

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра неорганічної хімії**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**



Заступник декана  
з навчальної роботи

*[Signature]*

Наталія УСЕНКО

06

2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ХІМІЯ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ**

**для здобувачів вищої освіти**

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>102 Хімія</b>
освітній рівень	<b>Магістр</b>
освітня програма	<b>Хімія</b>
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>

Форма навчання	<b>заочна</b>
Навчальний рік	<b>2024/2025</b>
Семестр	<b>II, III</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>5</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>залік</b>

**Викладач: Колотілов Сергій Володимирович, член-кор. НАН України,  
д.х.н., професор**

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Розробник: Колотілов Сергій Володимирович, член-кор. НАН України,  
заступник директора Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН  
України, д.х.н., професор

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 8 від « 13 » березня 2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 9 » квітня 2024 року № 8

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« 9 » квітня 2024 року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – формування у здобувачів освіти цілісного уявлення про хімічні основи синтезу, структуру, властивості та застосування сучасних пористих матеріалів різної природи — зокрема металорганічних каркасів, високодисперсних вуглецевих матеріалів, кремнезему та шаруватих неорганічних сполук типу дисульфідіду молібдену. Дисципліна спрямована на набуття знань і практичних навичок щодо методів одержання, модифікації та дослідження таких матеріалів, а також розуміння взаємозв'язку між їхньою структурою, пористістю та функціональними властивостями для потенційного використання в адсорбції, каталітичних процесах, сенсорних і енергетичних застосуваннях..

**2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:** Знання базових курсів: аналітичної, загальної, неорганічної та фізичної хімії, а також деяких розділів атомної і квантової фізики. Уміння інтерпретувати отримані результати.

**3. Анотація навчальної дисципліни.** Дисципліна «Хімія пористих матеріалів» спрямована на поглиблення знань здобувачів магістерського рівня щодо хімічних принципів синтезу, структурної організації, фізико-хімічних властивостей і функціонального призначення сучасних пористих матеріалів. Основну увагу приділено вивченню металорганічних каркасів (MOF), високодисперсних вуглецевих матеріалів, кремнезему та шаруватих неорганічних сполук типу дисульфідіду молібдену. Розглядаються методи керованого синтезу, функціоналізації поверхні, структурно-текстурної та спектроскопічної характеристики таких матеріалів. Окрема увага приділяється зв'язку між хімічною природою пористої фази та її адсорбційними, каталітичними, сенсорними й енергетичними властивостями.

Курс формує здатність аналізувати, моделювати та прогнозувати поведінку пористих систем у різних хімічних процесах, що є основою для проведення наукових досліджень і розробки нових матеріалів для екологічних, енергетичних і технологічних застосувань

### 4. Завдання:

- 1) сформувані у здобувачів поглиблені знання про будову, класифікацію та принципи формування пористих матеріалів різної природи;
- 2) ознайомити з основними підходами до синтезу, модифікації та функціоналізації металорганічних каркасів, високодисперсних вуглецевих матеріалів, силіки та шаруватих сполук типу дисульфідіду молібдену;
- 3) розвинути розуміння взаємозв'язку між структурними, морфологічними та текстурними характеристиками матеріалів і їхніми функціональними властивостями;
- 4) навчити користуватися сучасними фізико-хімічними методами дослідження пористих матеріалів (адсорбційними, спектроскопічними, мікроскопічними, термогравіметричними тощо);

5) сформувати вміння аналізувати літературні джерела, порівнювати властивості різних класів пористих матеріалів і обґрунтовувати вибір матеріалу для конкретного застосування;

6) розвинути навички проведення самостійних досліджень, обробки експериментальних даних та представлення отриманих результатів у науковій формі.

#### 5. Результати навчання за дисципліною:

<b>Результат навчання</b> (1.Знати; 2. Уміти; 3. Комунікація; 4. Автономність та відповідальність)	<b>Форми викладання і навчання</b>	<b>Методи оцінювання</b>	<b>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</b>
1.1 Основні типи та класифікацію пористих матеріалів, їхні структурні та текстурні характеристики	лекції, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	15
1.2 хімічні принципи побудови та стабілізації металорганічних каркасів, високодисперсних вуглецевих матеріалів, кремнезему та дисульфиду молібдену	самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	15
1.3 методи керованого синтезу, модифікації поверхні та функціоналізації пористих структур. Принципи використання пористих матеріалів у каталітичних, сорбційних, сенсорних і енергетичних системах	лекції, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	15
2.1 обґрунтовувати вибір методу синтезу пористого матеріалу залежно від його призначення	самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	25
2.2 проводити аналіз літературних джерел і критично оцінювати сучасні наукові підходи до створення пористих матеріалів.	практичні, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	10
3.1 здатність використовувати хімічні знання для розроблення нових пористих матеріалів із заданими властивостями.	практичні, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	5
3.2 навички самостійного планування, виконання та представлення результатів наукових досліджень	самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	5
4.1 Готовність до участі в науково-дослідних і проектних роботах у сфері створення функціональних матеріалів для енергетичних, екологічних і технологічних застосувань.	самостійна робота	Перевірка завдань самостійної КР	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) з програмними результатами навчання (ПРН):**

<b>Результати навчання дисципліни</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>4.1</b>
<b>Програмні результати навчання</b>								
ПРН1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+		+				
ПРН2. 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.	+	+	+	+	+			
ПРН4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.			+		+			+
ПРН6. Знати методологію та організацію наукового дослідження.						+		+
ПРН10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.				+	+		+	

**7. Схема формування оцінки**

**7.1. Форми оцінювання студентів**

**Семестрове оцінювання:**

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом:

**100 балів /60 балів, а саме:**

1. Дистанційна контрольна робота №1: РН 1.1, 2.1 – 40/24 балів.
2. Дистанційна контрольна робота №2: РН 1.2, 2.1, 3.1 – 30/18 балів
3. Дистанційна контрольна робота №3: РН 1.3, 2.2, 4.1 – 30/18 балів

**Підсумкове оцінювання: сума балів за всі види робіт.**

## 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Дистанційна контрольна робота №1: після проходження теми 1;

Дистанційна контрольна робота №2: після проходження теми 2;

Дистанційна контрольна робота №3: після проходження теми 3;

Оцінювання самостійної роботи: наприкінці семестру.

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

<b>За 100 – бальною шкалою</b>	<b>За національною шкалою</b>
60 – 100	Зараховано
1 – 59	Не зараховано

## 8. Структура навчальної дисципліни.

### Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійної роботи

	Назва лекцій/самостійної роботи	Лекцій	Прак	Сам
1	<b>Лекція 1. Вступ до хімії пористих матеріалів</b> Поняття пористості, класифікація пористих матеріалів за розміром пор і хімічною природою; Основні принципи синтезу і функціональності пористих систем; Огляд сучасних застосувань у каталітичних, сорбційних та енергетичних процесах	2		20
2	<b>Лекція 2. Металорганічні каркаси (MOF)</b> Будова та класифікація MOF; Методи синтезу та функціоналізації; Застосування у газовій адсорбції, каталітичних процесах та зберіганні енергії	2		20
3	<b>Лекція 3. Високодисперсний вуглець</b> Класифікація: активоване вугілля, вуглецеві нанотрубки, графенові структури; Методи синтезу і модифікації; Адсорбційні та електрохімічні властивості.	2		20
4	<b>Самостійна робота. Силіка та кремнієві пористі матеріали</b> Мезопористі та макропористі кремнієві системи; Методи отримання та структурна характеристика; Застосування у каталітичних носіях і сорбційних системах.	-	-	20
5	<b>Лекція 4. Дисульфід молібдену та шаруваті матеріали</b> Структура та властивості шаруватих неорганічних пористих матеріалів; Методи синтезу та модифікації; Каталітичні та електрохімічні застосування			20
6	<b>Самостійна робота. Методи дослідження пористих матеріалів</b> Адсорбційні та порометричні методи; Спектроскопічні та дифракційні методи; Мікроскопія та термогравіметрія для характеристики пористих систем.			20
7	<b>Лекція 5. Взаємозв'язок структури та властивостей пористих матеріалів</b> Вплив розміру пор, морфології та хімічної природи на функціональні характеристики; Порівняльний аналіз різних класів матеріалів; Стратегії оптимізації матеріалів для конкретних застосувань	2		20
8	<b>Самостійна робота. Сучасні тенденції та перспективи застосування пористих матеріалів</b> Інтеграція пористих матеріалів у енергетичні, екологічні та сенсорні технології; Перспективи розробки нових функціональних матеріалів; Наукові виклики та перспективи досліджень у галузі пористих систем.			20
<b>Всього</b>		<b>10</b>	<b>-</b>	<b>140</b>

Загальний обсяг **150 год.**

Лекції – **10 год.**

Самостійна робота - **140 год.**

## 9. ЛІТЕРАТУРА:

### Основна:

1. Ivanytsya, M. O., Subotin, V. V., Gavrilenko, K. S., Ryabukhin, S. V., Volochnyuk, D. M., & Kolotilov, S. V. (2024). Advances and challenges in development of transition metal catalysts for heterogeneous hydrogenation of organic compounds. *The Chemical Record*, 24(2), e202300300.
2. Павлей, І. М., Сотнік, С. О., Яремов, П. С., & Колотілов, С. В. (2024). Адсорбційні та каталітичні властивості пористих координаційних полімерів на основі півалатів 3d-металів та азотвмісних гетероциклічних лігандів. *Хімічні проблеми сьогодення*, 113-113.
3. Shmelev, M. A., Polunin, R. A., Gogoleva, N. V., Evstifeev, I. S., Vasilyev, P. N., Dmitriev, A. A., ... & Eremenko, I. L. (2021). Cadmium-inspired self-polymerization of {Lniiiicd<sub>2</sub>} units: Structure, magnetic and photoluminescent properties of novel trimethylacetate 1D-polymers (Ln= Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Yb). *Molecules*, 26(14), 4296.
4. Ліщенко, Ю. Л., Сотнік, С. О., Потурай, А. С., Волочнюк, Д. М., Рябухін, С. В., & Колотілов, С. В. (2024). Каталітичне енантіоселективне окиснення органічних сульфідів в присутності комплексів MnII. *Хімічні проблеми сьогодення*, 55-55.
5. Sharma, A., Eadi, S. B., Noothalapati, H., Otyepka, M., Lee, H. D., & Jayaramulu, K. (2024). Porous materials as effective chemiresistive gas sensors. *Chemical Society Reviews*, 53(5), 2530-2577.
6. Siegelman, R. L., Kim, E. J., & Long, J. R. (2021). Porous materials for carbon dioxide separations. *Nature materials*, 20(8), 1060-1072. Cai, G., Yan, P., Zhang, L., Zhou, H. C., & Jiang, H. L. (2021). Metal–organic framework-based hierarchically porous materials: synthesis and applications. *Chemical Reviews*, 121(20), 12278-12326.
7. Wang, A., Ma, Y., & Zhao, D. (2024). Pore engineering of porous materials: effects and applications. *ACS nano*, 18(34), 22829-22854.

### Додаткова:

1. Sotnik, S. A., Polunin, R. A., Kiskin, M. A., Kirillov, A. M., Dorofeeva, V. N., Gavrilenko, K. S., ... & Kolotilov, S. V. (2015). Heterometallic coordination polymers assembled from trigonal trinuclear Fe<sub>2</sub>Ni-pivalate blocks and polypyridine spacers: Topological diversity, sorption, and catalytic properties. *Inorganic Chemistry*, 54(11), 5169-5181.
2. Gharehghani, A., Ghasemi, K., Siavashi, M., & Mehranfar, S. (2021). Applications of porous materials in combustion systems: A comprehensive and state-of-the-art review. *Fuel*, 304, 121411.
3. Singh, R., Wang, L., Ostrikov, K., & Huang, J. (2024). Designing carbon-based porous materials for carbon dioxide capture. *Advanced Materials Interfaces*, 11(4), 2202290.
4. Wang, A., Ma, Y., & Zhao, D. (2024). Pore engineering of porous materials: effects and applications. *ACS nano*, 18(34), 22829-22854.
5. Sánchez-González, E., Tsang, M. Y., Troyano, J., Craig, G. A., & Furukawa, S. (2022). Assembling metal–organic cages as porous materials. *Chemical Society Reviews*, 51(12), 4876-4889.

6. Reddy, M. S. B., Ponnamma, D., Sadasivuni, K. K., Kumar, B., & Abdullah, A. M. (2021). Carbon dioxide adsorption based on porous materials. *RSC advances*, 11(21), 12658-12681.
7. Chuhadiya, S., Suthar, D., Patel, S. L., & Dhaka, M. S. (2021). Metal organic frameworks as hybrid porous materials for energy storage and conversion devices: A review. *Coordination Chemistry Reviews*, 446, 214115.
8. Li, S., Zhang, H., Li, S., Wang, J., Wang, Q., & Cheng, Z. (2024). Advances in hierarchically porous materials: Fundamentals, preparation and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202, 114641.

**Интернет - ресурси:**

[https://youtu.be/R9IJtOZ6\\_pM?si=ejgvqP2WJInq5YhN](https://youtu.be/R9IJtOZ6_pM?si=ejgvqP2WJInq5YhN)

<https://youtu.be/HX5ExPWMS70?si=0KkNqX-Jtdt8kco3>

<https://youtu.be/ORFbk7HApYk?si=wcY00pCuYwPkPTiU>