

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Хімічний факультет
Кафедра фізичної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора
з навчальної роботи
Павленко В.О.



« 8 » 05 2020 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НАНОСИСТЕМИ В СЕНСОРИЦІ,
АДСОРБЦІЇ ТА КАТАЛІЗИ

для студентів

галузі знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	“магістр”
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання **денна**

Навчальний рік **2019/2020**

Семестр **III**

(III семестр програми підготовки за ОР «магістр»)

Кількість кредитів ECTS **3 кредити**

Мова викладання, навчання та оцінювання **українська**

Форма заключного контролю **іспит**

Викладач: **Олексенко Людмила Петрівна**

Пролонговано: на **2020/2021** н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

на **2021/2022** н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2019

Розробник: **Олексенко Людмила Петрівна, проф., д.х.н., проф.**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізичної хімії



(Фрицький І.О.)

Протокол № 7 від 9.04.2019 року

Схвалено науково - методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 4 від "8" травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____ (Роїк О. С.)

« 8 » травня 2019 року

Протокол №від "....." 20__ року

Голова науково-методичної комісії _____ (Роїк О. С.)

« ____ » _____ 20__ року

Протокол №від "....." 20__ року

Голова науково-методичної комісії _____ (_____)

« ____ » _____ 20__ року

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з сучасними уявленнями щодо нанотехнологій та наноматеріалів, основами фізичної хімії наносистем та процесів, що перебігають за їх участю; формування у студентів цілісної системи знань по основним сучасним підходам та методам одержання наноматеріалів, особливостям їх класифікації, будови та унікальних властивостей наноматеріалів, відмінностям нанорозмірних систем від традиційних матеріалів та перевагам наносистем з метою їх подальшого застосування на практиці, ознайомлення із сучасними напрямками й методами досліджень і вироблення навичок застосування цих знань.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

- 1. Знати фізику, вищу математику та фізичну хімію на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».*
- 2. Володіти знаннями в галузі неорганічної, органічної, фізичної та колоїдної хімії, про поверхневі та адсорбційні явища у гетерогенних системах, що необхідні для розуміння будови речовин та хімізму процесів, що вивчаються.*
- 3. Знати основи синтезу сполук різної хімічної природи, фізичної хімії процесів, сучасних фізичних методів дослідження матеріалів на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».*
- 4. Вміти одержувати інформацію про розміри частинок наноматеріалів та їх структурні особливості на підставі аналізу даних фізичних методів дослідження.*
- 5. Знати та вміти застосовувати сучасні фізичні методи дослідження.*
- 6. Володіти практичними навичками роботи на базових лабораторних установках при фізико-хімічних дослідженнях на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія» та мати практичні навички по використанню сучасного устаткування.*

3. Анотація навчальної дисципліни.

В рамках курсу "Фізична хімія міжфазних явищ" розглядаються основні закономірності формування наносистем, сучасні підходи до їх класифікації, методи одержання, особливості будови, структурні та фізико-хімічні властивості наноматеріалів на основі металів, оксидів, вуглецевих матеріалів тощо. Викладаються особливості одержання напівпровідникових наноматеріалів та вплив умов їх формування на сенсорні характеристики, морфологію та адсорбційно-каталітичні властивості; сучасні методи модифікування наноматеріалів з метою одержання високоактивних каталізаторів і високочутливих та швидкодіючих адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів; принцип дії сенсорів та механізм формування їх чутливості, сучасні методи створення сенсорів на основі наноматеріалів та фізико-хімічні методи дослідження наноматеріалів та основних параметрів сенсорів, створених на їх основі.

4. Завдання (навчальні цілі): навчити розуміти основні закономірності утворення нанорозмірних матеріалів, формування наносистем, сучасні підходи до їх класифікації, методів одержання, особливості виявлення нанорозмірного ефекту в адсорбційних, каталітичних та сенсорних властивостях наноматеріалів; дати знання щодо особливостей будови, структурних та фізико-хімічних властивостей наноматеріалів на основі металів, оксидів, вуглецевих матеріалів та виявлення ними унікальних властивостей; навчити одержувати інформацію про характеристики наноматеріалів при вивченні їх адсорбційно-десорбційних властивостей; навчити одержувати інформацію про морфологію нанорозмірних матеріалів на підставі аналізу даних ТЕМ та РФА; дати знання щодо особливостей одержання даних при застосуванні основних експериментальних фізико-хімічних методів при дослідженні наноматеріалів; навчити розуміти особливості перебігу процесів за участю матеріалів з нанорозмірними часточками та експериментальні підходи до їх вивчення з метою їх подальшого застосування на практиці; навчити застосовувати знання про властивості наносистем для створення функціональних сенсорних наноматеріалів; дати знання по експериментальним підходам і основним фізико-хімічним експериментальним методам при створенні адсорбційно-напівпровідникових сенсорів, газочутливий шар яких містить нанорозмірні матеріали; дати знання щодо ролі адсорбційних та каталітичних процесів на поверхні нанорозмірних матеріалів в механізмі формування чутливості та провідності адсорбційно-напівпровідникових сенсорів; дати знання по фізико-хімічним характеристикам наносистем та ролі нанорозмірного фактору при зміні властивостей матеріалів; сформулювати практичні навички для використання сучасного устаткування та методів при вивченні наносистем.

5. Результати навчання за дисципліною:

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання поточний контроль (активність під час лабораторних робіт ПтК-1 та контроль самостійної роботи ПтК-2), підсумковий контроль ПсК	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1. Знання				
1.1	Знати основні закономірності формування наносистем, сучасні підходи до їх класифікації, та методів одержання	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.2	Знати основні фізичні і хімічні методи одержання і формування наноматеріалів, їх переваги і недоліки, залежність розміру частинок наносистем від зовнішніх факторів, особливостей методик, вихідних речовин та ряду інших факторів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.3	Знати основні сучасні експериментальні фізико-хімічні методи дослідження матеріалів та особливості застосування їх до наноматеріалів.	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	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	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10

1.5	Знати сучасні методи вимірювання характеристик сенсорів, створених на основі наноматеріалів та існуючі аідходи до описання процесу формування чутливості адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
2. Вміння				
2.1	Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих наноматеріалів.	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
2.2	Планувати, організовувати та проводити лабораторні дослід-ження газочутливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням сучасних методів.	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
2.3	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних досліджень сенсорних наноматеріалів з каталітично- активними добавками	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
2.4	Вміти інтерпретувати та відтворювати результати експерименту, виконувати обробку результатів дослідження морфології, складу та газочутливих властивостей сенсорних наноматеріалів з використанням різних підходів.	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5

3. Комунікація				
3.1	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для збору, аналізу, обробки та інтерпретації експериментальних даних; володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами та цільовою аудиторією	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
3.2	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання у співпраці з іншими виконавцями	лабораторні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4. Автономність та відповідальність				
4.1	Вміти самостійно фіксувати, аналізувати та інтерпретувати експериментальні дані, що стосуються структурно-адсорбційних властивостей твердих тіл; уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.2	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за виконання експериментів, власні судження та результати	лабораторні, самостійні	ПтК-2, ПсК	5
4.3	Дотримуватися правил наукової етики в процесі критичної обробки наявної та створенні нової інформації у галузі фізичної хімії міжфазних явищ	лабораторні, самостійні	ПтК-2, ПсК	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) із програмними результатами навчання (ПРН):

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
Знання														
Знати сталі наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+				+							+	
Знати та розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми.	+	+				+	+	+					+	
Знати методи синтезу та аналізу хімічних сполук.	+			+			+	+						
Знати методи комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем	+	+	+	+					+				+	
Знати методологію та організації наукового дослідження	+	+	+	+	+			+						
Знати іноземну мову на рівні B2									+	+	+	+	+	
Знати методологію процесів навчання й виховання, а також передові методи формування навичок організації самостійної роботи														
Уміння														
Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач незнайомої природи.						+	+							
Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців.										+	+			
Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних.	+												+	
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальну роботу самостійно та автономно.	+						+	+						
Проводити лабораторні процедури з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів.														
Виконувати обробку результатів досліджень з використанням спеціального програмного забезпечення.						+								
Обирати адекватні поставленій задачі методи комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем.							+							

7. Схема формування оцінки

Оцінка за дисципліну = Σ балів змістовних модулів + бали за іспит

7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання

- 1.1. активність під час лекції;
- 1.2. активність під час лабораторних занять;
- 1.3. виконання домашньої самостійної роботи;
- 1.4. написання модульної контрольної роботи;
- 1.5. написання тематичної контрольної роботи за результатами лабораторних робіт (статті);

- підсумкове оцінювання

іспит.

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

	Змістовний модуль 1		Змістовний модуль 2		Тематична контрольна робота	
	Min. – 15 балів	Max. – 25 балів	Min. – 15 балів	Max. – 25 балів	Min. – 6 балів	Max. – 10 балів
Усна відповідь	1	2	1	2		
Виконання домашньої самостійної роботи	1	3	1	3		
Виконання лабораторних робіт	9	12	9	12		
Модульна контрольна робота 1	4	8				
Модульна контрольна робота 2			4	8		
Тематична контрольна роботи (стаття)					6	10

До іспиту може бути допущений студент, який виконав усі обов'язкові види робіт, які передбачаються навчальним планом з дисципліни "Наносистеми в сенсориці, адсорбції та каталізі" (а саме: складання модульних контрольних робіт, написання тематичної контрольної роботи, виконання лабораторних робіт) і при цьому за результатами модульно-рейтингового контролю в семестрі отримав за змістові модулі сумарну оцінку в балах не менше 36 балів (критично розрахунковий мінімум при формі підсумкового контролю – іспит). Для студентів, які набрали впродовж семестру сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум для заліку або критично-розрахунковий мінімум для допуску до іспиту допускається написання реферату за темами доповіді чи самостійної роботи, за які отримана незадовільна оцінка, або написання тематичної контрольної роботи (статті), за які отримана незадовільна оцінка, з дозволу деканату (за наявності поважної причини, що не дозволила вчасно та якісно підготуватися до доповіді / лабораторних робіт / тематичної роботи).

У випадку відсутності студента 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.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Шкала відповідності (за умови іспиту)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно / excellent
85 – 89	4	добре / good
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно / satisfactory
60 – 64		
0 – 59	2	незадовільно / fail

8. Структура навчальної дисципліни “НАНОСИСТЕМИ В СЕНСОРИЦІ, АДСОРБЦІЇ ТА КАТАЛІЗІ”

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	самостійна робота
Змістовний модуль 1				
Наноматеріали, нанокластери і наносистеми, їх організація, взаємодія, класифікація нанорозмірних структур та методи одержання наноматеріалів.				
1	Наноматеріали. Нанотехнології. Наночастинки і нанопорошки Критерії існуючих класифікацій наносистем. Класифікації нанорозмірних структур за розмірами.	2		5
2	Кластерні сполуки металів, класифікація металічних частинок та їх зв'язок з ультрадисперсними частинками металів.	2		5
3	Нанокластери і наносистеми, їх організація, взаємодія, класифікація нанорозмірних структур та їх властивості. Двобазисна класифікація нанорозмірних структур: за нанобазисом та топологією.	2		5
4	Основні різновидності наносистем - підхід Глейтера. Характеристика кластерів і кластерних систем за Суздалевим.	2		5
5	Фізичні методи одержання нанорозмірних структур, їх переваги і недоліки. Особливості газофазного синтезу. Нуклеація при одержанні наноматеріалів. Розмір критичного зародку Рівноважна робота утворення критичного зародку.	2		5
6	Одержання наноматеріалів хімічними методами - золь-гель синтез, термічний розклад, механосинтез. Переваги і недоліки хімічних методів.	1	1	5
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>	1		
	Всього у ЗМ1	12	1	30
Змістовний модуль 2.				
Наносистеми, їх властивості та застосування наноматеріалів для створення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів.				
7	Застосування наноматеріалів при створенні сенсорів газів, в адсорбції та каталізі. Основні типи та характеристики сенсорів. Адсорбційно-напівпровідникові сенсори газів.	2	1	4
8	Матеріали газочутливого шару сенсорів: методи їх отримання та введення каталітично активних добавок. Сенсорні напівпровідникові наноматеріали на основі діоксиду олова, допованого металами платинової групи і оксидами металів.	2	2	4
9	Сучасні фізико-хімічні методи дослідження наноматеріалів. Застосування методів РФА, ТЕМ, СЕМ для дослідження морфології нанорозмірних адсорбентів, каталізаторів та сенсорних наноматеріалів, їх структури, та фазового складу.	2		4

10	Сенсори на основі нанорозмірного діоксиду олова, допованого металами платинової групи і оксидами металів та особливості їх дії. Особливості процесів формування величини електричного опору на повітрі і в газо-повітряній суміші сенсорів, що створені на основі напівпровідникових наноматеріалів.	2	2	4
11	Механізм дії адсорбційно-напівпровідникових сенсорів. Роль адсорбційних та каталітичних процесів в механізмі чутливості до різних газів напівпровідникових сенсорів, що створені на основі наноматеріалів. Вплив нанорозмірного фактору на механізм чутливості сенсорів.	2		4
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>	2		
	<i>Тематична контрольна робота</i>			10
	Всього у ЗМ2	12	5	30
	ВСЬОГО	24	6	60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – 24 год.

Лабораторних занять - 6 год

Самостійна робота - 60 год.

Список рекомендованої літератури

Основна:

1. Суздальев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Изд. 2, 2009, 591с.
2. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
3. Булыгина Е.В., Макарчук В.В., Панфилов Ю.В., Оя Д.Р., Шахнов В.А. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование: Учебное пособие для Вузов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2006. – 80с.: ил.
4. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 112с.
5. Андриевский Р.А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Российский химический журнал. – 2002. – Т.46. - №5. С.50-56.
6. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, получение интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272с.
7. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288с.
8. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Изд. Центр «Академия», 2005. – 192 с.
9. Русланов А.И. Удивительный мир наноструктур // Журнал общей химии – 2002. – Т.72. - №4. С. 532-549.
10. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Техносфера, М.: 2005. 336с.
11. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Самойленко З.А.. Самоорганизация структуры в материалах различной природы. Академпериодика, К. 167с. (2002).
12. Фреїк Д.М., Яцишин Б.П. Технологічні аспекти нанокластерних і нанокристалічних структур// Фізика і хімія твердого тіла. –2007. Т.8. - №1. –С.7-24.
13. Губин С.П. Наночастицы, методы получения, строение, свойства.
14. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в кластерах. Химия, Москва, 2000.
15. Губин С.П. Химия кластеров. Наука, Москва, 1987.
16. N. Yamazoe, Y. Kurokawa, T. Seiyama Effects of additives on semiconductor gas sensors // Sensors and Actuators B-Chemical. – 1993. – № 4. – P. 283-289.
17. C. Xu, J. Tamaki, N. Miura et al. Grain size effects on gas sensitivity of porous SnO₂-based elements // Sensors and Actuators B-Chemical. – 1991. – № 3. – P. 147-155.
18. N. Yamazoe, N. Miura Some basic aspects of semiconductor gas sensors // Chem. Sens. Technol. – 1992. – № 4. – P. 30.
19. S. Shukla, S. Seal Theoretical model for nanocrystallite size dependent gas sensitivity enhancement in nanocrystalline tin oxide sensor//Sensor Letters–2004.–№ 2(1).–P.73-77.
20. N. Barsan, M. Schweizer-Berberich, W. Gopel 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:

1. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. М.: Техносфера, 2005. –152 с.
2. Физика наноразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков; Под Ред. А.Я.Шика. – СПб.: Наука, 2001. – 160с.
3. Гаврилов С.А., Лемешко С.В. и др. Исследования особенностей процесса локального окисления пленок титана с использованием сканирующей зондовой микроскопии // Изв. Вузов. Электроника. 2000. 3. С. 27-33.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры: Пер. с англ. / Под ред. Ж.И. Алфорова, Ю.И.Шварцева. Мир, М. 582 с. (1989).

В тому числі й інтернет ресурси