

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізичної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



**В.о. заступника декана
з навчальної роботи**

Наталія УСЕНКО

« 4 » 06 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАНОСИСТЕМИ В СЕНСОРИЦІ, АДСОРБЦІЇ ТА КАТАЛІЗІ

для здобувачів освіти

галузь знань	Е Природничі науки, математика і статистика
спеціальність	ЕЗ Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: д.х.н., проф., професор, Олексенко Л.П.

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ - 2025

Олексенко Людмила Петрівна, д.х.н., професор, кафедра фізичної хімії _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри фізичної хімії



Олександр ПОЇК

Протокол № 12 від « 11 » квітня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «8» _____ травня _____ 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії _____  Олександр ПОЇК

« 8 » _____ травня _____ 2025 року

1. Мета дисципліни – формування у студентів цілісної системи знань з фізичної хімії наносистем і процесів, що перебігають за їх участю; ознайомлення студентів із сучасними методами одержання наноматеріалів, із особливостями їх класифікації, будови, з унікальними властивостями наносистем та надання студентам практичних навичок роботи з сенсорними наноматеріалами.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни – володіти знаннями з основ синтезу хімічних сполук різної хімічної природи та базовими знаннями з університетських курсів фізики, вищої математики, фізичної хімії та колоїдної хімії на рівні бакалаврату.

3. Анотація навчальної дисципліни: В курсі "Наносистеми в сенсоріці, адсорбції та каталізі" викладаються основні закономірності формування наносистем, особливості їх класифікації, сучасні методи їх одержання, вивчення морфології і фізико-хімічних властивостей наносистем на основі металів, оксидів, вуглецевих матеріалів тощо. Викладаються методи одержання напівпровідникових наноматеріалів та вплив умов їх формування на сенсорні і адсорбційно-каталітичні властивості; методи модифікування наноматеріалів з метою одержання високоактивних каталізаторів і високочутливих та швидкодіючих адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів; принцип дії сенсорів та механізм формування їх чутливості, фізико-хімічні методи дослідження наноматеріалів та основних параметрів сенсорів, створених на їх основі.

4. Завдання (навчальні цілі):

- Сформувати у студента чітке уявлення про особливості класифікації наносистем, методи їх одержання та впливу розмірного фактора на сенсорні і адсорбційні властивості наноматеріалів та їх каталітичну активність.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення фахової компетентності випускника ФК8.5.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 - знати; 2 - вміти; 3 - комунікація; 4 - автономність та відповідальність)		Форма викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні закономірності формування наносистем, сучасні підходи до їх класифікації та методів одержання	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційна модульна контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, залік	10
1.2	Знати основні фізичні і хімічні методи одержання і формування нанорозмірних матеріалів, їх переваги і недоліки, залежність розміру частинок наносистем від зовнішніх факторів, особливостей методик, вихідних речовин та ряду інших факторів.	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційна модульна контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних	10

			лабораторних робіт, залік	
1.3	Знати основні експериментальні сучасні фізико-хімічні методи дослідження матеріалів та особливості застосування їх до наноматеріалів.	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційна модульна контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, реферат та усна доповідь з презентацією, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку, залік	10
1.4	Знати методи дослідження морфології і термічних умов формування наноматеріалів та підходи для обробки результатів для одержання гістограм розподілу частинок за розміром	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Модульна контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт, оцінювання літературного пошуку та статті, залік	
1.5	Знати сучасні методи вимірювання характеристик сенсорів, створених на основі наноматеріалів та існуючі підходи до описання процесу формування чутливості адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт, оцінювання літературного пошуку для реферату та статті, залік	10
2.1	Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих наноматеріалів, вміти здійснювати літературних пошук по стану впровадження та	Лекції, лабораторні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних	10

	дослідження відомих сенсорних наноматеріалів по наукометричним та патентним базам,	літератури.	практичних робіт, залік	
2.2	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних досліджень сенсорних наноматеріалів з каталітично-активними добавками, проводити критичний аналіз отриманих даних	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт, залік	5
2.3	Планувати, організовувати та проводити лабораторні дослідження газочутливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням сучасних методів	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт	5
2.4	Виконувати обробку результатів дослідження морфології, складу та газочутливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням різних підходів.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт	5
3.1	Володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами і цільовою аудиторією, презентувати результати свого дослідження. Вміти обговорювати з викладачем та колегами отримані дані	Лабораторні роботи	Реферат та усна доповідь з презентацією, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт	5
3.2	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для спілкування, обміну та інтерпретації даних.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, реферат та усна доповідь з презентацією	5
4.1	Вміти виконувати експеримент, вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Лабораторні роботи, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт	5
4.2	Уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, реферат та усна доповідь з презентацією	5
4.3	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за власні	Лабораторні, самостійні	Перевірка завдань самостійної роботи,	5

судження та результати.	роботи	захист наукової статті на основі літературного пошуку та даних практичних робіт	
-------------------------	--------	---	--

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання

Програмні результати навчання (назва)	Результати навчання дисципліни(код)														
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	
ПРН13.5. Використовувати набуті знання та вміння для формування нових гіпотез на основі експериментальних даних та моделювання термодинамічних та кінетичних даних.	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
ПРН14.5. Встановлювати та інтерпретувати взаємозв'язок між складом, будовою та фізико-хімічними властивостями сполук та матеріалів.										+	+	+	+	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота (дистанційно) - РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5 – 20/12 балів.
2. Лабораторні роботи 1 - 2: РН 1.2 – РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 3.1, РН 3.2, РН 4.1, РН 4.2, РН 4.3 – 20/12 балів.
3. Літературний пошук (дистанційно): РН 1.2 – РН 1.5, РН 3.1, РН 3.2, РН 4.2 – 20/12 балів.
4. Реферат і презентація на задану тему: РН 1.3 – РН 1.5, РН 3.2, РН 4.2 – 20/12 балів.
5. Літературний пошук по сенсорним наноматеріалам, аналіз та узагальнення сукупності експериментальних даних, отриманих в лабораторних роботах, та їх оформлення у вигляді наукової статті до фахового хімічного журналу: РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 3.1, РН 4.1, РН 4.3 – 20/12 балів.

- Підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання (дистанційно та під час проведення аудиторних занять; оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час заліку. Обов'язковим для отримання позитивної підсумкової оцінки (60 балів і вище та «зараховано») є відпрацювання практичних робіт, виконання обов'язкової самостійної роботи (написання реферату по наноматеріалам та написання статті на основі літературного пошуку та аналізу даних, отриманих в лабораторних роботах). Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

Студент допускається до заліку, якщо протягом семестру він

виконав усі обов'язкові види робіт, що передбачені навчальним планом з курсу "Наносистеми в сенсориці, адсорбції та каталізі", а саме: написав модульну контрольну роботу, написав реферат та зробив доповідь з презентацією за індивідуальною темою;

виконав лабораторні роботи, вчасно опрацював і проаналізував одержані експериментальні дані, зробив літературний пошук по сенсорним наноматеріалам та оформив їх у вигляді наукової статті.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Модульна контрольна робота проводиться дистанційно. Оцінювання обов'язкових самостійних робіт (літературного пошуку та реферату по наноматеріалам) проводиться упродовж семестру після виконання цих видів робіт. Оцінювання наукової статті по сенсорним наноматеріалам проводиться після завершення лабораторних робіт. Оцінювання лабораторних робіт здійснюється при оцінюванні наукової статті, яка оформлюється студентом після виконання лабораторних робіт та проведення літературного пошуку по сенсорним наноматеріалам.. Реферат та презентацію студенти готують на основі літературного пошуку по наноматеріалам.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни “Наносистеми в сенсоріці, адсорбції та каталізі“. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
«Нанокластери і наносистеми, їх організація. Взаємодія та класифікація нанорозмірних структур. Методи одержання наноматеріалів.»				
1	Лекція. Наноматеріали та нанотехнології. Критерії існуючих класифікацій наночастинок та нанорозмірних структур. Кластерні сполуки металів з різним розміром, різною кількістю атомів у кластері і кількістю внутрішніх шарів у частинці та їх зв'язок з ультрадисперсними металічними частинками. Типи металічних частинок. Нанокластери і наносистеми, їх взаємодія. Нанокластерні сполуки, їх організація з утворенням різних структур та їх властивості.	1		6
2	Лекція. Двобазисна характеристика нанорозмірних структур – за нанобазисом та топологією. Основні типи структур неpolімерних наноматеріалів за Глейтлером - типи структури за хімічним складом, розподіленням фаз і формою. Методи одержання кластерів - молекулярних лігандних кластерів, газофазних безлігандних кластерів, колоїдних кластерів і наносистем, твердотільних кластерів, матричних кластерів та наноплівки.	2		5
3	Самостійна робота. Фізичні методи одержання наносистем, газофазний синтез (випаровування – конденсація). Утворення зародків в одержанні наноматеріалів. Класична теорія зародкоутворення. Розмір критичного зародку та рівноважна робота його утворення в гомогенному середовищі.			10
4	Лабораторна робота 1. Синтез нанорозмірного діоксиду олова золь-		1	10

	гель методом. Самостійна робота. Хімічні методи одержання наносистем - термічний розклад, золь-гель синтез, механосинтез. Переваги хімічних методів синтезу наносистем. Властивості наносистем. Вплив нанорозмірності на фізико-хімічні властивості наносистем.			
5	Проведення літературного пошуку. Підготовка реферату та презентації після самостійного опрацювання рекомендованої літератури			10
«Наносистеми, їх властивості, застосування наноматеріалів для створення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів»				
5	Лекція. Застосування наноматеріалів в адсорбції, каталізі та при створенні сенсорів газів. Основні типи сенсорів. Адсорбційно-напівпровідникові сенсори газів. Типи, будова та основні параметри напівпровідникових сенсорів газів (H ₂ , CO, CH ₄ та ін.). Основні характеристики сенсорів – чутливість, швидкодія, робоча температура, селективність.	1		5
6	Лабораторна робота 2. Визначення основних параметрів сенсорів.		1	
7	Самостійна робота. Методи отримання матеріалів газочутливого шару сенсорів та введення каталітично-активних добавок. Вплив природи добавок на характеристики сенсорів. Сенсорні напівпровідникові матеріали - хімічний склад чутливого шару сенсорів на основі нанорозмірного діоксиду олова, допованого металами платинової групи і оксидами металів ті особливості їх дії.			10
8	Самостійна робота. Сучасні фізико-хімічні методи дослідження наноматеріалів. Застосування методів рентгенофазового аналізу (РФА), трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ), скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) для дослідження морфології наноматеріалів, їх топології та фазового складу.			10
9	Самостійна робота: Застосування методів ДТА-ДТГ, ЕСДВ, РФЕС, ТПВ Н ₂ - для дослідження температурних умов формування нанорозмірних адсорбентів, каталізаторів та сенсорних напівпровідникових оксидних наноматеріалів, стану і складу поверхневого шару наноматеріалів, характеристики їх реакційної здатності при визначенні здатності до відновлення активних центрів їх поверхні.			10
10	Лекція. Формування величини електричного опору у повітрі та у газо-повітряній суміші сенсорів, що створені на основі напівпровідникових матеріалів. Вплив кількості хемосорбованого кисню на процес формування провідності адсорбційно-напівпровідникових сенсорів. Особливості процесів формування провідності адсорбційно-напівпровідникових сенсорів, що створені на основі наноматеріалів.	2		10
11	Самостійна робота. Роль адсорбційних та каталітичних процесів в механізмі чутливості до різних газів напівпровідникових сенсорів, що створені на основі наноматеріалів. Механізм дії адсорбційно-напівпровідникових сенсорів Каталітичні перетворення в чутливому шарі адсорбційно-напівпровідникових сенсорів та механізм їх дії. Вплив нанорозмірного фактору на механізм чутливості сенсорів. Проблема підвищення селективності сенсорів газів та способи її вирішення.			10
12	Підготовка наукової статті по сенсорним матеріалам та її захист.			16

	Модульна контрольна робота			
	Всього	6	2	112

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – 6 год.

Практичні роботи – 2 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 112 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Олексенко Л.П., Максимович Н.П., Матушко І.П. Адсорбційно-напівпровідникові сенсори газів. Навчальний посібник.–Київ: ВПЦ «Київський університет».– 2016.– 111 с.
2. Олексенко Л.П., Максимович Н.П., Матушко І.П., Федоренко Г.В. Газові сенсори та застосування наноматеріалів у сенсоріці. Навчальний посібник. – Київ: ВПЦ «Київський університет». – 2019. – 143 с.
3. Poole C.P., Owens F.J. Introduction to Nanotechnology. – US: Wiley InterScience. – 2003. – 336 p.
4. Фреїк Д.М., Яцишин Б.П. Технологічні аспекти нанокластерних і нанокристалічних структур // Фізика і хімія твердого тіла. –2007. – Т.8. – №1. – С. 7–24.
5. Кунтий О., Яцишин М., Зозуля Т., Добровецька О., Решетняк О. Електрохімічний синтез металевих наночастинок і нанокompозитів. Монографія. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка». – 2019. – 288 с.
6. Кунтий О. Електрохімія та морфологія дисперсних металів. Монографія. Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка». – 2019. – 288 с.
7. Сахненко М.Д., Овчаренко О.О., Ведь М.Д. Металоксидні нанокompозити: електрохімічний синтез і властивості. Монографія. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". - Харків : Панов А. М. [вид.], –2019. – 145 с.
8. Yamazoe N., Kurokawa Y., Seiyama T. Effects of additives on semiconductor gas sensors //Sensors and Actuators B. Chemical. – 1993. – № 4. – P. 283–289.
9. Xu C., Tamaki J., Miura N. et al. Grain size effects on gas sensitivity of porous SnO₂-based elements // Sensors and Actuators B. Chemical. – 1991. – № 3. – P. 147–155.
10. Yamazoe N., Miura N. Some basic aspects of semiconductor gas sensors // Chem. Sens. Technol. – 1992. – № 4. – P. 30.
11. Shukla S., Seal S. Theoretical model for nanocrystallite size dependent gas sensitivity enhancement in nanocrystalline tin oxide sensor//Sensor Letters. – 2004. – № 2(1). – P.73–77.
12. Barsan N., Schweizer-Berberich M., Gopel W. Fundamental and practical aspects in the design of nanoscaled SnO₂ gas sensors: a status report // Fresenius Journal of Analytical Chemistry. – 1999. – № 365 (4). – P. 287–304.

Додаткові:

13. Капустяник В. Нанофероїки – нові ефекти, властивості, можливості // Журнал фізичних досліджень. – 2013. – т.17. – № 1. – С.1702–1724.
14. Павлиго Т.М., Сердюк Г.Г., Баглюк Г.А. Терміни та визначення в галузі наноматеріалів і нанотехнологій у стандартах Міжнародної організації зі стандартизації //Наноструктурне матеріалознавство. – 2012. – № 3. – С. 72–77.
15. Гарбуз Г.Г., Херовимчук Л.С., Петрова В.А., Яковлев О.М., Щербицька О.В. Особливості класифікації наноматеріалів // Наноструктурне матеріалознавство. – 2012. – № 3. – С. 77–83.