

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра неорганічної хімії

Кафедра прикладної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету



Калугін О.М.

“ 31 ” серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Наукові основи одержання неорганічних матеріалів**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістр

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність 102 хімія

освітня програма освітньо-професійна / освітньо-наукова «Хімія»

спеціалізація \_\_\_\_\_

вид дисципліни за вибором

факультет хімічний

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету


“30” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: С.М. Кійко, к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії,  
А.В. Кравченко, к.х.н., доцент кафедри прикладної хімії

Програму схвалено на засіданні кафедри неорганічної хімії

Протокол від “29” серпня 2023 року № 1

В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії


  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Іван В'ЮНІК  
(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної хімії

Протокол від “29” серпня 2023 року № 1

Завідувач кафедри прикладної хімії

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Валентин ЧЕБАНОВ  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми “Хімія”

Гарант освітньо-наукової програми “Хімія”

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Микола МЧЕДЛОВ-ПЕТРОСЯН.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми “Хімія”

Гарант освітньо-професійної програми “Хімія”

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Андрій ДОРОШЕНКО  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

хімічного факультету

\_\_\_\_\_  
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2023 року, протокол № 1

Голова методичної комісії хімічного факультету

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Павло ЄФІМОВ  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Наукові основи одержання неорганічних матеріалів»  
складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки  
магістр  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) 102 Хімія

спеціалізації Хімія

### 1. Опис навчальної дисципліни

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є методи і підходи, що лежать в основі синтезу і очищення неорганічних речовин та одержання функціональних матеріалів на їх основі.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Синтез та глибоке очищення неорганічних речовин.

**1.1.** Метою викладання навчальної дисципліни є:

Ознайомлення студентів з сучасним станом досліджень у напрямі одержання неорганічних речовин високої чистоти, які володіють заданими властивостями. Практичне проведення робіт з синтезу і очищення речовин для надбання навиків у галузі препаративної неорганічної хімії та функціональних матеріалів.

**1.2.** Основними завданнями вивчення дисципліни є

Надати слухачам відомості щодо областей застосування особливо чистих хімічних речовин і вимог до рівня чистоти, який забезпечує відповідні експлуатаційні параметри матеріалів.

Ознайомити слухачів з фізико-хімічним підґрунтям методів, що застосовуються для синтезу і глибокого очищення речовин та апаратурою для здійснення відповідних процесів.

Практичне проведення процесів синтезу і очищення неорганічних речовин різноманітними методами для спрямованих практичних застосувань.

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

- знати теоретичні основи препаративної неорганічної хімії, хімічні властивості основних речовин і хімічних сполук, що використовуються у якості вихідних реагентів для одержання матеріалів різного призначення;
- розуміти принципи, що лежать у основі методів синтезу і очищення основних класів неорганічних речовин (кислоти, основи, солі, оксиди);
- мати уяву про основні методи очищення неорганічних сполук і шляхи їх практичної реалізації та застосування.

**1.2.1** Формування наступних загальних компетентностей:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

**1.2.2** Формування наступних фахових компетентностей:

ФК3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

ФК4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

ФК6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.

ФК9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

ФК10. Здатність до абстрактного та системного мислення й аналізу, розуміння глобальних проблем сучасного світу.

### 1.3. Кількість кредитів 6

### 1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	1-й
Семестр	
2-й	2-й
Лекції	
32 год.	12 год.
Практичні, семінарські заняття	
-- год.	-- год.
Лабораторні заняття	
32 год.	8 год.
Самостійна робота	
116 год.	160 год.
Індивідуальні завдання	
год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми за результатами вивчення дисципліни студенти повинні досягти результатів навчання:

P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.

P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.

P4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.

P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.

P10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.

P16(P19 для ОНП). Знати найважливіші типи організованих систем, їх класифікацію, властивості та призначення, основи супрамолекулярної хімії та нанохімії. Вміти довести механізм дії організованих розчинів і наносистем та сформулювати основні підходи до синтезу молекул-рецепторів та нанодисперсних частинок.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Синтез та глибока очистка неорганічних речовин.*

#### *Тема 1. Вступ.*

Речовини високої чистоти. Хімічні та фізичні домішки. Нормування мікродомішок у речовинах особливої чистоти. Методи визначення мікродомішок. Вплив зовнішніх забруднень на процеси глибокої очистки речовин. Стислі відомості з неорганічного матеріалознавства.

#### *Тема 2. Особливості очистки неорганічних речовин в ідеальних та реальних умовах.*

Терміни і параметри. Розділовий елемент. Ступінь технологічної схеми. Каскад. Протитоковий каскад. Термодинамічний та ефективний коефіцієнти розділення. Ідеальний каскад, його потужність. Коефіцієнти інтенсивності очистки для різних процесів (ректифікація, екстракція, іонний обмін, кристалізація). Очистка в реальних умовах і її ефективність.

#### *Тема 3. Зберігання особливо чистих речовин.*

Особливості транспортування особливо чистих речовин. Рівні чистоти хімічних речовин, маркування тари. Очистка тари, методи контролю і особливості наповнення. Зберігання особливо чистих хімічних речовин

#### *Тема 4. Хімічні методи очистки неорганічних речовин.*

Хімічні методи очистки речовин (розчинення осадів, осадження). Електрохімічні методи синтезу та глибокої очистки речовин (електродіаліз, іонофорез). Хіміко-фізичні методи очистки речовин.

#### *Тема 5. Ізоморфізм. Дефекти у кристалах.*

Особливості фазових діаграм систем, у яких утворюються тверді розчини. Визначення ізоморфізму і його види (досконалий, обмежений, ізодиморфізм, гетеровалентний, аномальний). Правило Гольдшмідта. Закон розподілу домішок при кристалізації. Ряди ізоморфних іонів. Види дефектів у кристалах (точкові, лінійні, поверхневі, об'ємні).

#### *Тема 6. Кристалізація.*

Відмінність процесів кристалізації і осадження. Перехід рідина - тверде тіло. Фактори, що впливають на процес кристалізації. Варіанти кристалізації. Фракційна кристалізація. Основні показники фракціонування. Коефіцієнти фракціонування. Коефіцієнт співкристалізації і його різновиди. Залежність ефективності очистки солей від їх розчинності. Загальна формула фракціонування при кристалізації. Концентрування домішок у твердій фазі. Рівноважна і нерівноважна кристалізація. Диференціальний коефіцієнт співкристалізації. Фракціонування ізоморфної домішки при кристалізації. Кінетика кристалізації з пересиченого розчину. Практичні приклади використання кристалізації для одержання особливо чистих хімічних речовин.

#### *Тема 7. Осадження.*

Осадження. Співосадження. Структурні зміни, що протікають у осаді при осадженні. Фізичне старіння осадів і його складові. Хімічне старіння. Хіміко-технологічні властивості осадів. Визначення розмірів частинок. Гомогенне і гетерогенне осадження, їх різновиди. Варіанти осадження для практичних застосувань. Основні типи адсорбції домішок осадами.

#### *Тема 8. Керована кристалізація.*

Спрямована кристалізація. Зовнішні фактори і початкові умови. Варіанти спрямованої кристалізації. Неоднорідності спрямованої кристалізації (температурна і концентраційна). Рівняння Петрова і Релея. Зв'язок коефіцієнту розподілу домішки з типом фазової діаграми.

Розподіл домішок у кристалах при спрямованій кристалізації. Коефіцієнт розподілу у реальних умовах. Примусове перемішування розплаву. Застосування спрямованої кристалізації. Зонна плавка. Можливості методу, гранична межа очистки. Різновиди зонної плавки. Практичні особливості.

#### Тема 9. Сорбція, екстракція.

Адсорбційна очистка неорганічних речовин. Сутність явища адсорбції. Основні визначення. Теорія Ленгмюра. Рівняння Фрейндліха. Основні типи сорбентів. Силікагель. Активоване вугілля. Іонний обмін, катіоніти, аніоніти. Екстракція. Коефіцієнт розподілу. Розріджувач. Ефект синергізму. Апаратне оформлення.

#### Тема 10. Методи очистки розплавів.

Методи одержання неорганічних матеріалів з застосуванням розтоплених солей. Електроліз, високотемпературний електрохімічний синтез, одержання складних оксидних матеріалів, рост кристалів (методи Бріджмена-Стокбаргера, Чалмерса, Чохральського, Кіропулоса). Основні домішки, що заважають цільовим процесам та методи їх видалення. Особливості гетерогенного розкислення розплавів (осаджувальне розкислення і обробка в реактивному газовому середовищі).

#### Тема 11. Методи одержання монокристалів.

Основні методи одержання монокристалів. Вирощування монокристалів з пари, розплаву, розчину та твердої фази. Електросинтез як оптимальний метод одержання провідних низько розмірних сполук.

#### Тема 12. Провідні молекулярні кристали.

Типи провідності. Катіон-радикальні солі (**KPC**) та комплекси з перенесенням заряду. Будова, провідні та магнітні властивості, вибір аніону для відповідного донору. Аніон-радикальні солі (**APC**). Основні акцептори, будова та фізичні властивості, вибір відповідного катіону. Застосування провідних іон-радикальних солей.

Хімія складних Оксиген- вмісних сполук **Mo** і **W**. Складні сполуки **B**. Карборани та металокарборани.

#### Тема 13. Транспортні хімічні реакції

Термодинамічний та кінетичний підхід до опису транспортних реакцій. Застосування транспортних реакцій для цілей глибокої очистки неорганічних матеріалів: дифузійний метод, конвекційний метод та метод з газом носієм.

#### Тема 14. Дистилізаційні методи очистки речовин

Основні загальні теоретичні положення про пара-рідинну рівновагу. Релеєвська перегонка. Ректифікація. Насадні колони. Молекулярна дистиляція.

#### Тема 15. Електрохімічні методи глибокої очистки речовин

Електродіаліз. Мембрани для електродіалізу. Метод іонних рухливостей. Електроліз з твердим катодом і анодом. Амальгамний електрохімічний процес.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьо-го	у тому числі					усьо-го	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. Назва</b>												
Т1. Вступ. Особливо-	8	2				6	13	1				12

сті очистки неорганічних речовин в ідеальних та реальних умовах.											
T2. Зберігання особливо чистих речовин. Хімічні методи очистки неорганічних речовин.	10	2			8	10	0				10
T3. Ізоморфізм. Дефекти у кристалах. Осадження.	14	2		6	6	10			2		8
T4. Кристалізація. Керована кристалізація.	16	2		6	8	12					12
T5. Сорбція, екстракція.	10	2			8	10					10
T6. Транспортні хімічні реакції	10	2			6	10	2				8
T7. Дистилізаційні методи очистки речовин	10	2		4	8	13	2		1		10
T8. Електрохімічні методи глибокої очистки речовин	12	2			8	12	2				10
T11. Методи одержання монокристалів.	26	4		4	18	22	2				20
T12. Провідні молекулярні кристали.	64	12		12	40	68	3		5		60
Разом за розділом 1	180	32		32	116	180	12		8		160
<b>Усього годин</b>	180	32		32	116	180	12		8		160

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Одержання безводних галогенідів лужноземельних металів	6	--
2	Очищення відходів йодиду Цезію від домішок лужних металів	4	3
3	Підготування шихти гігроскопічних галогенідів до вирощування кристалів	6	--
4	Синтез суперкластеру $\text{Na}_{48}[\text{H}_{16}\text{Mo}_{368}\text{O}_{1032}(\text{H}_2\text{O})_{240}(\text{SO}_4)_{48}]$ та дослідження його складу	4	2

5	Синтез $[(C_4H_9)_4N]_4[Mo_8O_{26}]$	4	--
6	Проведення електросинтезу монокристалів КРС фульваленів із складними аніонами Мо та В	4	--
7	Синтез простих та складних провідних АРС TCNQ	4	3
	Разом	32	8

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи:	Кількість годин		Форма контролю
		денна форма	заочна форма	
1	Робота з літературою за темами курсу, підготовка до лабораторного практикуму, розв'язання самостійних робіт	2	4	тест
2	Коефіцієнти інтенсивності очистки для різних процесів (ректифікація, екстракція, іонний обмін, кристалізація).	4	10	тест
3	Очистка тари, методи контролю і особливості наповнення.	2	4	тест
4	Електрохімічні методи синтезу та глибокої очистки речовин (електродіаліз, іонофорез).	6	8	тест
5	Види дефектів у кристалах.	4	4	тест
6	Диференціальний коефіцієнт співкристалізації.	6	6	тест
7	Гомогенне і гетерогенне осадження, їх різновиди.	6	4	тест
8	Зв'язок коефіцієнту розподілу домішки з типом фазової діаграми. Розподіл домішок у кристалах при спрямованій кристалізації.	6	6	тест
9	Іонний обмін, катіоніти, аніоніти.	6	8	тест
10	Електроліз, високотемпературний електрохімічний синтез, одержання складних оксидних матеріалів	18	18	Співбесі-да
11	Основні методи одержання монокристалів. Електросинтез як оптимальний метод одержання провідних низько розмірних сполук.	18	26	Співбесі-да
12	Провідні молекулярні кристали.	20	36	тест
13	Термодинамічний та кінетичний підхід до опису транспортних реакцій. Застосування транспортних реакцій для цілей глибокої очистки неорганічних матеріалів: дифузійний метод, конвекційний метод та метод з газом носієм.	6	8	тест
14	Основні загальні теоретичні положення про парарідинну рівновагу. Релеєвська перегонка. Ректифікація. Насадні колони. Молекулярна дистиляція.	6	10	тест
15	Електродіаліз. Мембрани для електродіалізу. Метод іонних рухливостей. Електроліз з твердим катодом і анодом. Амальгамний електрохімічний процес.	6	8	тест
	Разом	116	160	

### 6. Індивідуальні завдання

Не передбачені.

### 7. Методи контролю

Співбесіди, тести, іспит.



## 8. Схема нарахування балів

Поточне тестування та самостійна робота											Разом	Іспит	Сума	
Розділ 1														
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	60	40	100
4	4	4	4	8	4	8	8	8	8	5	10			
T13	T14	T15												
5	5	5												

T1, T2 ... T15 – теми розділів.

Студент допускається до підсумкового семестрового контролю (іспиту) за умови виконання навчального плану та отримання за семестр за усіма видами робіт не менше 30 балів.

Критерії оцінювання. Кожне питання в білеті має свій бал, який вказується перед питанням. При повній та всебічній відповіді студент отримує 100 % за питання. При неповній, але вірній відповіді, або повній, але з незначними помилками, студент отримує 80-95 % від максимального балу. При повній відповіді з суттєвими помилками студент отримує 60-80 % від максимального балу. При неповній відповіді з суттєвими помилками студент отримує 40-60% від максимального балу. Відсутність, або невірна відповідь оцінюється в 0 балів.

Екзамен вважається зданим, якщо рейтинг за екзамені не менше, ніж 20 балів, що сумарно отримано за всі питання в білеті.

### Шкала оцінювання

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

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Ruren X., Wenqin P., Qisheng H. Modern Inorganic Synthetic Chemistry, Second edition - Elsevier, 2017, p. 785.
2. Стойко Р.С. Багатофункціональні наноматеріали для біології і медицини: молекулярний дизайн, синтез і застосування. Наукова думка, 2017, с. 364.
3. House J., House K. Descriptive Inorganic Chemistry, Third edition. Elsevier, 2016, p. 428.
4. Abdul-Ghani O. Encyclopedia of Smart Materials. Elsevier, 2022. p. 552.
5. Миронюк І. Ф., Коцюбинський В. О., Остафійчук Б. К. Синтез, структура та електрохімічні властивості оксидних наноматеріалів. Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2011. – 443 с.
6. Andrews D., Lipson R., Nann T. Comprehensive Nanoscience and Nanotechnology, Second Edition. Elsevier, 2019. Vol. 1-5.
7. Rudi van Eldik, Cronin L. Polyoxometalate Chemistry.-Advances in Inorganic Chemistry, 2017, Vol. 69, p. 2 – 346.
8. Poneroy M. Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses. Elsevier, 2021. Vol. 1-3.
9. Антропов, Л.І. Теоретична електрохімія. Либідь, 1993. – 544с.
10. Muller A, Botar B., Das S.K., Bogge H., Schmidtman M., Merka A.. On the complex hedgehog-shaped cluster species containing 368 Mo atoms: simple preparation method, new

- spectral details and information about the unique formation. -Polyhedron,. -2004. –V 23. -p. 2381-2385.
11. Brabazon D. Encyclopedia of Materials: Composites. Elsevier, 2021. Vol. 1-3.
  12. Armarego W.L.F., Chai C. Purification of Laboratory Chemicals. - Elsevier Science. -2009. - 752 p.
  13. Степин Б.Д. и др. Методы получения особо чистых неорганических веществ. -Л.:Химия, 1969. - 480 с.

#### **Допоміжна література**

14. Grimes R.N. Metallacarboranes in the new millennium. // Coordination Chemistry Reviews. – 2000, Vol. 200 - 202, P. 773 – 811.
15. Coronado E., Gimenez-Saiz C., Gomez-Garsia C.J. Recent advances in polyoxometalate-containing molecular conductors. Coordination Chemistry Reviews. 2005, Vol. 249, P. 1776 – 1796.
16. Guenther B., Steel D. Encyclopedia of Modern Optics. Elsevier, 2019. Vol. 1-5.