

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра неорганічної хімії**



В.О. заступника декана  
Хімічний факультету

Наталія УСЕНКО

« 00 » 2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОМАТЕРІАЛИ  
(FUNCTIONAL NANOMATERIALS)**

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

галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітньо-наукова програма  
вид дисципліни

**10 Природничі науки, математика та статистика  
ЕЗ Хімія  
третій, освітньо-науковий  
Хімія  
вибіркова**

Форма навчання **денна/заочна**  
Навчальний рік **2026/2027**  
Період навчання **2 рік**  
Кількість кредитів ECTS **4**  
Мова викладання,  
навчання та оцінювання **англійська**  
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач:

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

Пролонговано: на 2028-2029 н.р. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

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

Затверджено

Завідувач кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА  
(підпис)

Протокол № 9 від 01 квітня 2025 року

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 9 від «\_07» \_травня 2025 року

Голова науково-методичної комісії  Олександр РОЇК

«\_07\_» \_травня\_ 2025 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 зі спеціальності ЕЗ 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 нанокompозитів; 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:

<i>Код</i>	<i>Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>	<i>Форми викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
<b>1. Знання</b>				
<b>1.1</b>	Знання основних термінів, предмету та завдання нанохімії та нанотехнології;	<i>лекції, аналітична робота</i>	<i>презентації, ПсК</i>	20
<b>1.2</b>	Знання новітніх концепцій та принципів дизайну неорганічних наноматеріалів	<i>лекції, лабораторні, аналітична робота</i>		10
<b>1.3</b>	Знання хімічних, фізичних та фізико-хімічних методів дослідження наноматеріалів	<i>лекції, лабораторні, аналітична робота</i>		20
<b>2. Вміння</b>				
<b>2.1</b>	Вміння планувати синтез нуль-, одно-дво та тримірних наноматеріалів композитних наносистем	<i>лекції, лабораторні</i>		5
<b>2.2</b>	Вміння проводити відбір та дизайн сполук, що можуть проявляти відомі розмірні ефекти	<i>лекції аналітична робота</i>		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	<i>лабораторні, доповідь, аналітична робота</i>		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	<i>лекції, практичні, аналітична робота</i>		
<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	<i>практичні, аналітична робота</i>		5
<b>4. Автономність</b>				
<b>4.1</b>	Аналіз проблеми, самостійне планування та інтерпретування результатів експерименту	<i>практичні, аналітична робота</i>		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.

#### **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 виконання лабораторних робіт.

#### **- семестрове оцінювання**

презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідження наноматеріалів особливого призначення, виконання та оформлення звіту до лабораторної роботи.

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):**

<i>Види робіт</i>	<b>Змістовий модуль 1 (ЗМ1)</b>	
	<i>Min. – 36 балів</i>	<i>Max. – 60 балів</i>
Презентація референсу останніх досліджень із синтезу та дослідження наноматеріалів особливого призначення	12	20
Презентація кейс - завдання	12	20
Протокол лабораторних робіт	12	20
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, 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.

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

Для здобувачів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* – **36 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 організацію навчального процесу [http://nmc.univ.kiev.ua/docs/Polozhennia-pro-organizatsiyu-osvitniogo-procesu-11\\_04\\_2022.pdf](http://nmc.univ.kiev.ua/docs/Polozhennia-pro-organizatsiyu-osvitniogo-procesu-11_04_2022.pdf)

**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 ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ Теми	Назва Теми	Кількість годин		
		Лекції	Лабор. зняття +конс.	Самост. робота
<b>Topic 1. Nanoscience and Functional Nanomaterials</b>				
1	<b>Lecture 1. Introduction to Nanoscience and Functional Nanomaterials.</b> Overview of nanoscience and nanotechnology. Size-dependent properties of matter at the nanoscale. Classification of nanomaterials and their functional applications in catalysis, energy, optics, and biomedicine.	2	–	6
	<b>Lecture 2. Classification and Structural Types of Nanomaterials</b> Zero-, one-, two-, and three-dimensional nanostructures. Organic, inorganic, and hybrid nanomaterials. Core–shell and composite nanostructures. Relationship between composition, morphology, and functionality.	2	–	–
	<b>Lecture 3. Top-down and Bottom-up Methods of Nanomaterial Synthesis</b> Fundamental approaches to the preparation of nanomaterials. Mechanical milling, lithography, and sputtering (top-down). Chemical vapor deposition, sol–gel, hydrothermal and colloidal synthesis (bottom-up). Control of particle size, shape, and surface properties	2	–	6
	<b>Lecture 4. Characterization Techniques for Functional Nanomaterials</b> Overview of microscopic (SEM, TEM, AFM), structural (XRD, BET), and spectroscopic (UV–Vis, Raman, FTIR, XPS) methods. Determination of particle size, morphology, surface area, and chemical composition. Correlation between nanostructure and properties.	2	–	6
	<b>Lecture 5. Plasmonic Nanoparticles: Fundamentals and Applications</b> Origin of localized surface plasmon resonance (LSPR). Optical properties of metal nanoparticles (Au, Ag, Cu). Influence of particle size and environment on plasmonic response. Applications in sensing, photothermal therapy, and photocatalysis	2	–	12
<b>Topic 2. Characterization of nanomaterials using modern analytical techniques</b>				
2	<b>Lecture 6. Excitonic Nanomaterials and Quantum Dots</b> Quantum confinement effects and energy-level structure of semiconductor nanocrystals. Optical and electronic properties of quantum dots and perovskite nanostructures. Applications in light-emitting devices, solar cells, and bioimaging.	2	2	6
	<b>Lecture 7. Nanocatalysis and Functional Nanomaterials for Catalytic Applications</b>	2	–	4

	Principles of heterogeneous nanocatalysis. Active sites, size and support effects, and reaction mechanisms at the nanoscale. Metal, metal oxide, and bimetallic nanocatalysts. Photocatalysis and electrocatalysis.			
	<b>Lecture 8. Hybrid and Multifunctional Nanomaterials</b> Design and synthesis of hybrid systems combining plasmonic, excitonic, and catalytic functionalities. Core-shell, heterostructured, and composite nanomaterials. Synergistic effects and performance enhancement.	2	–	10
	<b>Lecture 9. Emerging Trends and Applications of Functional Nanomaterials</b> Advanced applications in energy storage and conversion, environmental remediation, and nanomedicine. Challenges of large-scale synthesis, stability, and sustainability. Perspectives of green and data-driven nanomaterial design.	2	–	10
	<b>Historical milestones in the development of nanoscience and nanotechnology.</b> Analysis of key discoveries that shaped the modern understanding of nanoscale materials and phenomena.	–	-	5
	<b>Classification of nanomaterials according to dimensionality and composition</b> Comparative review of 0D, 1D, 2D, and 3D nanostructures and their specific properties.	-	-	5
2	<b>Surface modification and functionalization of nanomaterials.</b> Techniques for controlling surface chemistry to tailor reactivity, stability, and biocompatibility	2	–	–
	<b>Characterization of nanomaterials using modern analytical techniques.</b> Comparative study of electron microscopy, XRD, and spectroscopic methods in nanoscale analysis	–	–	5
	<b>Nanocatalysis mechanisms and structure-activity relationships.</b> Case studies of catalytic reactions involving metallic or metal oxide nanoparticles	2	2	5
	<b>Environmental and health aspects of nanomaterials.</b> Assessment of risks, toxicity, and strategies for safe design and sustainable application.	-	2	3
	<b>Applications of functional nanomaterials in renewable energy technologies.</b> Review of nanomaterials used in photocatalytic water splitting, fuel cells, and batteries	2	-	3
	<b>ВСЬОГО</b>	24	10	86

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

Лекції – **24 год.**

Лабораторні заняття – **8 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **86 год.**

## 9. Рекомендована література:

### Основна

1. Darwish, M. A., Abd-Elaziem, W., Elsheikh, A., & Zayed, A. A. (2024). Advancements in nanomaterials for nanosensors: a comprehensive review. *Nanoscale Advances*, 6(16), 4015-4046.
2. Boyko, V., Chornii, V., Nedilko, S., & Terebilenko, K. (2023). Luminescent converters based on nanocellulose +  $K_3Tb(PO_4)_2:Eu$  composite films. *Machinery & Energetics*, 14(2), 80-89. <https://doi.org/10.31548/machinery/2.2023.80>
3. Hizhnyi, Y., Borysiuk, V., Chornii, V., Suchocki, A., Terebilenko, K., Zhydachevskyy, Y., & Nedilko, S. (2025). Luminescent  $P_2O_5-MoO_3-Bi_2O_3-K_2O$  Glasses and Glass-Ceramics on Their Basis: Insights from Experimental and Computational Studies. *Journal of Composites Science*, 9(3), 113.
4. Vaidyanathan, A., Mondal, B., Rout, C. S., & Chakraborty, B. (2024). Plasmonic gas sensors based on nanomaterials: mechanisms and recent developments. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 57(26), 263002.
5. Michałowska, A., & Kudelski, A. (2024). Plasmonic substrates for biochemical applications of surface-enhanced Raman spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 308, 123786.
6. Poonia, K., Nguyen, T. T. H., Singh, P., Ahamad, T., Thakur, S., Nguyen, V. H., ... & Raizada, P. (2024). Ni-based plasmonic photocatalysts for solar to energy conversion: a review. *Molecular Catalysis*, 561, 114166.
7. Ahmad, I., Kedhim, M., Jadeja, Y., Sangwan, G., Kashyap, A., Shomurotova, S., ... & Javahershenas, R. (2025). A comprehensive review on carbonylation reactions: catalysis by magnetic nanoparticle-supported transition metals. *Nanoscale Advances*, 7(11), 3189-3209.
8. Saini, P., Jampaiah, D., Periasamy, S., Kulkarni, A. P., & Bhargava, S. K. (2025). Advances in ammonia decomposition catalysis: a comprehensive analysis of nanoparticle, single-atom, and metal cluster catalysts. *Chemical Communications*, 61(33), 6027-6054.
9. Tang, Y., Hou, M., He, Q., & Luo, G. (2025). Designing Bimetallic Nanoparticle Catalysts via Tailored Surface Segregation. *Nano Letters*, 25(6), 2459-2465.
10. OMER, R. A., Sdiq, A., Qader, A. F., Salih, M., Abdulkareem, E., Ismail, H., ... & Raheja, U. (2025). Organometallic nanoparticles: Catalysts for sustainable chemistry and advanced nanotechnology. *Chemical Review and Letters*, 8(3), 612-627.
11. Lee, Bowon, Yunjung Lee, Nohyun Lee, Dokyoon Kim, and Taeghwan Hyeon. "Design of oxide nanoparticles for biomedical applications." *Nature Reviews Materials* 10, no. 4 (2025): 252-267.

### 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. Wang X. et al. Inorganic nanomaterials with rapid clearance for biomedical applications //Chemical Society Reviews. – 2021. – Т. 50. – №. 15. – С. 8669-8742.

3. Gang Chen, Yong Wang, Li Huey Tan, J. AM. CHEM. SOC. 2009, *131*, 4218–4219
4. Liu P., Williams J. R., Cha J. J. Topological nanomaterials //Nature Reviews Materials. – 2019. – T. 4. – №. 7. – C. 479-496.
5. Mamidi, N., Delgadillo, R. M., Sustaita, A. O., Lozano, K., & Yallapu, M. M. (2025). Current nanocomposite advances for biomedical and environmental application diversity. *Medicinal Research Reviews*, *45*(2), 576-628.
6. Roy, A., Afshari, R., Jain, S., Zheng, Y., Lin, M. H., Zenkar, S., ... & Annabi, N. (2025). Advances in conducting nanocomposite hydrogels for wearable biomonitors. *Chemical Society Reviews*.
7. Chen, G., Zhu, H., Liu, G., Liu, G., & Jin, W. (2025). Confinement effects and manipulation strategies of nanocomposite membranes towards molecular separation. *Angewandte Chemie International Edition*, *64*(4), e202418649.
8. Vinodhini, S. P., Xavier, J. R., & Priyadharshini, A. (2025). A review on flame retardant, anticorrosion, and mechanical properties of multifunctional polymer nanocomposite coatings for industrial applications. *Progress in Organic Coatings*, *206*, 109361.
9. Mu, Z., Sun, Y., Qin, J., Shen, Z., Liang, G., Zou, J., ... & Xie, P. (2025). Flexible carbon nanocomposite fabric with negative permittivity property prepared by electrostatic spinning. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, *8*(1), 1-13.
10. Shankar, S., Jaiswal, L., & Rhim, J. W. (2025). Gelatin-based nanocomposite films: Potential use in antimicrobial active packaging. In *Antimicrobial food packaging* (pp. 461-472). Academic Press.
11. Ibarra-Ramírez, E., Montes, M., Urrutia, R. A., Reginensi, D., Segura González, E. A., Estrada-Petrocelli, L., ... & Molino, J. (2025). Metallic nanoparticles applications in neurological disorders: a review. *International Journal of Biomaterials*, *2025*(1), 4557622.
12. Kirubakaran, D., Wahid, J. B. A., Karmegam, N., Jeevika, R., Sellapillai, L., Rajkumar, M., & SenthilKumar, K. J. (2025). A comprehensive review on the green synthesis of nanoparticles: advancements in biomedical and environmental applications. *Biomedical Materials & Devices*, 1-26.
13. Aggarwal, R., Sheikh, A., Akhtar, M., Ghazwani, M., Hani, U., Sahebkar, A., & Kesharwani, P. (2025). Understanding gold nanoparticles and their attributes in ovarian cancer therapy. *Molecular Cancer*, *24*(1), 88.
14. Laib, I., Gheraissa, N., Benaissa, A., Benkhira, L., Azzi, M., Benaissa, Y., ... & Barhoum, A. (2025). Tailoring innovative silver nanoparticles for modern medicine: The importance of size and shape control and functional modifications. *Materials Today Bio*, 102071.
15. Aggarwal, R., Sheikh, A., Akhtar, M., Ghazwani, M., Hani, U., Sahebkar, A., & Kesharwani, P. (2025). Understanding gold nanoparticles and their attributes in ovarian cancer therapy. *Molecular Cancer*, *24*(1), 88.