тиск і його основні складові. Теорія стійкості Дерягіна–Ландау–Фервея–Овербека. Стала Гамакера. Потенціальна крива – залежність енергії взаємодії від відстані. Застосування теорії ДЛФО до трактування коагуляції суспензій та золів. Дальня взаємодія і виникнення дальнього порядку. Періодичні колоїдні структури (ПКС–1; ПКС–2). Кінетика повільної коагуляції. Рівняння Фукса. Особливі явища при коагуляції. Чинники стійкості. Захисна дія ВМС. «Золоті» числа. Сенсibilізація коагуляції (флокуляція). Флокулянти. Очищення природних вод від колоїдів шляхом флокуляції і взаємної коагуляції. Оборотноість коагуляції. Пептизація. Відмінність пептизації від диспергування. Правило осадів Оствальда. Способи здійснення пептизації.

Тема 13. Мікрогетерогенні системи.

Аерозолі: тумани, пил, дими. Стійкість і руйнування аерозолів в природі і техніці. Порошки. Суспензії: грубі і тонкі; муті. Перетворення суспензій у пасти, у порошки. Відмінність мікрогетерогенних систем від ультрамікрогетерогенних. Розведені, концентровані і висококонцентровані емульсії. Стабілізація емульсій. Газові емульсії. Піни. Плівки як елемент пін і емульсій. Кратність піни. Будова пін. Стабілізація і руйнування пін.

Тема 14. Структурно-механічні властивості дисперсних систем

Структуровані системи. Тиксотропія. Синерезис. Основні поняття реології. В'язкість. Рівняння Ейнштейна. Ньютонівські рідини. В'язкість рідких агрегативно стійких дисперсних систем. Неньютонівські тіла. Рівняння Шведова–Бінгама. Ефективна в'язкість. Дилатансія. Деформація зсуву. Метод Вейлера–Рєбіндера. Реологічні властивості структурованих рідиноподібних і твердоподібних систем. Утворення і руйнування структурованих систем. Чинники, що визначають міцність структур і механізм структуроутворення. Уявлення про фізико-хімічну механіку.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с.р.	
Тема 1	4	2				12
Тема 2	3	2				7
Тема 3	2	1				2
Тема 4	4	3				7
Тема 5	4	2				7
Тема 6	2	2				7

Тема 7		4	2			7
Тема 8		4	2			7
Тема 9		2	2			7
Тема 10		3	4			7
Тема 11		6	4			10
Тема 12		6	4			7
Тема 13		2	2			6
Тема 14		2	2			7
Усього годин	180	48	32			100

4. Теми практичних занять

	Назва теми	Кількість годин
1.	Властивості хімічних елементів. Властивості найголовніших класів неорганічних сполук.	2
2.	Вода, її фізичні та хімічні властивості, водні розчини, гідратація.	2
3.	Місце хімії поверхні та колоїдної хімії серед природничих наук.	2
4.	Термодинаміка поверхневих явищ. Капілярність.	2
5.	Адсорбція.	2
6.	Поверхневі шари і плівки на межі розділу рідина–газ.	
7.	Подвійний електричний шар та сорбція іонів; іонний обмін.	2
8.	Класифікація та способи одержання дисперсних систем.	2
9.	Сучасні оптичні методи дослідження колоїдних систем.	2
10.	Вимірювання та використання електрокінетичного потенціалу.	2
11.	Синтетичні та природні ліофільні колоїдні системи.	4
12.	Стабілізація ліофобних дисперсних систем.	4
13.	Мікрогегерогенні системи. Аерозолі, їх виникнення та руйнування.	4
14.	Структурно-механічні властивості дисперсних систем	4
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

	Назва теми	Кількість годин
1.	Властивості хімічних елементів. Властивості найголовніших класів неорганічних сполук.	12
2.	Вода, її фізичні та хімічні властивості, водні розчини, гідратація.	7
3.	Шляхи розвитку колоїдної науки та нанохімії	2
4.	Термодинаміка поверхневих явищ. Капілярність.	7
5.	Адсорбція на твердій поверхні.	7
6.	Рівняння двомірного стану речовини.	7
7.	Подвійний електричний шар та сорбція іонів; іонний обмін.	7
8.	Класифікація та способи одержання дисперсних систем.	7
9.	Сучасні оптичні методи дослідження колоїдних систем.	7

10.	Вимірювання та використання електрокінетичного потенціалу.	7
11.	Термодинаміка поверхневих явищ. Капілярність.	10
12.	Колоїдна стабільність нановуглецевих систем.	7
13.	Аерозолі різних типів, емульсії прями та обернені.	6
14.	Структурно-механічні властивості дисперсних систем	7
	Разом	100

6. Методи контролю

Поточний контроль на практичних заняттях (домашні завдання). Виконання контрольних робіт. Письмовий екзамен в 5 та 6 семестрах (питання з відкритою відповіддю).

7. Схема нарахування балів

5-й семестр

Домашні завдання	Лабораторні роботи	Контрольна робота	Екзамен	Сума
16	24	20	40	100

6-й семестр

Домашні завдання	Лабораторні роботи	Контрольна робота	Екзамен	Сума
16	24	20	40	100

- Для допуску до підсумкового семестрового контролю (заліку або екзамену) студент повинен виконати всі розрахункові роботи, домашні завдання, виконати (дистанційно або письмово) контрольну роботу.
- Рейтинг кожної роботи, термін її виконання, та подання оформлених робіт визначається викладачем, який веде практичні і лабораторні заняття.
- Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 15 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи.
- Семестровий залік вважається зданим, якщо сума балів за залік ≥ 10 балів. Якщо сума отриманих студентом на заліку балів виявляється меншою ніж 10, необхідно перескладання заліку.
- Семестровий екзамен вважається складеним, якщо сума балів за екзамен ≥ 10 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка заліку	Оцінка екзамену
90 – 100	зараховано	відмінно
70 – 89		добре
50 – 69		задовільно
1 – 49	не зараховано	незадовільно

8. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Підручники, навчальні посібники.

9. Рекомендована література

1. Мchedlov-Петросян М.О., Лебідь В.І., Глазкова О.М., Лебідь О.В. Колоїдна хімія. Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010; 2013. 500 с.
2. М.О. Мchedlov-Петросян, В.І. Лебідь, Глазкова О.М., С.В. Єльцов, О.М. Дубина, В.Г. Панченко. Онови колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем. Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004. 300 с.
3. 3. Слободяник М.С., Скляр С.І., Чеботько К.О. Загальна і неорганічна хімія. Київ: Фенікс, 2003. 752 с.
4. Ракитська Т.Л. Загальна хімія : навч. посіб. / Т. Л. Ракитська ; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. - Вид. 2-ге, допов. та перероб. Одеса : ОНУ, 2020. 292 с.

10. Додаткова література

1. Sonntag H., Strenge K. Coagulation Kinetics and Structure Formation. Springer Science+Business Media, New York, 1987, 189 p.
2. Moroi Y. Micelles. Theoretical and Applied Aspects. Springer. 2013, 252 p.
3. Israelachvili J. N. Intermolecular and Surface Forces. Academic Press. New York. 2013, 706 p.
4. Kontogeorgis G. M., Søren K. Introduction to Applied Colloid and Surface Chemistry. John Wiley & Sons, Ltd, 2016, 367 p.
5. Курський М. Д., Кучеренко С. М. Біомембранологія.–К.: Вища школа,1993. – 260 с.
6. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry. Fifth edition. Harlow, U.K.: Pearson Education Limited. 2018. 1252 p.