

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра неорганічної хімії**



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОМАТЕРІАЛИ**

**для здобувачів освітньо-наукового рівня  
доктор філософії**


галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітньо-наукова програма  
вид дисципліни

**10 Природничі науки  
102 Хімія  
третій, освітньо-науковий  
Хімія  
вибіркова**

Форма навчання **денна**  
Навчальний рік **2022/2023**  
Період навчання **2 рік**  
Кількість кредитів ECTS **4**  
Мова викладання,  
навчання та оцінювання **українська**  
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач:

**Теребіленко Катерина Володимирівна, д.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії**

Пролонговано: на 2023-2024 н.р.  (Н.Усенко) «**13**» **05** 2022 р.  
на 2024-2025 н.р.

Розробник: **Теребіленко Катерина Володимирівна**, *д.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії*

Затверджено


В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА  
(підпис)

Протокол № 11 від “11” травня 2022 року

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 9 від “\_18\_” \_\_травня\_ 2022 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_  Олександр ПОЇК  
«\_18\_» \_травня\_ 2022 року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – формування у аспіранта системи знань та вмій щодо сучасних теоретичних засад, закономірностей та практичними аспектами створення та використання наноматеріалів у різних галузях науки та хімічних технологіях; забезпечити знання основ та законів нанохімії, сучасної термінології у цій галузі, методів синтезу наноструктурованих матеріалів, особливостями їх дослідження, виробництва та використання, показати роль та місце наноматеріалів та нанотехнологій у сучасній системі хімічних знань та інших природничих наук, зокрема в області наноелектроніки, наноінженерії, функціональних і конструкційних наноматеріалів, нанокаталізу, нанотехнологій для енергетики, отримати нові знання щодо особливостей фізичних, хімічних, біологічних і більш складних процесів синтезу наносистем, фізико-хімічних принципів по встановленню взаємозв'язків між складом, будовою та властивостям наноматеріалів та композитів та їх основи.

### **2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:**

*Знати:* неорганічну хімію, фізичну хімію, органічну хімію, аналітичну хімію, основи матеріалознавства на рівні випускника магістратури за спеціальністю «Хімія».

- Знати іноземну мову на рівні B2 загальноєвропейських рекомендацій з мовної освіти.
- - Вміти аналізувати наукову літературу і інформацію з хімії та суміжних галузей знань, що надаються нормативними курсами для підготовки фахівців ОКР „магістр” зі спеціальності „хімія”.
- Володіти *навичками* пошуку інформації, її критичної обробки та представлення, застосовувати отримані знання для вирішення прикладних та теоретичних задач у галузі хімії.

*Вміти:* використовувати на практиці методи неорганічного та органічного синтезу, загальні теоретичні положення фізичних методів досліджень хімічних сполук на рівні магістра за спеціальністю «Хімія».

*Володіти навичками* пошуку інформації в наукометричних та патентних базах, її критичної обробки та представлення, застосовувати отримані знання для вирішення прикладних та теоретичних задач у галузі хімії.

**3. Анотація навчальної дисципліни.** Дисципліна «Функціональні наноматеріали» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. Вона забезпечує особистісний і професійний розвиток аспіранта та спрямована на формування ефективного дослідника і викладача вищої школи, здатного до аналізу та вирішення комплексних завдань щодо синтезу, аналізу та застосуванню функціональних матеріалів. Курс зосереджується на хімії функціональних наноматеріалів, дає широке розуміння підходів щодо одержання та функціоналізації відомих наносистем, модифікації їх поверхні, особливостям самозбірки, обробки та інтеграції у функціональні пристрої.

**4. Завдання:** є формування цілісної системи знань стосовно розробки та застосування наноматеріалів та нанокомпозитів; розширення традиційних уявлень про фізико-хімічну картину світу на прикладі нанооб'єктів; ознайомлення з основними закономірностями та практичними аспектами синтезу, дослідження та використання наноматеріалів у хімічних технологіях; розкрити основні аспекти застосування наносистем в новітній технологічних розробках функціоналізованих матеріалів.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Код	Результат навчання (1.знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
<b>1. Знання</b>				
<b>1.1</b>	Знання основних термінів, предмету та завдання нанохімії та нанотехнології;	лекції, аналітична робота	презентації, ПсК	20
<b>1.2</b>	Знання новітніх концепцій та принципів дизайну неорганічних наноматеріалів	лекції, практичні, аналітична робота		10
<b>1.3</b>	Знання хімічних, фізичних та фізико-хімічних методів дослідження наноматеріалів	лекції, практичні, аналітична робота		20
<b>2. Вміння</b>				
<b>2.1</b>	Вміння планувати синтез нуль-, одно-дво та тримірних наноматеріалів композитних наносистем	лекції, практичні		5
<b>2.2</b>	Вміння проводити відбір та дизайн сполук, що можуть проявляти відомі розмірні ефекти	лекції аналітична робота		5
<b>2.3</b>	Набуття універсальних навичок усної і письмової презентації результатів власного наукового дослідження; збір і критичний аналіз наукової літератури, у тому числі іноземної, за заданою темою	практичні, доповідь, аналітична робота		20
<b>3. Комунікація</b>				
<b>3.1</b>	Застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для збору, аналізу, обробки та інтерпретації інформації у галузі новітньої неорганічної хімії та матеріалознавства	лекції, практичні, аналітична робота		
<b>3.2</b>	Вільне володіння науковою термінологією з метою вільного професійного спілкування з колегами щодо питань у галузі інновацій в неорганічній хімії, а також тих, що стосуються сфери наукових та експертних знань	практичні, аналітична робота		5
<b>4. Автономність</b>				
<b>4.1</b>	Аналіз проблеми, самостійне планування та інтерпретування результатів експерименту	практичні, аналітична робота		5

<b>4.2</b>	Дотримання правил наукової етики та доброчесності в процесі критичної обробки наявної та створенні нової інформації у галузі аналітичної та медичної хімії	<i>практичні, аналітична робота</i>		5
------------	--	---	--	---

\* підсумковий контроль **ПсК**

**6. В результаті вивчення дисципліни** аспірант отримає нові сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі створення та модифікації функціональних матеріалів, застосовувати методи нанохімії та нанотехнологій при виконанні наукових досліджень, розробляти фізико-хімічні підходи до синтезу відомих одно-, дво- та тривимірних наносистем, аналізувати результати дослідження структурованих наносистем; порівнювати дані фізико-хімічних методів дослідження поверхні наноструктур та наноматеріалів.

Все це допоможе йому навчитись ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань та відшліфувати вміння кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях в фахових виданнях, використовуючи при цьому сучасні інноваційні технології при плануванні експерименту, а також зборі, аналізі, обробці та інтерпретації експериментальних даних складних досліджень в галузі неорганічної хімії та матеріалознавства.

### 7. Схема формування оцінки

7.1. Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100-бальною шкалою. Модульний контроль включає **1** змістовний модуль і комплексний підсумковий модуль (іспит). Впродовж навчання передбачається 3 практичні заняття.

#### - семестрове оцінювання

презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідження наноматеріалів особливого призначення

Презентація кейс - завдання,

#### - підсумкове оцінювання – іспит.

Максимальна оцінка за семестр: **60 балів.**

Максимальна оцінка на іспиті: **40 балів.**

Максимальна загальна оцінка за курс: **100 балів.**

### 7.2. Організація оцінювання (за формами контролю згідно з графіком навчального процесу):

Види робіт	Змістовий модуль 1 (ЗМ1)	
	Min. – 36 балів	Max. – 60 балів
Презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідження наноматеріалів особливого призначення	12	20
Презентація кейс - завдання	24	40
Загальна сума	36	60

**Оцінка за презентацію референсу та кейс-завдання (за результатами пошуку) включає в себе:** теоретичне наповнення матеріалу – максимум 20 балів / мінімум 12 балів, мультимедійне оформлення – максимум 10 балів / мінімум 6 балів, презентація матеріалу – максимуму 10 балів / мінімум 6 балів. *Захист проводиться на останньому тижні занять.*

На передостанньому тижні занять проводиться тематична консультація, на якій обговорюються проблемні моменти, що можуть виникнути у аспіранта при підготовці реферансу та кейс - завдання.

**При простому розрахунку ПО = ЗМ1 + КПМ отримаємо:**

	<i>ЗМІ</i>	<i>іспит</i>	Підсумкова оцінка (ПО)
<b>Максимум</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>100</b>
<b>Мінімум</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
<b>Критичний мінімум</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>

**Теми для самостійного опрацювання також виносяться на іспит.**

Для здобувачів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* – **20 балів** для одержання допуску до іспиту обов'язково слід відпрацювати всі заборгованості.

У випадку відсутності здобувача з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „*Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу*” від 1 жовтня 2010 року.

### **Шкала відповідності оцінок**

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100%
<b>Добре</b> / Good	75-89%
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74%
<b>Незадовільно</b> / Fail	0-59%

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ Теми	Назва Теми	Кількість годин		
		Лекції	Практ. зняття +конс.	Самост. робота
1	Основні поняття та терміни нанотехнологій. Критерії віднесення матеріалів до нанорозмірних.	4	–	6
2	Самозбірка та самоорганізація наноструктур. Природа зв'язку у наноструктурованих системах	4	–	–
	Дисипативні та конструктивні процеси при самозбірці.	–	–	6
	Критерії віднесення матеріалів до нанорозмірних: розмірний ефект та функціональні особливості	–	–	12
	Місце нанотехнологій в сучасних технологічних процесах	–	–	12
	Принципи «м'якої хімії» для нанотехнологій.	-	2	6
3	Основні закономірності синтезу наносистем	4	–	-
	Переваги та недоліки диспергаційних методів синтезу.	–	–	12
	Синтез наночасточок в аморфних та впорядкованих матрицях. Нанореактори: функції, властивості та застосування.	–	–	6
	Методи контролю розміру та форми наночасточок.	–	-	6
	Методи розділення наночасточок за розмірами. Функції поверхнево-активних речовин у синтезі наносистем			6
4	Методи дослідження нанорозмірних систем. Наноматеріали та їх властивості	2	–	–
	Методи дослідження поверхні наносистем. Мікроскопічні методи дослідження: конфокальна мікроскопія. Просвічуюча та скануюча електронна мікроскопія при дослідженні нанооб'єктів. Автоелектронна та йонна мікроскопія.	–	–	6
	Малокутове рентгенівське розсіювання для визначення розміру та форми наночасточок. Дифракція швидких та повільних нейтронів. Рентгенівська та фотоелектронна спектроскопія для дослідження поверхні наноструктур	–	2	6
5	Розмірні явища в нанохімії. Класичні та квантові ефекти. Квантові точки, нитки та ями. Балістичний транспорт електронів. Квантовий ефект Холла та його застосування в нанотехнологіях. Застосування плазмонного та екситонного резонансу в нанотехнологіях.	4	2	6
	Властивості та застосування наноматеріалів. Конструкційні матеріали для медицини. Нанобезпека. Токсичність наноструктурованих матеріалів			6
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>96</b>

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекції – **18 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **96 год.**

## 9. Рекомендована література:

### Основна

1. Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein journal of nanotechnology*, 9(1), 1050-1074.
2. Елисеєв А.А., Лукашин А.В., Функціональні наноматеріали. – М:Физматлит, 2010 – 456с.
3. Заячук Д.М. Нанотехнології і наноструктури: Навч.посібник. Львів:Вид-во «Львівська політехніка»-2009, 580с.
4. Handbook of Nanoscience, Engineering, and Technology / ed. by W.A.Goddard et.al. 2003, 800p
5. Терещенко К.В. Огєнко В.М. Нанохімія та нанотехнології, Компрінт, 2020 – 282с.
6. Т.І. Хорошилова, В.О. Хромишев., С.В, Рябов, О.О. Хромишева. Нанохімія та нанотехнології. – Мелітополь, 2014
7. Hussain, Chaudhery Mustansar, ed. *Handbook of nanomaterials for industrial applications*. Elsevier, 2018.
8. Нанонаука, нанобіологія, нанофармація : моногр. / І. С. Чекман, З. Р. Ульберг, В. О. Маланчук [та ін.]. – Київ : Поліграф плюс, 2012. – 328 с.
9. Волков С. В. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С. В. Волков, Е. П. Ковальчук. – Київ : Наукова думка, 2008. – 423с.

### Додаткова:

1. Baig N., Kammakakam I., Falath W. Nanomaterials: A review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges //Materials Advances. – 2021. – Т. 2. – №. 6. – С. 1821-1871.
2. Jin H. et al. Emerging two-dimensional nanomaterials for electrocatalysis //Chemical reviews. – 2018. – Т. 118. – №. 13. – С. 6337-6408.
3. Pomerantseva E. et al. Energy storage: The future enabled by nanomaterials //Science. – 2019. – Т. 366. – №. 6468. – С. 8285.
4. Wang X. et al. Inorganic nanomaterials with rapid clearance for biomedical applications //Chemical Society Reviews. – 2021. – Т. 50. – №. 15. – С. 8669-8742.
5. Chen J. et al. Advances in nanomaterials for photodynamic therapy applications: Status and challenges //Biomaterials. – 2020. – Т. 237. – С. 119827.
6. Chen Y. et al. Two-dimensional metal nanomaterials: synthesis, properties, and applications //Chemical reviews. – 2018. – Т. 118. – №. 13. – С. 6409-6455. Shuwen Zeng, Dominique Baillargeat, Ho-Pui Ho and Ken-Tye Yong *Chem. Soc. Rev.*, 014,**43**, 3426-3452.
7. Hangxun Xu, Brad W. Zeiger and Kenneth S. Suslick, *Chem. Soc. Rev.*, 2013,**42**, 2555-2567.
8. "Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties". Royal Society and Royal Academy of Engineering. July 2004
9. Lu Bai, Xiuju Ma, Junfeng Liu, Xiaoming Sun, Dongyuan Zhao, David G. Evans J. AM. CHEM. SOC. 2010, 132, 2333–2337.
10. 5. Gang Chen, Yong Wang, Li Huey Tan, J. AM. CHEM. SOC. 2009, 131, 4218–4219
11. Liu P., Williams J. R., Cha J. J. Topological nanomaterials //Nature Reviews Materials. – 2019. – Т. 4. – №. 7. – С. 479-496.