

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної хімії

Кафедра хімічної метрології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-  
педагогічної роботи

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

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: хімія

спеціалізація

вид дисципліни: за вибором

факультет: хімічний

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“31” серпня 2018 року, протокол № 7

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

доктор хімічних наук, професор кафедри прикладної хімії Чебанов Валентин Анатолійович  
кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімічної метрології Беліков Костянтин Миколайович.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної хімії, протокол від “29” серпня 2018 року № 1

Завідувач кафедри прикладної хімії

\_\_\_\_\_ (проф. Чебанов В.А. )

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічної метрології, протокол від “30” серпня 2018 року № 1

Завідувач кафедри хімічної метрології

\_\_\_\_\_ (проф. Юрченко О.І.)

Програму погоджено методичною комісією хімічного факультету  
протокол від “31” серпня 2018 року № 1.

Голова методичної комісії хімічного факультету

\_\_\_\_\_ (Єфімов П.В.)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Сучасні методи синтезу та аналізу” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки “бакалавр”, Перший бакалаврський рівень спеціальності (напряму) 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:

- надати поглиблені знання щодо основних сучасних методів хімічного синтезу та хімічного аналізу, які мають значення для сталого розвитку науки, техніки та суспільства;

- познайомити студентів із сучасним синтетичним та аналітичним обладнанням та принципами його роботи;

- надати практичні навички шляхом виконання лабораторних робіт для прогнозування практично важливих властивостей невпорядкованих конденсованих систем виходячи із інформації про склад системи та парні міжатомні потенціали.

1.3. Кількість кредитів **9**

1.4. Загальна кількість годин **270**

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.		12 год.
Самостійна робота		
174 год.		246 год.
Індивідуальні завдання		
		- год.

1.6. Заплановані результати навчання

**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 МВ + 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. Заключна 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 багатоконпонентних 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
<b>Розділ 1. Лекції</b>												
Тема 1	11	2				9	32	2				30
Тема 2	11	2				9	32	2				30
Тема 3	11	2				9	32	2				30
Тема 4	11	2				9						
Тема 5	11	2				9						
Тема 6	11	2				9						
Тема 7	11	2				9						
Тема 8	11	2				9						
Разом за розділом 1	88	16				72	96	6				90
<b>Розділ 2. Лабораторні заняття</b>												
Тема 9	10			4		6	18	2				16
Тема 10	10			6		4	18	2				16
Тема 11	10			6		4	18	2				16
Тема 12	10			4		6						
Тема 13	10			6		4						
Тема 14	12			6		6						
Разом за розділом 2	62			32		30	54	6				48
<b>Розділ 3. Лекції</b>												
Тема 15	11	2				9	32	2				30
Тема 16	11	2				9	32	2				30
Тема 17	11	2				9	32	2				30
Тема 18	11	2				9						
Тема 19	11	2				9						
Тема 20	11	2				9						
Тема 21	11	2				9						
Тема 22	11	2				9						
Разом за розділом 3	88	16				72	96	6				90
<b>Розділ 4. Лабораторні заняття</b>												
Тема 23	10			4		6	18	2				16
Тема 24	12			6		6	18	2				16
Тема 25	10			6		4	18	2				16
Тема 26	8			4		4						
Тема 27	10			6		4						
Тема 28	12			6		6						
Разом за розділом 2	62			32		30	54	6				48
Усього годин	300			64		204	300	12				276

**4. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Розділ 2</b>		
Тема 9	Багатокомпонентні реакції	4
Тема 10	Використання мономодового мікрохвильового реактору	6
Тема 11	Синтез під дією ультразвукового випромінювання	6
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
<b>Розділ 4</b>		
Тема 23	Якісний аналіз неорганічних матеріалів за допомогою рентгенофлуоресцентної спектрометрії.	4
Тема 24	Кількісний рентгенофлуоресцентний аналіз.	6
Тема 25	Мікрохвильове розкладання зразків органічної природи.	6
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
1	Тема 1, поточний контроль на лекціях	8
2	Тема 2, поточний контроль на лекціях	8
3	Тема 3, поточний контроль на лекціях	7
4	Тема 4, поточний контроль на лекціях	7
5	Тема 5, поточний контроль на лекціях	7
6	Тема 6, поточний контроль на лекціях	7
7	Тема 7, поточний контроль на лекціях	7
8	Тема 8, поточний контроль на лекціях	7
9	Тема 9, допуск до лабораторної роботи	6
10	Тема 10, допуск до лабораторної роботи	4
11	Тема 11, допуск до лабораторної роботи	4
12	Тема 12, допуск до лабораторної роботи	6
13	Тема 13, допуск до лабораторної роботи	4
14	Тема 14, допуск до лабораторної роботи	6
15	Тема 15, поточний контроль на лекціях	7
16	Тема 16, поточний контроль на лекціях	7
17	Тема 17, поточний контроль на лекціях	7
18	Тема 18, поточний контроль на лекціях	7
19	Тема 19, поточний контроль на лекціях	7
20	Тема 20, поточний контроль на лекціях	7
21	Тема 21, поточний контроль на лекціях	7
22	Тема 22, поточний контроль на лекціях	7
23	Тема 23, допуск до лабораторної роботи	6
24	Тема 24, допуск до лабораторної роботи	6
25	Тема 25, допуск до лабораторної роботи	4
26	Тема 26, допуск до лабораторної роботи	4
27	Тема 27, допуск до лабораторної роботи	4
28	Тема 28, допуск до лабораторної роботи. Контрольна робота	6
	<b>Разом</b>	174

#### 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
<b>Розділ 1</b>	<b>Розділ 2</b>						40	100
<b>Теми 1-8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>		
	5	5	5	5	5	5		
	Разом 30							
<b>Розділ 3</b>	<b>Розділ 4</b>							
<b>Теми 15-22</b>	<b>T23</b>	<b>T24</b>	<b>T25</b>	<b>T26</b>	<b>T27</b>	<b>T28</b>		
	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	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендоване методичне забезпечення

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

## Базова література

1. Л.М. Кустов, И.П. Белецкая, Катализ — важнейший инструмент "зеленой химии" // Успехи химии, 2010, 79, 493–515
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. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.: Наука, 1988.
11. Мицуике А. Методы концентрирования микроэлементов в неорганическом анализе. М.: Химия, 1986.
12. Москвин Л.Р., Царицина Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия, 1991.
13. Спектроскопические методы определения следов элементов. / Под ред. Дж. Вайнфорднера. М.: Мир, 1979.
14. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. М.: Химия, 1982.
15. Методы анализа поверхностей / Под ред. А. Зандерны. М.: Мир, 1979.
16. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. / Под ред. Д. Бриггса, М.П. Сиха. М.: Мир, 1987.
17. Головина А.П., Левшин Л.В. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ. М.: Химия. 1978.
18. Столяров К.П., Григорьев Н.Н. Введение в люминесцентный анализ неорганических веществ. Л.: Химия. 1967.
19. Юинг Д. Инструментальные методы химического анализа. М.: Мир, 1989.

#### 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. Золотов Ю.А. Экстракция внутрикомплексных соединений. М.: Наука, 1968.
9. Мясоедова Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие сорбенты. М.: Наука, 1984.
10. Методы анализа высокочистых веществ / Под ред. Ю.А. Карпова. М.: Наука, 1987.
11. Гоулдстейн Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский анализ. М.: Мир, 1984.
12. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. М.: Мир. 1972.
13. Полуэктов Н.С., Ефрюшкина Н.П. Определение микроколичеств лантаноидов по люминесценции кристаллофосфоров. Киев: Наукова думка. 1978.

#### Інформаційні ресурси

1. Файл-сервер хімічного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна:  
<http://www-chemistry.univer.kharkov.ua/uk>