

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ТА НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ім.В.І.ВЕРНАДСЬКОГО

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою Інституту загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України
протокол № 8
від «04» вересня 2025 року

Голова Вченої ради Інституту


Сергій СОЛОПАН



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)

Фізична хімія наноматеріалів

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти: **Третій (освітньо-науковий)**

Галузь знань: **10 Природничі науки**

Спеціальність: **102 Хімія**

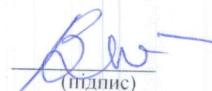
Освітньо- наукова програма: **Неорганічна і координаційна хімія, фізична хімія, електрохімія**

Київ
2025

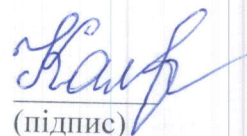
Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична хімія наноматеріалів» - Київ,
2025 – 9 с.

РОЗРОБНИКИ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

ОГЕНКО Володимир Михайлович, провідний науковий співробітник відділу фізико-неорганічної хімії ІЗНХ ім. В.І. Вернадського НАН України, член-кореспондент НАН України, доктор хімічних наук, професор


(підпис)

ТЕРЕБІЛЕНКО Катерина Володимирівна, доцент кафедри неорганічної хімії хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук, доцент


(підпис)

Погоджено із гарантом ОНП



Анатолій ОМЕЛЬЧУК

Програму затверджено на засіданні Вченої ради Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України протокол № 8 від «04» вересня 2025 року

Вчений секретар Інституту



Людмила ЛИСЮК

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
2. Загальна кількість: кредитів – 2 годин – 60 змістових модулів – 2	Обов'язкова дисципліна
	Рік підготовки – 2 курс
	Лекції - 16
	Практичні - 8
	Консультації - 4
	Самостійна робота - 32
	Форма підсумкового контролю: екзамен

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета формування у молодих дослідників сучасного рівня знань в області фізичної хімії наноматеріалів, освоєння фундаментальних основ розвитку хімічних нанотехнологій; ознайомлення з сучасними методами дослідження електронної будови атомів, молекул і кластерів, визначення кінетичних характеристик процесів, встановлення механізмів хімічних реакцій, в тому числі, самоорганізації речовини під дією поля тощо.

Завдання Освоєння теоретичних основ фізичної хімії широкого кола неорганічних, композитних і гібридних наноматеріалів, ключових принципів дизайну функціональних речовин і методів їх дослідження. Підготовка аспірантів до науково-дослідницької діяльності, пов'язаної з розвитком фізико-хімічних основ конструювання нових сполук та композитних речовин із оптимальним поєднанням функціональних властивостей; ознайомлення з сучасними методами дослідження і контролю механізмів фізичних та хімічних трансформацій речовини. Оволодіння навичками теоретичного аналізу результатів експериментальних досліджень. Засвоєння методів планування експерименту й обробки результатів, узагальнення й систематизування літературних даних і самостійно одержаної в ході досліджень інформації.

Предмет дисципліни: наноматеріали

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей:**

а) загальних (ЗК):

ЗК1, Зк4, ЗК5, ЗК6, ЗК8.

б) спеціальних/фахових (СК/ФК):

СК1, СК3, СК4, Ск7, СК9, СК13, СК14.

Програмні результати навчання (**ПРН**): ПРН 2, ПРН 3, ПРН 7, ПРН 15, ПРН 16, ПРН 20.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати: особливості механізмів формування нуль-, одно-, дво- і три-вимірних наноструктур неорганічної, органічної та полімерної природи; вплив складу й структури наноматеріалів та їх окремих компонентів на спектральні, фотохімічні, електрохімічні, каталітичні та інші функціональні властивості; основи

контрольованого росту, стабілізації й агрегації композитних наносистем; мати уявлення про можливості практичного застосування наноматеріалів: у медицині, альтернативній енергетиці, сенсорних пристроях тощо.

вміти: використовувати набуті фізико-хімічні знання для виконання стратегічних і поточних завдань у широкому діапазоні робочих ситуацій та повсякденному житті.

Міждисциплінарні зв'язки.

Аспірант з даної дисципліни повинен мати базові знання з неорганічної хімії та електрохімії. Для вивчення даної дисципліни необхідно мати вищу освіту з вивченням курсу фізичної хімії або хімічної фізики для хімічних спеціальностей.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Наноматеріали: класифікація та методи одержання

Тема 1. Класифікація наноматеріалів. Сучасна парадигма створення новітніх технологій на основі наноструктурованих та композитних матеріалів.

Тема 2 . Методи синтезу. Самозбірка та самоорганізація наноструктур. Класифікація методів одержання наносистем. Диспергаційні методи. Морфологія наноструктур. Особливості синтезу 0D, 1D та 2D наносистем. Методи фракціонування наносистем. Методика «пара – рідина – кристал» для одержання нановіскерів діелектриків та напівпровідників. Синтез наносистем з емульсій: перспективи та виклики.

Тема 3 Мікроскопічні та дифракційні методи дослідження наноматеріалів. Робота з віртуальним електронним мікроскопом. Техніка підготовки зразків та особливості їх вивчення за допомогою сканувального та просвічуючого електронного мікроскопа. Практика використання рентгенфлуоресцентного аналізу

Змістовий модуль 2. Сучасні наноматеріали в науці та техніці

Тема 1 Метод хімічного осадження з газової фази (chemical vapor decomposition, CVD) для одержання вуглецевих композитних наноматеріалів.

Тема 2. Розмірні ефекти в нанотехнологіях: принципи застосування в низькорозмірних напівпровідникових матеріалах, дизайні нанокаталізаторів. Низькорозмірні вуглецеві наноматеріали. Вуглецеві нанотрубки: методи одержання та застосування в електроніці. Фулерени: історія розвитку уявлень про їх будову, способи одержання та застосування. Графен, оксид графену та відновлений оксид графену: виклики та досягнення. Вуглецеві квантові точки: нова ера напівпровідникових люмінесцентних квантових точок. Аерогелі на основі оксидних, вуглецевих та металічних наносистем. Токсичність наноматеріалів: історія та сучасність. Максени: фізико-хімія нових неорганічних двовимірних наноматеріалів. Наномедицина та нанокосметологія. Фотодинамічна терапія. Успіхи українських вчених в дизайні нових поліфункціональних наноматеріалів.

4. Теми лекційних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
--------	------------	-----------------

1	Класифікація наноматеріалів. Сучасна парадигма створення новітніх технологій на основі наноструктурованих та композитних матеріалів.	2
2	Класифікація методів одержання наносистем. Диспергаційні методи.	2
3	Самозбірка та самоорганізація наноструктур.	2
4	Морфологія наноструктур. Особливості синтезу 0D, 1D та 2D наносистем. Методи фракціонування наносистем.	2
5	Методика «пара – рідина – кристал» для одержання нановіскерів діелектриків та напівпровідників.	2
6	Розмірні ефекти в нанотехнологіях: принципи застосування в низькорозмірних напівпровідникових матеріалах, дизайні нанокаталізаторів.	2
7	Низькорозмірні вуглецеві наноматеріали. Вуглецеві нанотрубки: методи одержання та застосування в електроніці. Фулерен та графен.	2
8	Області застосування наноматеріалів. Токсичність наноматеріалів: історія та сучасність.	2

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Мікроскопічні та дифракційні методи дослідження наноматеріалів. Робота з віртуальним електронним мікроскопом. Техніка підготовки зразків та особливості їх вивчення за допомогою сканувального та просвічуючого електронного мікроскопа.	2
2	Практика використання рентгенфлуоресцентного аналізу	2
3	Вуглецеві квантові точки: нова ера напівпровідникових люмінесцентних квантових точок.	2
4	Токсичність наноматеріалів: історія та сучасність.	2
5	Успіхи українських вчених в дизайні нових поліфункціональних наноматеріалів.	2

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

8. Самостійна робота

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація та методи синтезу наноб'єктів.	4
2	Синтез наносистем з емульсій: перспективи та виклики.	4
3	Вплив температури на форму та розмір часток. Взаємозв'язок розміру частинок з їх оптичними властивостями. Особливості електрохімічної поведінки нанорозмірних частинок. Вплив розміру часток на їх механічні властивості.	4
4	Фулерени. Методи синтезу фулеренів. Структура та хімічні властивості. Фулеренові адукти. Області застосування фулеренів.	4
5	Графен, оксид графену та відновлений оксид графену: виклики та досягнення.	4
6	Аерогелі на основі оксидних, вуглецевих та металічних наносистем.	4
7	Максени: фізико-хімія нових неорганічних двовимірних наноматеріалів.	4
8	Наномедицина та нанокосметологія. Фотодинамічна терапія.	4

9. Форми контролю і методи оцінювання (у т.ч. критерії оцінювання результатів навчання)

Діагностика успішності навчання аспірантів під час проведення лекційних та практичних занять:

- участь в обговоренні дискусійних питань (2-5 балів)
- доповіді, презентації на запропоновані теми практичних занять (10-20 балів).

10. Питання для підсумкового контролю

1. Одержання наносистем за принципом «top down» та «bottom-up».
2. Одержання наноматеріалів механічною дією різних середовищ: кавітаційно-гідродинамічний спосіб, вібраційний спосіб, подрібнення ультразвуком, спосіб ударної хвилі або детонаційний синтез.
3. Особливості хімічних методів одержання наночастинок та наноматеріалів: осадження, відновлення, гідроліз.
4. Плазмохімічний метод синтезу наноматеріалів: технологічна реалізація, можливості та недоліки методу.
5. Біохімічні методи одержання наноматеріалів.
6. Метод епітаксії в технології наноматеріалів. Молекулярно-пучкова епітаксія.
7. Золь-гель та темплатний синтез.
8. Історичні етапи становлення нанонауки. Її зв'язок з іншими галузями.
9. Місце наноструктур на розмірній шкалі речовинних утворень.
10. Об'єкти нанохімії.
11. Класифікація наноматеріалів та наносистем.
12. Розмірні ефекти в наносистемах.

13. Особливі властивості речовини в нанометровому діапазоні розмірів. Причини їх виникнення.
14. Оптичні властивості металічних наночастинок.
15. Явище плазмонного резонансу. Поверхневий плазмонний поляритон. Гігантське комбінаційне розсіювання світла.
16. Вплив дисперсності на температуру фазових перетворень. Рівняння Гіббса-Томсона.
17. Вплив дисперсності на приріст енергії Гіббса, зміну хімічного потенціалу та розчинність твердого тіла.
18. Вплив дисперсності на механічні та магнітні властивості наноматеріалів.
19. Мікроскопічні методи дослідження нанооб'єктів. Типи мікроскопів та їх можливості.
20. Електронна мікроскопія як метод дослідження наноматеріалів. Просвічуюча електронна мікроскопія: принцип дії, можливості та обмеження методу.
21. Електронна мікроскопія як метод дослідження наноматеріалів. Скануюча електронна мікроскопія: принцип дії, можливості та обмеження методу.
22. Особлива роль Карбону у наносвіті. Основні алотропні форми Карбону (алмаз, графіт, карбін). Їх характеристика.
23. Графен: методи синтезу, властивості, застосування
24. Фулерени: структура, властивості, методи одержання та області застосування.
25. Карбонові нанотрубки: структура, властивості, методи одержання та області застосування.
26. Наноструктури на основі неорганічних сполук. Манганіти.
27. Магнітні наноматеріали. Феромагнітні рідини: властивості, способи одержання та застосування.
28. Наноматеріали в електрохімічних процесах і виробництвах.
29. Застосування наночастинок в каталізі.
30. Нанодисперсні системи в косметичній галузі.
31. Біодобавки, як нанокомпозити.
32. Особливості застосування наночастинок в різних галузях промисловості.
33. Максени, властивості. Явища «гігантського» і «колосального» магнетоопору.
34. Наночастинки в медицині.
35. Наноелектромеханічні системи: наномашини та нанопристрої
36. Нанотехнології в побуті.
37. Наноенергетика. Можливості використання нанотехнологій для створення паливних елементів та пристроїв для зберігання енергії.
38. Перспективи нанотехнології у військовій справі.

11. Розподіл балів

Форма для іспиту

Поточний та періодичний контроль		Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2		
30	30	40	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	Fx	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Рекомендована література

Основна

1. Тереміленко К.В., Огенко В.М. Нанохімія та нанотехнології (для студентів хімічних та технічних спеціальностей) / Київ – Ліра К – 2020 - 145с.
2. Baig N., Kamakakam I., Falath W. Nanomaterials: A review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges //Materials Advances. – 2021. – Vol. 2. – №. 6. – P. 1821-1871.
3. Kolahalam L. A. et al. Review on nanomaterials: Synthesis and applications //Materials Today: Proceedings. – 2019. – Vol. 18. – P. 2182-2190.
4. Локальні методи досліджень [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / Загородній В.В.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6.40 Мбайт) – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 323 с

Додаткова

1. Проценко І. Ю., Наноматеріали і нанотехнології в електроніці. – Суми : Сумський державний університет, 2017 – 155 с
2. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснев В. М., Воєводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболь О. В., Удовицький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с
3. С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огенко, О.В. Решетняк. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали. – Київ, Наукова думка, – 2008. – 424 с.

4. Pierre A. C., Pajonk G. M. Chemistry of aerogels and their applications //Chemical Reviews. – 2002. – Vol. 102. – №. 11. – P. 4243-4266.
5. Tan, C., Cao, X., Wu, X. J., He, Q., Yang, J., Zhang, X., Zhang, H. (2017). Recent advances in ultrathin two-dimensional nanomaterials. *Chemical reviews*, 117(9), 6225-6331.
6. Kokila G. N., Mallikarjunaswamy C., Ranganatha V. L. A review on synthesis and applications of versatile nanomaterials //Inorganic and Nano-Metal Chemistry. – 2022. – P.1-30.
7. Cho K. W. et al. Soft bioelectronics based on nanomaterials //Chemical Reviews. – 2021. –Vol. 122. – №. 5. – P. 5068-5143.
- 8 Smith B. R., Gambhir S. S. Nanomaterials for in vivo imaging //Chemical reviews. – 2017.– Vol. 117. – №. 3. – P. 901-986.
9. Chen, Y., Fan, Z., Zhang, Z., Niu, W., Li, C., Yang. Two-dimensional metal nanomaterials: synthesis, properties, and applications //Chemical reviews. – 2018. – T. 118. – №. 13. – C. 6409-6455.