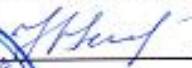


**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра фізичної хімії**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

 **Наталія УСЕНКО**

« 06 » 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НАНОСИСТЕМИ В СЕНСОРИЦІ, АДСОРБЦІ ТА КАТАЛІЗІ**

для здобувачів освіти

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: проф. Олексенко Людмила Петрівна

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

КИЇВ – 2022

Розробник: Олексенко Людмила Петрівна, д. х. н., проф., професор кафедри фізичної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри фізичної хімії

 Ігор ФРИЦЬКИЙ

Протокол № 6 від « 02 » травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 29 » червня 2022 року № 7

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« _____ » _____ 2022 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 сенсориці, 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): дисципліна спрямована на формування знань та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК1); здатності вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК2); здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК4); здатності використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК7); здатності до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел (ЗК14); здатності використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ (ФК1); здатності організувати, планувати та реалізувати хімічний експеримент (ФК3); здатності інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження (ФК4); здатності здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх з уже наявними (ФК6); здатності обирати оптимальні методи та методики дослідження (ФК9).

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, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, іспит	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, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт, іспит	10

1.3	Знати основні експериментальні сучасні фізико-хімічні методи дослідження матеріалів та особливості застосування їх до наноматеріалів.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією, іспит	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, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт, іспит	10
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, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт, іспит	10
2.1	Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих наноматеріалів	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт, іспит	10
2.2	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних досліджень сенсорних наноматеріалів з каталітично-активними добавками	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт, іспит	5
2.3	Планувати, організувати та проводити лабораторні дослідження газочувливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням сучасних методів	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт	5
2.4	Виконувати обробку результатів дослідження морфології, складу та газочувливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням різних підходів.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт	5
3.1	Володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами і цільовою аудиторією.	Самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	5
3.2	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для спілкування, обміну та інтерпретації даних.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	5
4.1	Брати на себе відповідальність за виконання експериментів	Лабораторні, самостійні	Перевірка завдань самостійної роботи,	5

		роботи	захист наукової статті на основі лабораторних робіт	
4.2	Уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	5
4.3	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за власні судження та результати.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист наукової статті на основі лабораторних робіт	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни(код)	Програмні результати навчання (назва)													
	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
P2. 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.	+	+	+											
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.			+	+	+	+				+			+	
P4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.						+						+	+	+
P10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.							+	+	+		+	+		+
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.							+		+		+			

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **60 балів/36 балів, а саме:**

1. Модульна контрольна робота: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.5 – 10/6 балів.**

2. Лабораторні роботи 1 - 6: РН 1.2, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 4.1, РН4.3 –**30/18 балів**.
3. Реферат і презентація на задану тему: РН 1.3, РН 3.1, РН 3.2, РН 4.2 – **10/6 балів**.
4. Аналіз та узагальнення сукупності експериментальних даних, отриманих в лабораторних роботах, та їх оформлення у вигляді наукової статті до фахового хімічного журналу: РН 1.2, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 4.1, РН 4.3 –**10/6 балів**.
5. Персональні завдання для написання реферату і підготовки презентації студенти отримують не пізніше, як за 3 тижні до закінчення семестру;

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **40 балів/24 бали**.

Результати навчання, які будуть оцінюватись: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2.

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: 4 тестових і 2 теоретичних завдання.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою, ніж 24 бали.

Студент допускається до іспиту, якщо протягом семестру він

набрав не менше, ніж 36 балів;

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 усі лабораторні роботи, вчасно опрацював і проаналізував одержані експериментальні дані та оформив їх у вигляді наукової статті.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Модульна контрольна робота: не раніше 3 тижня семестру;

Лабораторна робота № 1: виконується не раніше 4 тижня семестру;

Лабораторна робота № 2: виконується після виконання лабораторної роботи №1;

Лабораторна робота № 3: виконується після виконання лабораторної роботи №2;

Лабораторна робота № 4: виконується після виконання лабораторної роботи №3;

Лабораторна робота № 5: виконується після виконання лабораторної роботи №4;

Лабораторна робота № 6: виконується після виконання лабораторної роботи №5;

Персональні завдання для написання реферату і підготовки презентації студенти отримують не пізніше, як за 3 тижні до закінчення семестру;

Оцінювання наукової статті: після виконання всіх лабораторних робіт.

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни “Наносистеми в сенсориці, адсорбції та каталізі”.

Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	самостійна робота
Розділ 1 Нанокластери і наносистеми, їх організація. Взаємодія та класифікація нанорозмірних структур. Методи одержання наноматеріалів.				
1	Вступ. Тема 1. 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.	2		5
2	Тема 2. Типи металічних частинок. Нанокластери і наносистеми, їх взаємодія. Нанокластерні сполуки, їх організація з утворенням різних структур та їх властивості. Двобазисна характеристика нанорозмірних структур – за нанобазисом та топологією.	2		5
3	Тема 3. 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
4	Тема 4. 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.	2		5
5	Тема 5. Хімічні методи одержання наносистем - термічний розклад, золь-гель синтез, механосинтез. Переваги хімічних методів синтезу наносистем. Властивості наносистем. Вплив нанорозмірності на фізико-хімічні властивості наносистем.	2	1	10

Розділ 2. Наносистеми, їх властивості, застосування наноматеріалів для створення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів.

6	Тема 6. 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.	2		5
---	--	---	--	---

7	Тема 7. 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.	2	1	5
8	Тема 8. 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.	2	1	5
9	Тема 9. 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.	2	1	5
10	Тема 10. 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	1	5
11	Тема 11. 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.	2	1	5
	<i>Підсумкова контрольна робота</i>	2		
	ВСЬОГО	24	6	60

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекції – **24 год.**

Лабораторні заняття - **6 год**

Самостійна робота - **60 год.**

Рекомендована література.

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 сенсоричі. Навчальний посібник. – Київ: ВПЦ «Київський університет». – 2019. – 143 с.
3. Poole С.Р., 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 С., 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.

Додаткова література

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.