

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ТА НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ім.В.І.ВЕРНАДСЬКОГО

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою Інституту загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України
протокол № 9
від « 4 » жовтня 2024 року

Голова Вченої ради Інституту


Сергій СОЛОПАН



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)
БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ КООРДИНАЦІЙНІ СПОЛУКИ 3-d ТА 4-f МЕТАЛІВ

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти: **Третій (освітньо-науковий)**

Галузь знань: **10 Природничі науки**

Спеціальність: **102 Хімія**

Освітньо- наукова програма: **Неорганічна і координаційна хімія, фізична хімія, електрохімія**

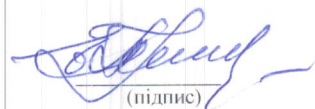
Київ
2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Біологічно активні координаційні сполуки 3-d та 4-f металів» - Київ, 2024 – 14 с.

РОЗРОБНИКИ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

Завідувач відділу

ІЗНХ ім. В.І. Вернадського НАН України,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
Олена ТРУНОВА


(підпис)

Провідний науковий співробітник

ІЗНХ ім. В.І. Вернадського НАН України,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
Світлана ОРИСИК



Провідний науковий співробітник

ІЗНХ ім. В.І. Вернадського НАН України,
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
Віктор ЧЕРНІЙ



Погоджено із гарантом ОНП



Анатолій ОМЕЛЬЧУК

Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
протокол № 9
від « 4 » жовтня 2024 року

Вчений секретар Інституту



Людмила ЛИСЮК

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
Загальна кількість: кредитів – 6 годин – 180 змістових модулів – 3	Дисципліна вільного вибору
	Рік підготовки – 3 курс, 1 семестр
	Лекції – 40 год
	Практичні – 10 год
	Консультації – 10 год
	Самостійна робота – 120 год
	Форма підсумкового контролю: екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни полягає у формуванні комплексного розуміння основ координаційної хімії, спрямованого на вивчення біологічно активних сполук та їхню взаємодію з живими системами.

Основні завдання навчальної дисципліни:

Формування у апірантів понять про теоретичні основи біокоординаційної хімії, її особливості, зв'язки з іншими науками і її практичної значущості.

В результаті освоєння даної дисципліни повинні бути сформовані сучасні уявлення про різноманіття координаційних сполук з численними біолігандами живого організму, про біометали як «організатори» життя.

На основі отриманих теоретичних знань аспіранти повинні мати уявлення про застосування результатів біокоординаційної хімії в медицині, агропромисловому комплексі, фармакології.

Сформувати навички і вміння практичного використання отриманих знань.

Аспірант з даної дисципліни повинен мати базові знання з органічної, неорганічної та координаційної хімії. Для вивчення даної дисципліни необхідно мати вищу освіту з вивченням курсу неорганічної та координаційної хімії для хімічних спеціальностей.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є сучасні уявлення про хімію координаційних сполук біоактивних металів (мікроелементів) з біолігандами різної

природи, вміст мікроелементів в живих організмах, моделювання хімічних і біохімічних процесів, причини біологічної активності КС, будова та властивості, методи одержання та перспективи практичного застосування, досягнення світової науки в галузі біокоординаційної хімії, ознайомлення з пріоритетними напрямками досліджень й сучасними здобутками вчених – українських і зарубіжних, що розвивають фундаментальні основи конструювання біологічно активних сполук, теорії і методів вирішення завдань в галузях біонеорганічної хімії. Освоєння курсу **«Біологічно активні координаційні сполуки 3-d та 4-f металів»** повинно бути основою підготовки молодих фахівців високого рівня в галузі неорганічної та біокоординаційної хімії, що має дозволити успішно працювати їм в різних областях як хімічних, так і біологічних наук, а також в галузі професійної освіти. Формування знань та умінь в області синтезу та перетворень біологічно активних координаційних сполук, їх роль та взаємозв'язок з біонеорганічною хімією.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) загальних (ЗК):

ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК5, ЗК6, ЗК7

б) спеціальних (СК):

СК1, СК2, СК3, СК4, СК7, СК8, СК10, СК11, СК13.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспірант після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання: ПРН 3, ПРН 4, ПРН 6, ПРН 14, ПРН 15, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 19, ПРН 20, ПРН21, ПРН23, ПРН27, ПРН28.

Аспірант повинен:

знати. Будову і номенклатуру координаційних сполук, типи ізомерії, хімічний зв'язок у координаційних сполуках, способи розрахунку стійкості координаційних сполук. Основні поняття біонеорганічної хімії. Роль мікроелементів в живих організмах. Загальні закономірності реакцій комплексоутворення. Механізм взаємодії біометалів з біолігандами на молекулярному рівні. Моделювання біохімічних процесів за участю координаційних сполук. Сучасні теорії будови атомів і молекул та залежність властивостей речовини від її складу та будови. Використання КС як компонентів лікарських препаратів, їх ролі в багатьох найважливіших

біохімічних процесах. Біологічна роль координаційних сполук. Біонеорганічна хімія і медицина. Поняття про біокоординаційну хімію. Біокомплекси і біокластери. Хелатні комплекси металів та їх застосування в тваринництві, рослинництві та медицині.

вміти. Використовувати набуті знання з координаційної хімії біологічно активних сполук сполук та біонеорганічної хімії для виконання стратегічних і поточних завдань у широкому діапазоні робочих ситуацій та повсякденному житті. Вільно володіти та використовувати сучасні інформаційні ресурси – SciFinder, Scopus, WOS, CCDC тощо у робочих ситуаціях.

Міждисциплінарні зв'язки: Навчальна дисципліна «**Біологічно активні координаційні сполуки 3-d та 4-f металів**» згідно з навчальним планом належить до циклу дисциплін вільного вибору аспіранта. Базою для вивчення даної дисципліни є курси «Неорганічна хімія», «Координаційна хімія» «Фізична хімія», що вивчаються за напрямками підготовки спеціалістів, магістрів спеціальності «Хімія».

Матеріал курсу слугує теоретичною основою для формування умінь і навичок, необхідних для ефективної дослідницької роботи, аналізу прикладних аспектів в галузі неорганічної хімії із застосуванням фундаментальних знань для розв'язання практичних задач.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Роль мікроелементів в живих організмах (рослини, тварини, людина).

Тема 2. Біокоординаційні сполуки металів як основа для створення нового покоління засобів медико-біологічного призначення.

Тема 3. Біонеорганічна хімія: історія виникнення, задачі та предмет дослідження.

Тема 4. Основні поняття в медичній хімії

Тема 5. Учення В.І. Вернадського про біосферу та роль живих організмів. Електронні структури біоелементів

Тема 6. Роль металів та їх сполук у біологічних процесах живих систем. Раціональний дизайн – новітня технологія розробки ліків.

Тема 7. Біометали в координаційній хімії

Змістовий модуль 2.

Тема 1. Флавоноїди – перспективні біологічно активні сполуки

Тема 2. Комплексоутворення в біологічних системах. Зв'язок хімічної структури з біологічною активністю сполук.

Тема 3. Ліганднообмінні процеси, рівноваги. Різномігандні біологічно активні координаційні сполуки 3-d та 4-f металів та вплив другого ліганду на будову та властивості комплексів.

Тема 4. Флавоноїди як хелатори металів. Стехіометрія металокомплексів, будова та властивості.

Тема 5. Вплив ліпофільності металофлавоноїдів на їх взаємодію з фосфоліпідними основами

Тема 6. Біологічна роль 3-d металів та класифікації біогенних елементів.

Тема 7. 3-d метали у живих організмах, їх лігандне оточення, металовмісні ферменти та перенос кисню.

Тема 8. Лікарські препарати на основі координаційних металокомплексів

Тема 9. Математичне моделювання біологічної активності речовини методом QSAR (*Quantitative Structure-Activity Relationship*)

Тема 10. Молекулярний докінг як метод пошуку біологічно активних речовин із заданими властивостями.

Змістовий модуль 3.

Тема 1. Створення нових гетерополіядерних та різномігандних комплексів металів з фосфорвмісними комплексонами.

Тема 2. Амінокарбоксифосфонові кислоти як хелатори металів. Стехіометрія металокомплексів, будова та властивості.

Тема 3. Люмінесцентні властивості комплексонатів металів.

Тема 4. Вплив складу і структури комплексів на їх спектрально-люмінесцентні характеристики.

Тема 5. Розробка підходів, методів керування спрямованим синтезом нових моно-, бі- та поліядерних металохелатів з N-, O-, P-вмісними органічними лігандами.

4. Теми лекційних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Біогенні елементи, їх класифікація. Макро- і мікроелементи. Властивості та біологічна роль деяких s-, p-, d-елементів. Біологічне значення хімічних елементів. Роль мікроелементів в житті рослин та тварин. Мікроелементози людини як патологічні процеси, спричинені дефіцитом, надлишком або дисбалансом мікроелементів.	4
2	Поширення координаційних сполук в живій природі. Біоліганди, їх будова та властивості. Основні природні координаційні сполуки (хлорофіл, вітаміни B ₁₂ , гемоглобін та ін..) Комплексоутворення в розчинах.	4
3	Родина лантанідів. Особливості електронних спектрів поглинання комплексів лантанідів у розчинах та твердому стані.	2
4	Принципи утворення різнолігандних комплексів (РЛК). Поняття структуроутворюючого ліганду. Фактори стійкості різнолігандних комплексів.	2
5	Поняття ліпофільності (гідрофобності) .Ліпофільність як основна характеристика біологічної активності речовин. Кореляція залежності «структура - ліпофільність» і «ліпофільність - біологічна активність».	2
5	Комплексні сполуки 3d- та 4f-металів з флавоноїдами. Методи синтезу та дослідження металофлавоноїдів.	4
7	Поняття комплексонів. Особливості утворення комплексонатів. Принципи утворення різнолігандних (РЛК) та гетерометалічних (ГМК) комплексів	4
8	Створення нових гетерополіядерних та різнолігандних комплексів 3d- та 4f-металів з фосфорвмісними комплексонами.	2
9	Застосування математичного моделювання QSAR для аналізу біологічної активності металокомплексів: техніки та переваги цього підходу.	2
10	Метод молекулярного докінгу як засіб пошуку та дизайну біологічно активних речовин, його застосування в фармацевтичній індустрії	2
11	Останні тенденції у розробці лікарських препаратів на основі координаційних металокомплексів, їхня ефективність та можливості застосування в медичній практиці.	4
12	Властивості амінокарбоксифосфонових кислот як хелаторів металів: будова та стехіометрія металокомплексів.	2

13	Люмінесцентні характеристики комплексонатів металів та вплив складу і структури f-, d- комплексів на їх спектрально-люмінесцентні характеристики.	4
14	Аналіз впливу складу і структури комплексів на їх спрямований синтез, враховуючи N-, O-, P-вмісні органічні ліганди та їхня роль у формуванні металохелатів.	2

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Біологічне значення хімічних елементів.	2
2	Можливості цілеспрямованого впливу на будову та властивості комплексів шляхом введення до складу металокомплексів додаткових металів та лігандів.	2
3	Флавоноїди. Методи синтезу та дослідження металофлавоноїдів.	2
4	Комплексоны. Особливості утворення комплексонатів. Методи аналізу.	2
5	Люмінесцентні властивості комплексів 3d- та 4f-металів	2

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

8. Самостійна робота

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація біоелементів за В.І. Вернадським. Властивості та біологічна роль деяких d-елементів. Мікроелементи у складі ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Мікроелементи метали (Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cr)	10
2	Реакція фотосинтеза. Стійкість комплексів 3d-металів з флавоноїдами, фактори впливу на склад та будову комплексів. Роль розчинника в реакціях комплексоутворення. Фізико-хімічні вимоги до біологічно-активних сполук як потенційних лікарських засобів. Функціональні групи та реакції залучені в метаболічні перетворення. Біоізостеризм. Фармакофори.	10
3	Роль ліганд-лігандних асоціатів (молекулярних комплексів) у формуванні металмісних РЛК. Роль природи центрального атома як одного з факторів стійкості РЛК. Вплив другого ліганду на будову та властивості комплексів. Роль флавоноїдів в біохімічних окисно-відновних процесах. Синтетичні	10

	флавоноїди. Біологічна активність та застосування флавоноїдів в хімічному аналізі та медицині.	
4	Параметр ліофільності, метод С. Hansch. Ліпофільність та її вплив на фармакокінетичні характеристики та динаміку біодоступності лікарських засобів.	10
5	Вплив структури флавоноїдів на структуру та властивості комплексів. Дослідження будови металокомплексів флавоноїдів фізико-хімічними методами (ЕСП, ЯМР, РСА та ін.) Структурні властивості комплексів 3d- та 4f-металів з флавоноїдами. Біологічна активність та застосування та комплексів флавоноїдів з 3d-металами.	10
6	Поняття структуроутворюючого ліганду. Фактори стійкості РЛК та ГМК. Вплив другого ліганду або металу на будову та властивості комплексів.	10
7	Електронна будова атомів та іонів металів. Особливості електронних спектрів поглинання комплексів металів у водних і змішаних розчинах та твердому стані.	10
8	Токсичність та безпека використання металокомплексів у медицині та інших областях. Оцінка ризиків.	10
9	Аналіз впливу зовнішніх факторів, таких як рН, температура, та інші на стабільність та активність біометалокомплексів	10
10	Дослідження метаболізму та виведення металокомплексів з організму. Роль метаболічних шляхів у детоксикації цих сполук.	10
11	Сучасні тенденції у використанні комп'ютерного моделювання для прогнозування взаємодії металокомплексів з біологічними системами.	10
12	Взаємодія координаційних сполук 3d-металів з біологічно активними молекулами, такими як білки та нуклеїнові кислоти. Роль металохелатів у регуляції функцій біомолекул.	10

9. Форми контролю і методи оцінювання

(у т.ч. критерії оцінювання результатів навчання)

Діагностика успішності навчання аспірантів під час проведення лекційних та

практичних занять:

- участь в обговоренні дискусійних питань на лекції та практичних заняттях (2-10 балів)
- доповідь, реферат, літературний огляд щодо проблемної тематики (10-30 балів).

10. Питання для підсумкового контролю

1. Предмет і завдання біонеорганічної хімії.
2. Роль мікроелементів в живих організмах (рослини, тварини, людина).

3. Учення В.І. Вернадського про біосферу та роль живих організмів. зв'язок між вмістом біогенних елементів в організмі людини та їх вмістом у довкіллі.
4. Флавоноїди як перспективний клас біологічно активних сполук. Загальна характеристика флавоноїдів, їх застосування в медицині.
5. Загальна характеристика 3d- елементів і їх координаційних сполук.
6. Раціональний дизайн – новітня технологія розробки ліків: роль розподілу електронної густини в досліджуваній речовині для її біологічної активності. Етапи drug-дизайну.
7. Які мікроелементи входять до складу ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно активних речовин, і яка їхня роль в життєдіяльності організму?
8. Які метали відносяться до мікроелементів (Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cr), і як вони впливають на різні аспекти біологічних процесів?
9. Як відбувається реакція фотосинтезу, і які елементи забезпечують цей процес у рослинах?
10. Які фактори впливають на стійкість комплексів 3d-металів з флавоноїдами, і як це може відобразитися на їхній будові та складі?
11. Як роль розчинника впливає на реакції комплексоутворення, зокрема, на формування комплексів з 3d-металами?
12. Які фізико-хімічні вимоги встановлюються до біологічно-активних сполук для їхнього застосування як потенційних лікарських засобів?
13. Які функціональні групи та реакції взаємодіють в метаболічних перетвореннях, і як це впливає на хімічний склад живого організму?
14. Що таке біоізостеризм, і як це поняття використовується в розробці біологічно активних сполук?
15. Яка роль ліганд-лігандних асоціатів (молекулярних комплексів) у формуванні металмісних РЛК, і як це впливає на їхню стійкість та структуру?
16. Як природа центрального атома впливає на стійкість металмісних РЛК, і чому це може бути важливим у біологічних системах?
17. Як другий ліганд може впливати на будову та властивості комплексів, і як це може бути використано для контролю їхніх характеристик?
18. Яка роль флавоноїдів у біохімічних окисно-відновних процесах, і як це може бути використано в медицині?
19. Як вивчається біологічна активність та застосування синтетичних флавоноїдів в хімічному аналізі та медицині?
20. Як ліпофільність впливає на фармакокінетичні характеристики та динаміку біодоступності лікарських засобів?
21. Які фактори враховуються при розробці фармакофорів для біологічно активних речовин?
22. Які можливості застосування фармакофорів у сучасній медицині та фармації?
23. Які перспективи досліджень у зазначених темах відкриваються для подальших вивчень та розвитку біохімічних та медичних наук?
24. Флавоноїди як хелатори металів. Стійкість комплексів 3d-металів з флавоноїдами, дослідження будови металокомплексів флавоноїдів.
25. Біоліганди, їх будова та властивості.

26. Раціональний дизайн – новітня технологія розробки ліків: роль розподілу електронної густини в досліджуванні.
27. Комплексоутворення в біологічних системах. Зв'язок хімічної структури з біологічною активністю сполук (на прикладі флавоноїдів).
28. 3-d метал-вмісні білки і ферменти.
29. Біогенні елементи, критерії біогенності. органогени, йоногени, мікроелементи. Біогенна міграція атомів.
30. Структурні властивості комплексів 3d-металів з флавоноїдами.
31. Будова та властивості гемоглобіну.
32. Біометали в координаційній хімії: стереобудова п'яти- і шестичленних бісхелатів 3d-металів.
33. Різнолігандні біологічно активні координаційні сполуки 3d-металів, вплив другого ліганду на будову та властивості комплексів.
34. Біологічна роль 3-d металів. Біокоординаційна хімія.
35. Токсичність елементів. Показники токсичності та активності сполук.
36. Фізико-хімічні методи дослідження металокомплексів з флавоноїдами (ЕСП, ІЧ-, ЯМР спектроскопія, мас-спектрометрія, хроматографія та ін.).
37. Взаємодія СО та ціанідів з гемоглобіном.
38. Метод Ханча у вивченні кількісних залежностей «хімічна структура - біологічна активність».
39. Поняття ліпофільності (гідрофобності). Ліпофільність як основна характеристика біологічної активності речовин. Кореляція залежності «структура - ліпофільність» і «ліпофільність - біологічна активність».
40. 3-d метали в геосфері і біосфері.
41. Математичне моделювання біологічної активності речовини методом QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship): Суть методу QSAR
42. Антиоксидантні властивості флавоноїдів та їх металокомплексів.
43. Хімічні властивості 3-d металів.
44. Діаграма Бертрана.
45. Стійкість комплексів 3d-металів з флавоноїдами.
46. Вміст 3-d металів в живих організмах.
47. Якісний та кількісний вміст біогенних елементів в організмі людини. макроелементи, мікроелементи та домішкові елементи.
48. Особливості структури комплексів 3-d металів з флавоноїдами.
49. Механізм фіксації кисню та його перенос за допомогою гемоглобіну.
50. Значення біометалів для організму людини.
51. Які фактори визначають створення нових гетерополіядерних комплексів металів з фосфорвмісними комплексонами?
52. Як відрізняються амінокарбоксифосфонові кислоти від інших хелаторів металів, і як це впливає на їхню стехіометрію та будову металокомплексів?
53. Які основні структурні та властивісні характеристики металокомплексів з амінокарбоксифосфоновими кислотами?
54. Які механізми взаємодії амінокарбоксифосфонових кислот з металами можуть бути визначені експериментально?

55. Які фактори впливають на люмінесцентні властивості комплексонатів металів, зокрема тих, які формуються з амінокарбоксифосфоновими кислотами?
56. Які ролі груп амінокарбоксифосфонових кислот визначають їхні спектрально-люмінесцентні характеристики?
57. Як відбувається взаємодія комплексів металів з амінокарбоксифосфоновими кислотами з іншими речовинами, і як це впливає на їхні спектральні властивості?
58. Які фактори визначають вибір та структуру металів у створенні різнолігандних металохелатів з N-, O-, P-вмісними органічними лігандами?
59. Які методи можна використовувати для контролю та аналізу структури та властивостей нових металохелатів?
60. Як визначається спектрально-люмінесцентна активність різнолігандних металохелатів і які фактори впливають на цю активність?
61. Як відрізняються спектрально-люмінесцентні характеристики різнолігандних металохелатів в залежності від їхньої структури?
62. Як можна впливати на структуру та властивості різнолігандних металохелатів для досягнення певних біологічно активних властивостей?
63. Які методи використовуються при розробці підходів та методів керування спрямованим синтезом нових металохелатів?
64. Які фактори враховуються при виборі N-, O-, P-вмісних органічних лігандів для створення металохелатів?
65. Як вивчається вплив складу і структури комплексів на їхні спектрально-люмінесцентні характеристики?
66. Які методи використовуються для аналізу та визначення спектрально-люмінесцентних характеристик комплексів металів?
67. Як відрізняються спектрально-люмінесцентні властивості металохелатів з різними органічними лігандами?
68. Як визначається вплив структури комплексів на їхні спектрально-люмінесцентні характеристики, і як це може бути використано в дизайні нових сполук?
69. Як розробляються методи керування спрямованим синтезом металохелатів з N-, O-, P-вмісними органічними лігандами?
70. Які перспективи використання нових металохелатів у медицині, промисловості та інших галузях?

11. Розподіл балів

Форма для іспиту

Поточний та періодичний контроль			Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2	Змістовий модуль №3		
30	15	15	40	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

	Оцінка	Оцінка за національною шкалою
--	--------	-------------------------------

Сума балів за всі види навчальної діяльності	ECTS	для іспиту	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	Fx	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Рекомендована література

Основна

1. Біонеорганічна хімія навчальний посібник: / Хацевич О.М. / Факультет природничих наук; Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2020. – 121 с.
2. Біонеорганічна та біоорганічна хімія. Навч.посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 124 с.
3. Медична хімія: підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін. — 4-е видання, 2019. – 336 с.
4. Препаративна хімія флавоноїдів / В.П. Хиля, В.С. Москвіна, О.В. Шабликіна. – К., 2021. – 156 с.

Додаткова

1. Bioorganic, Bioinorganic and Supramolecular Chemistry , 2020. P.S. Kalsi, J. P. Kalsi, Ashu Chaudhary – 448 p.
2. Медична хімія (в таблицях, схемах, питаннях, відповідях, прикладах) : навч. посіб. / О. В. Смірнова [та ін.] ; Вінниц. НМУ ім. М. І. Пирогова. — Вінниця, 2018. — 136 с.
3. Molecular and Supramolecular Bioinorganic Chemistry: Applications in Medical Sciences/ Ana Lucia Ramalho Merc, Judith Felcman , María Angeles Lobo Recio. 2008 – 220 p.
4. ORGANOMETALLIC AND BIOINORGANIC CHEMISTRY AJAI KUMAR. 2021 – 362 p.
5. The Book of Flavonoids Chao-Hui Feng , Juan Francisco García Martín, 2021 – 374 p.

6. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications 1st Edition by Oyvind M. Andersen (Editor), Kenneth R. Markham (Editor), Andrew Marston (Contributor), & 24 more. 2005 – 1252 p.

Інформаційні ресурси:

1. <https://www.scopus.com/>
2. <https://www.sciencedirect.com>
3. <https://www.coursera.org/learn/basic-chemistry>
4. <https://www.coursera.org/learn/general-chemistry>
5. <https://www.coursera.org/learn/spectroscopy>
6. <https://scholar.google.com/>