

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної хімії

Кафедра хімічної метрології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету

Олег КАЛУГІН

“27” серпня 2024р.



Робоча програма навчальної дисципліни

Сучасні методи синтезу та аналізу
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти: перший бакалаврський рівень

галузь знань: 10 природничі науки

спеціальність: 102 хімія

освітня програма: освітньо-професійна програма «Хімія»

спеціалізація

вид дисципліни: за вибором

факультет: хімічний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“2 ” 08 2024 року, протокол №7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: доктор хімічних наук, професор, професор ЗВО кафедри прикладної хімії член-кореспондент НАН України Чебанов Валентин Анатолійович та кандидат хімічних наук, старший дослідник, доцент ЗВО кафедри хімічної метрології Беліков Костянтин Миколайович.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної хімії, протокол від “26” серпня 2024 року № 1

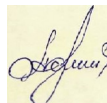
Завідувач кафедри прикладної хімії



Валентин ЧЕБАНОВ

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічної метрології, протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри хімічної метрології



Олег ЮРЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми “Хімія”
Гарант освітньо-професійної програми “Хімія”



Олег КАЛУГІН

Програму погоджено науково-методичною комісією хімічного факультету, протокол від “26” серпня 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії хімічного факультету



Павло ЄФІМОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Сучасні методи синтезу та аналізу” складена відповідно до освітньо-професійної програми Хімія підготовки Першого бакалаврського рівня вищої освіти спеціальності 102 Хімія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є сформувати знання студентів щодо сучасних методів синтезу та дослідження складу, які використовуються в неорганічній, органічній та медичній хімії і матеріалознавстві, навчити практично використовувати основні з них.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

1.2.1. *Формування наступних загальних компетентностей:*

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-2);
- здатність працювати у команді (ЗК-3);
- здатність бути критичним і самокритичним (ЗК-11).

1.2.2. *Формування наступних фахових компетентностей:*

2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність).

34. Здатність використовувати сучасні методи синтезу та дослідження складу в неорганічній, органічній та медичній хімії і матеріалознавстві.

35. Здатність використовувати ретросинтетичний підхід при розробці методів синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (субстанцій) та передбачати ті хімічні властивості сполук, які можуть бути використані для аналізу їх якості (ідентифікації та кількісного визначення).

1.3. Кількість кредитів **8**

1.4. Загальна кількість годин **240**

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна дисципліна університету	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
8-й	8-й
Лекції	
32 год.	12 год.
Практичні, семінарські заняття	
- год.	- год.
Лабораторні заняття	
64 год.	16 год.
Самостійна робота	
144 год.	212 год.
Індивідуальні завдання	
- год.	

1.6. Заплановані результати навчання

P01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

P03. Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

P04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

P05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.

P08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

P09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

P11. Описувати властивості аліфатичних, ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук, пояснювати природу та поведінку функціональних груп в органічних молекулах.

P12. Знати основні шляхи синтезу в органічній хімії, включаючи функціональні групові взаємоперетворення та формування зв'язку карбон-карбон, карбон-гетероатом.

P13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

P15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

P17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

P18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

P48. Знати: основні сучасні синтетичні методи, нові підходи до хімічних процесів, принципи «зеленої хімії», основи неklasичних методи активації хімічних процесів, включаючи мікрохвильову, ультразвукову, фотохімічну та механохімічну активацію, мікрореактори, проточні реактори, тощо; принципи сучасних методів дослідження складу речовини. Вміти: володіти концепціями синтетичної хімії, з використанням сучасних підходів розв'язувати конкретні синтетичні задачі та планувати проведення синтезу, вибирати необхідні реакційні умови та параметри, практично використовувати мікрохвильові та ультразвукові реактори для одержання органічних та неорганічних сполук, правильно обирати, виходячи з природи речовини, методи дослідження її властивостей та складу.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Лекції

Тема 1. Огляд основних сучасних напрямків в хімії. Поняття «зелена хімія» та її основні концепції. Нові підходи та вимоги до хімічних процесів з точки зору зеленої хімії та сталого розвитку. Ресурсо- та енергозбереження, шляхи зменшення енергозатрат та підвищення ресурсоефективності. Екологічно чисті технології. Оцінка хімічних реакцій і процесів з точки зору зеленої хімії (кількісні критерії, E-фактор, атомна та стадійна ефективність, тощо).

Тема 2. Мікрохвильова активація фізико-хімічних процесів. Основи взаємодії МВ випромінювання з речовиною. Моно- та багатомодові МВ реактори. Переваги та недоліки використання МВ активації. Приклади органічних та неорганічних реакцій під дією МВ

випромінювання. МВ реакції та наноматеріали. Проблема масштабування МВ процесів, проточні МВ реактори. Приклади використання МВ технологій у промисловості.

Тема 3. Хімічні реакції під дією ультразвуку. Теорія взаємодії УЗ з речовиною. Типи УЗ реакторів. Кавітаційний та некавітаційний режими роботи УЗ реакторів. Сонохімічний зсув. Приклади використання УЗ для проведення хімічних реакцій. Комбіновані ВМ + УЗ реактори та приклади їх використання. Інші способи використання УЗ у хімії та матеріалознавстві.

Тема 4. Альтернативні «зелені» розчинники. Вода як розчинник. Над- та субкритичні розчинники, особливості здійснення хімічних процесів у критичних середовищах. Іонні рідини. Реакції без розчинників. Реакції з використанням полімерних та інших твердих носіїв.

Тема 5. Поняття хімічного простору. Хімія молекулярного різноманіття та комбінаторна хімія. Багатокомпонентні та доміно реакції. Методи керування хімічними процесами. Сучасна медична та фармацевтична хімія, хімічне матеріалознавство як фактори розвитку нових синтетичних методів у хімії. Мікрохвильова активація для промислових та напівпромислових технологій.

Тема 6. Механохімічна активація, основи її використання. Приклади механохімічних реакцій в органічній та неорганічній хімії. Мікрореактори та їх використання у лабораторії та у промисловості. Інші типи активації хімічних процесів: фотохімія, вакуумні методи (флеш-вакуумний піроліз). Реакції під високим тиском. Комбінування ультразвукового випромінювання з іншими класичними та некласичними методами активації.

Тема 7. Гетерогенні та гомогенні каталітичні реакції. Селективність та специфічність хімічних реакцій. Класифікація каталітичних процесів та їх приклади, найбільш поширені типи каталізаторів. Органокаталізатори та металокомплексний каталіз. Каталіз в асиметричному синтезі. Ферментативний каталіз та його використання. Міжфазний каталіз.

Тема 8. Супрамолекулярна хімія. Слабкі міжмолекулярні зв'язки. Основні об'єкти супрамолекулярної хімії та методи їх синтезу. Системи, що самостійно впорядковуються. Нанохімія, її об'єкти та методи їх синтезу. Заклучна частина лекцій.

Розділ 2. Лабораторні заняття

Тема 9. Багатокомпонентні реакції.

Тема 10. Використання мономодового мікрохвильового реактору.

Тема 11. Синтез під дією ультразвукового випромінювання.

Тема 12. Мікрохвильова сушка термолабільних речовин та матеріалів.

Тема 13. Мікрохвильовий неорганічний синтез.

Тема 14. Ознайомлення з роботою багатомодового мікрохвильового реактору. Контрольна робота

Розділ 3. Лекції

Тема 15. Кількісні оцінки факторів розділення та концентрування. Застосування методів розділення та концентрування у сучасних технологіях. Сполучення методів розділення та концентрування з методами визначення; гібридні методи.

Тема 16. Нові сорбційні матеріали. Молекулярно- та іон-імпрінтовані полімери.

Тема 17. Хімічні сенсори. Класифікація хімічних сенсорів. Біосенсори. Мас-чутливі сенсори.

Тема 18. Спектроскопічні методи визначення хімічного складу речовини. Принципи вибору методу досліджень.

Тема 19. Рентгеноспектральні методи. Рентгенофлуоресцентний аналіз. Принципи формування та реєстрації аналітичного сигналу. Порівняння можливостей кристал-дифракційного та енергодисперсійного варіантів методу.

Тема 20. Електронна спектроскопія. Класифікація методів електронної спектроскопії. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. Оже-спектроскопія.

Тема 21. Спектроскопія комбінаційного розсіювання. Емпіричні закони розсіювання світла.

Методи підвищення чутливості.

Тема 22. Люмінесцентний аналіз. Теорія молекулярної люмінесценції. Люмінесцентний аналіз органічних та неорганічних сполук.

Розділ 4. Лабораторні заняття

Тема 23. Якісний аналіз неорганічних матеріалів за допомогою рентгенофлуоресцентної спектрометрії.

Тема 24. Кількісний рентгенофлуоресцентний аналіз.

Тема 25. Мікрохвильове розкладання зразків органічної природи.

Тема 26. Мікрохвильове розкладання зразків неорганічної природи.

Тема 27. Ознайомлення з принципами обробки багатокомпонентних емісійних спектрів, отриманих на ICP-AES спектрометрі з Ешелле оптикою.

Тема 28. Елементний аналіз органічних речовин. Контрольна робота.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Лекції												
Тема 1	9	2				7	22	2				20
Тема 2	9	2				7	22	2				20
Тема 3	8	2				6	22	2				20
Тема 4	8	2				6						
Тема 5	8	2				6						
Тема 6	8	2				6						
Тема 7	8	2				6						
Тема 8	8	2				6						
Разом за розділом 1	66	16				50	66	6				60
Розділ 2. Лабораторні заняття												
Тема 9	8			4		4	16			2		14
Тема 10	9			6		3	19			3		16
Тема 11	9			6		3	19			3		16
Тема 12	8			4		4						
Тема 13	9			6		3						
Тема 14	11			6		5						
Разом за розділом 2	54			32		22	54			8		46
Розділ 3. Лекції												
Тема 15	8	2				6	22	2				20
Тема 16	8	2				6	22	2				20
Тема 17	8	2				6	22	2				20
Тема 18	8	2				6						
Тема 19	8	2				6						
Тема 20	8	2				6						
Тема 21	8	2				6						
Тема 22	8	2				6						
Разом за розділом 3	64	16				48	66	6				60
Розділ 4. Лабораторні заняття												
Тема 23	9			4		5	16			2		14

Тема 24	11		6	5	19		3	16
Тема 25	9		6	3	19		3	16
Тема 26	7		4	3				
Тема 27	9		6	3				
Тема 28	11		6	5				
Разом за розділом 4	56		32	24	54		8	46
Усього годин	240	32	64	144	240	12	16	212

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денне	заочне
Розділ 2			
Тема 9	Багатокомпонентні реакції	4	2
Тема 10	Використання моноמודового мікрохвильового реактору	6	3
Тема 11	Синтез під дією ультразвукового випромінювання	6	3
Тема 12	Мікрохвильова сушка термолабільних речовин та матеріалів	4	–
Тема 13	Мікрохвильовий неорганічний синтез	6	–
Тема 14	Ознайомлення з роботою багатомодового мікрохвильового реактору. Контрольна робота.	6	–
Розділ 4			
Тема 23	Якісний аналіз неорганічних матеріалів за допомогою рентгенофлуоресцентної спектрометрії.	4	2
Тема 24	Кількісний рентгенофлуоресцентний аналіз.	6	3
Тема 25	Мікрохвильове розкладання зразків органічної природи.	6	3
Тема 26	Мікрохвильове розкладання зразків неорганічної природи.	4	–
Тема 27	Ознайомлення з принципами обробки багатокомпонентних емісійних спектрів, отриманих на ICP-AES спектрометрі з Ешелле оптикою.	6	–
Тема 28	Елементний аналіз органічних речовин. Контрольна робота.	6	–

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид, зміст самостійної роботи	Кількість годин	
		денне	заочне
1	Тема 1, отримати знання щодо прикладів використання відновлювальних джерел сировини та енергії для потреб хімічної промисловості	7	20
2	Тема 2, отримати знання про використання МХ активації в промислових масштабах для проведення хімічних та фізико-хімічних процесів	7	20
3	Тема 3, отримати знання про ефект кавітації за межами сонохімії	6	20
4	Тема 4, отримати знання про хімічні промислові процеси в газовій фазі	6	–
5	Тема 5, отримати знання щодо перебігу основних типів	6	–

	каскадних органічних реакцій		
6	Тема 6, отримати знання про автоматизацію хімічних процесів у проточних реакторах та мікрореакторах	6	–
7	Тема 7, отримати знання щодо використання біокаталітичних процесів в промисловості та біотехнологіях	6	–
8	Тема 8, отримати знання про основні методи синтезу в нанохімії	6	–
9	Тема 9, отримати знання про механізми основних типів імених багатокomпонентних реакцій	4	16
10	Тема 10, отримати знання щодо використання мономодових мікрохвильових реакторів для вирішення завдань фармації	3	16
11	Тема 11, отримати знання про гідродинамічну активацію хімічних реакцій та фізико-хімічних процесів	3	16
12	Тема 12, отримати знання про використання мікрохвильових сушарок для проведення лабораторних експериментів	4	–
13	Тема 13, отримати знання про твердофазний мікрохвильовий неорганічний синтез	3	–
14	Тема 14, підготуватися до виконання контрольної роботи	5	–
15	Тема 15, отримати знання про кількісні оцінки факторів розділення та концентрування, застосування методів розділення та концентрування у сучасних технологіях.	6	20
16	тема 16, отримати знання щодо принципів синтезу імпринтованих полімерів	6	20
17	Тема 17, отримати знання щодо основних елементів та принципів функціонування хімічних та біосенсорів	6	20
18	Тема 18, отримати знання щодо фізичних основ сучасних спектроскопічних методів визначення елементного складу речовини.	6	–
19	Тема 19, отримати знання про фізичні основи рентгенофлуоресцентної спектроскопії	6	–
20	Тема 20, отримати знання про методи рентгенівської фотоелектронної та оже-спектроскопії	6	–
21	Тема 21, отримати знання про принципи та застосування спектроскопії комбінаційного розсіювання	6	–
22	Тема 22, отримати знання про механізми люмінесценції та застосування люмінесцентної спектроскопії в хімічному аналізі	6	–
23	Тема 23, отримати знання про принципи проведення якісного аналізу неорганічних матеріалів за допомогою рентгенофлуоресцентної спектрометрії	5	16
24	Тема 24, отримати знання про принципи проведення кількісного аналізу неорганічних матеріалів за допомогою рентгенофлуоресцентної спектрометрії	5	16
25	Тема 25, отримати знання про умови мікрохвильового розкладання зразків органічної природи	3	16
26	Тема 26, отримати знання про умови мікрохвильового розкладання зразків органічної природи	3	–
27	Тема 27, отримати знання щодо принципів обробки	3	–

	багатокомпонентних емісійних спектрів, отриманих на ICP-AES спектрометрі з Ешелле оптикою		
28	Тема 28, отримати знання про інструментальний метод визначення загального складу органічних речовин, підготуватися до виконання контрольної роботи	5	–
	Разом	144	212

6. Індивідуальні завдання

Немає.

7. Методи контролю

Опитування, допуск до лабораторної роботи, захист лабораторних робіт, контрольна робота, екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання							Підсумковий семестровий контроль (іспит)	Сума
Розділ 1	Розділ 2						40	100
Теми 1-8	T9	T10	T11	T12	T13	T14		
	5	5	5	5	5	5		
	Разом 30							
Розділ 3	Розділ 4							
Теми 15-22	T23	T24	T25	T26	T27	T28		
	5	5	5	5	5	5		
	Разом 30							

1. Студент допускається до складання екзамену за умови виконання та оформлення усіх лабораторних робіт, написання контрольної роботи і наявності загального рейтингу не менше 30 балів.
2. Екзамен вважається зданим, якщо рейтинг за екзамен не менше, ніж 20 балів.
3. За пропуск однієї лекції без поважної причини студент втрачає 2 бали від загального рейтингу за семестр.
4. Несвоєчасне виконання або оформлення лабораторних робіт оцінюється в 75% від набраної рейтингової оцінки. Термін подання оформлених лабораторних робіт визначається викладачем, який веде практичні заняття.

Шкала оцінювання

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

9. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Описи лабораторних робіт.

Базова література

1. R.A. Sheldon, I. Arends, U. Hanefeld Green Chemistry and Catalysis, Wiley-VCH, Weinheim, 2007, 434 p.
1. B.P. Mason, K.E. Price, J.L. Steinbacher, A.R. Bogdan, D.T. McQuade Greener Approaches to Organic Synthesis Using Microreactor Technology // Chem. Rev. 2007, 107, 2300-2318.
2. Microwave Heating as a Tool for Sustainable Chemistry, Ed. N. Leadbeater, CRC Press, London, 2011. 278 p.
3. Multicomponent reactions, Eds. J. Zhu, H. Bienayme, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, 468 p.
4. M. Lancaster, GREEN CHEMISTRY: An Introductory Text, RSC, Cambridge, 2002, 310 p.
5. C.O. Kappe, A. Stadler Microwaves in Organic and Medicinal Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, 410 p.
6. M. Doble, A.K. Kruthiventi, Green Chemistry and Engineering, Elsevier Science & Technology Books, 2007, 326 p.
7. F.M. Kerton, Alternative Solvents for Green Chemistry, RSC, Cambridge, 2009, 226 p.
8. T.J. Mason Ultrasound in synthetic organic chemistry // Chem. Soc. Rev., 1997, 26, 443.
9. T.J. Mason, J.P. Lorimer, Applied Sonochemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2002, 239 p.
10. Grieken, R. van (René), Markowicz, A. Handbook of X-ray spectrometry: Marcel Dekker, 2002. 983c.
11. Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis: / за ред. H. W. Burkhard Beckhoff, habil. Birgit Kanngießner, Norbert Langhoff, Reiner Wedell. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 863c.
12. Lewis, I. R., Edwards, H. Handbook of Raman Spectroscopy: Handbook of Raman Spectroscopy. CRC Press, 2001.
13. Hubin, A., Terry, H. Chapter 6 X-ray photoelectron and Auger electron spectroscopy. Comprehensive Analytical Chemistry. 2004. Vol. 42. C. 277–312
14. Sauer, M., Hofkens, J., Enderlein, J. Handbook of Fluorescence Spectroscopy and Imaging: From Single Molecules to Ensembles. Handbook of Fluorescence Spectroscopy and Imaging: From Single Molecules to Ensembles. 2011.
15. Ul-Hamid, A. A Beginners' Guide to Scanning Electron Microscopy: A Beginners' Guide to Scanning Electron Microscopy. Springer International Publishing, 2018.

Допоміжна література

1. D. Dallinger, and C.O. Kappe, Microwave-Assisted Synthesis in Water as Solvent // Chem. Rev. 2007, 107, 2563-2591
2. H.R. Hobbs, N.R. Thomas Biocatalysis in Supercritical Fluids, in Fluorous Solvents, and under Solvent-Free Conditions // Chem. Rev. 2007, 107, 2786-2820
3. J.A. Dahl, B.L.S. Maddux, J.E. Hutchison Toward Greener Nanosynthesis // Chem. Rev. 2007, 107, 2228-2269
4. C.O. Kappe, D. Dallinger, S.S. Murphree Practical Microwave Synthesis for Organic Chemists, Wiley-VCH, Weinheim, 2009, 299 p.
5. Microwaves in Organic Synthesis, Ed. A. Loupy, Wiley-VCH, Weinheim, 2006, 2 volumes.
6. Handbook of Green Chemistry, Ed. P.T. Anastas, Wiley-VCH, Weinheim, volumes 1 – 6
7. J. Ranke, S. Stolte, R. Stormann, J. Arning, B. Jastorff Design of Sustainable Chemical Products. The Example of Ionic Liquids // Chem. Rev. 2007, 107, 2183-2206
8. Boiko Y, Belikov K, Bryleva E, Bunina Z, Varchenko V, Drapailo A, et al. Silica gels grafting with upper rim tetraphosphorylated tetrahydroxy(thia)calixarenes. Europium(III) sorption. Phosphorus Sulfur Silicon Relat Elem 2022;197(5-6):579-582.
9. Belikov K., Bryleva E., Bunina Z., Varchenko V., Andryushchenko A., Shcherbakov I., Kalchenko V., Drapailo A., Zontov A., Zontova L. Solid phase extractants for actinide and lanthanide removal based on porous polymers impregnated with multidentate chelating ligands // Science and Innovation. – 2021. – Vol. 17, No. 2. – P. 64-71.
10. Blank TA, Khimchenko SV, Belikov KN, Chebanov VA. Removal of the Am-241 from aqueous solutions using different sorbents. Funct Mater 2022;29(1):5-19.

Інформаційні ресурси

1. Файл-сервер хімічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна:

<http://www-chemistry.univer.kharkov.ua/uk>