

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Навчально-науковий
Інститут високих технологій
Кафедра супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора
з науково-педагогічної роботи
Галина ГРАБЧУК
«24» 05 * 2022 року
протокол № 5

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ
для студентів**

галузь знань 10 «Природничі науки»
спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
освітній рівень Магістр
освітня програма «Високі технології (Прикладна фізика та наноматеріали)»
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: Булавко Г.В.

Пролонговано: на 20_/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

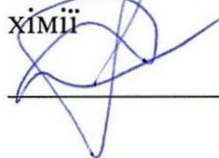
на 20_/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: Булавко Геннадій Володимирович, к.х.н., доцент кафедри супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри супрамолекулярної хімії



Сергій РЯБУХІН

Протокол № 5 від «8» 04 2022р.

Схвалено науково - методичною комісією
Навчально-наукового
Інституту високих технологій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «13» 05 2022 року № 4

Голова науково-методичної комісії



(Наталя РУСІНЧУК)

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з новими можливостями сучасного наноматеріалознавства, завдяки переходу від макро- спочатку до мікро-, а потім і до наносвіту. У курсі розглянуті питання, які стосуються класифікації наноматеріалів, методів їх отримання, дослідження, а також розглянуто існуючі та перспективні напрямки практичного застосування нанорозмірних матеріалів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Володіння науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр».

2. Вміти цілеспрямовано та коректно до завдання досліджень самостійно застосовувати знання з загальної та неорганічної хімії, фізики, матеріалознавства, колоїдної хімії та ін. дисциплін, виконувати лабораторні та практичні роботи, добре володіти методами мікроскопії, працювати з науково-методичною літературою.

3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в фізико-хімічних лабораторіях.

3. Анотація навчальної дисципліни:

У результаті вивчення курсу надаються знання про класифікацію та поділ наноструктур на нульвимірні, одновимірні та двовимірні; основні фізичні явища та особливості перебудови енергетичного спектру в низькорозмірних напівпровідникових системах; особливості прояву квантово-розмірних ефектів в нульвимірних, одновимірних та двовимірних структурах; явище квантування енергетичного спектру електронів в сильних магнітних полях як в об'ємних напівпровідниках, так і в двовимірних системах; оптичні процеси за участю екситонних збуджень в квантових точках різного радіуса; основні технологічні методи одержання квантових шарів, нанониток, наночастинок та надграток; класифікацію напівпровідникових надграток та їхні фізичні властивості; можливості практичного застосування напівпровідникових квантових структур і надграток в опто-, мікро-, наноелектроніці та сучасних технологіях. Особлива увага приділяється методам дослідження нанорозмірних об'єктів: атомно-силовій мікроскопії, тунельній мікроскопії, електронній мікроскопії, флуоресцентній мікроскопії та ін.

4. Завдання (навчальні цілі):

ЗК 2. Здатність спілкуватися державною та іноземною мовами як усно, так і письмово.

ЗК 3. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК 7. Здатність працювати в команді.

ЗК 10. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК 11. Здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним.

ЗК 14. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.

ЗК 15. Здатність до прийняття рішень у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів та прогнозування.

ЗК 17. Володіння спеціалізованими концептуальними знаннями, набутими у процесі навчання та/або професійної діяльності на рівні новітніх досягнень, які є основою для оригінального мислення та інноваційної діяльності, зокрема в контексті дослідницької роботи.

ЗК 18. Здатність провадження дослідницької та інноваційної діяльності на відповідному рівні.

ЗК 19. Здатність нести відповідальність за розвиток професійного знання і практик, оцінку стратегічного розвитку команди.

ФК 2. Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для проведення наукового дослідження або науково-технічної розробки (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).

ФК 3. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.

ФК 6. Здатність встановлювати області застосування виробів електронної техніки.

ФК 7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, критичного осмислення проблем у професійній діяльності та на межі предметних галузей.

ФК 8. Знання основних типів наноматеріалів, їх фізичних властивостей та процесів, що протікають в нанорозмірних структурах, розуміння фізичних принципів роботи наноелектронних приладів та їх використання.

ФК 9. Здатність відслідковувати найновіші досягнення в області прикладної фізики та високих технологій, вивчаючи наукову літературу та взаємокорисно спілкуючись із колегами.

ФК 10. Здатність відповідно до поставленої задачі проводити самостійно та в команді наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп'ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

ФК 11. Здатність забезпечувати впровадження результатів наукових досліджень шляхом створення нових матеріалів, пристроїв, технологій та іншого.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Мати уявлення про наноматеріалів та їхні відмінності від макро- та мікрооб'єктів. Знати класифікацію наноматеріалів	Лекція	Модульна контрольна робота, залік	30
1.2	Знати основні групи методів дослідження нанооб'єктів. Знати групи загальних та специфічних методів дослідження наноматеріалів.	Лекція		
1.3	Знати основні методи мікроскопії (атомно-силової, тунельної, електронної, оптичної) для дослідження наноматеріалів	Лекція	Модульна контрольна робота, залік	30
1.4	Знати властивості, технологічні аспекти отримання та застосування окремих класів наноматеріалів, зокрема, фулеренів. Основні закони теоретичного опису наноструктур та аналізу їхніх властивостей	Лекція		
2.1	Вміти працювати з приладами, виконувати необхідні вимірювання у віртуальному і реальному режимах та давати оцінку одержаним результатам.	Лабораторне заняття	Звіт Контрольна робота	10
2.2	Вміти прогнозувати підходи щодо отримання новітніх наноматеріалів із наперед заданими фізичними властивостями і досліджувати їхні властивості.	Лабораторне заняття	Звіт	10
3.1	Вміти використовувати сучасні мікроскопічні та спектроскопічні методи	Лабораторне заняття	Звіт	10
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Лабораторне заняття	Підготовка презентації	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)								
ПР 2. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.	+	+		+	+		+	
ПР 7. Ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.			+		+	+		+
ПР 9 Визначати напрямки перспективних досліджень з урахуванням світових тенденцій розвитку науки, техніки й технологій.			+			+	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 10 балів/ 5 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 10 балів/ 5 балів
3. Лабораторні заняття – РН 2.1; 2.2; 3.1 – 30 балів/15 балів
4. Оцінювання презентації РН 4.1 – 10 балів/ 5 балів

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компоненту в цілому : підсумковою формою контролю за яким встановлено залік визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час заліку.

Формою проведення заліку є контрольна робота. Результатами навчання, які оцінюються в контрольній роботі, є РН 1.1-1.4. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів за 100 бальною шкалою. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

- умови допуску до підсумкового заліку:

Обов'язковим для іспиту є успішне написання 2 модульних контрольних робіт (по кожній не менше 50% правильних відповідей), підготовка доповіді, відпрацювання всіх передбачених планом лабораторних занять. Студент не допускається до заліку у випадку, якщо протягом семестру набрав менше ніж 20 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення лекцій з розділів 1 і 2, відповідно. Лабораторні заняття проводяться в науково-навчальних лабораторіях з обов'язковою перевіркою кінцевих результатів. Презентація оцінюється після її заслуховування і обговорення з усіма присутніми студентами групи.

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій та лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	лабораторні заняття	Самостійна робота
Розділ 1				
1	Тема 1. Поняття про нанооб'єкти та їхню класифікацію. Ключові властивості наночастинок та способи одержання наноструктур. Універсальні методи дослідження нанооб'єктів.			
	Лекція 1. Поняття про нанооб'єкти. Класифікація і власивості нанооб'єктів. Перехід від макро- і мікросвіту до нанорозмірів.	2		
	Лекція 2. Класифікація методів дослідження наноматеріалів. Переваги і недоліки різних груп методів дослідження нанооб'єктів.	2		
	Самостійна робота 1. Підходи до класифікації нанооб'єктів. Унікальні Властивості нанооб'єктів.			20
	Лекція 3. Оптичні методи дослідження і оптична мікроскопія. Конфокальна мікроскопія. Конфокальний мікроскоп. Скануюча оптична мікроскопія ближнього поля.	2		
	Лекція 4. Скануюча кельвінівська мікроскопія та можливості її використання при дослідженні наноматеріалів.	2		
	Лабораторна робота 1. Правила техніки безпеки при роботі з приладами. Ознайомлення з приладами і принципом їх роботи.		2	
	Лекція 5. Атомно-силова мікроскопія та атомно-силовий мікроскоп. Принцип роботи та можливості використання.	2		
	Лекція 6. Скануюча електронна мікроскопія та її застосування. Скануючий електронний мікроскоп. Просвічуюча електронна мікроскопія. Просвічуючий електронний мікроскоп.	2		
	Самостійна робота 2. Порівняння контактного, напівконтактного і безконтактного режимів роботи атомно-силового мікроскопу. Маніпулювання нанооб'єктами за допомогою атомно-силового мікроскопу.			20
2	Тема 2. Специфічні методи дослідження наноматеріалів, можливості їх використання, переваги і недоліки.			

Лекція 7. Дифракційні методи дослідження наноматеріалів (рентгенівські, електронні, нейтронні).	2		
Лабораторна робота 2. Знайомство з принципом роботи тунельного мікроскопу та вимогами щодо підготовки зразків для тунельної мікроскопії.		3	
Лабораторна робота 3. Знайомство з роботою скануючого електронного мікроскопу. Підготовка зразків для СЕМ-досліджень.		3	
Лекція 8. Наногравіметрія і її застосування в дослідженні наноматеріалів.	2		
Самостійна робота 3. Знайомство зі світовою науковою періодикою, присвяченою створенню і дослідженню наноматеріалів.			20
Лабораторна робота 4. Вибір оптимального методу досліджень відповідно до специфіки зразка. Підбір найкращого режиму роботи мікроскопу.		3	
Лекція 9. Фемто- і наносекундна спектроскопія та її застосування. Рентгенівська спектроскопія (XAS, EXAFS). Люмінесцентна мікроскопія і її застосування.	2		
Лабораторна робота 5. Підбір барвника і виготовлення зразків для досліджень методами люмінесцентної спектроскопії.		3	
Лекція 10. Терагерцова спектроскопія і її використання в дослідженні наноматеріалів.	2		
Самостійна робота 4. Підготовка презентацій згідно обраних тем.			20
Лабораторна робота 6. Виготовлення зразків для досліджень рентгенівськими методами.		2	
Лекція 11. Нелінійно-оптичні методи діагностики поверхні наноструктур. Нанодіагностика за допомогою електронних і іонних пучків.	2		
Лекція 12. Методи локального і нелокального аналізу поверхні (Auqer, XPS).	2		
ВСЬОГО	24	16	80

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – **24** год.

Лабораторні заняття – **16** год.

Самостійна робота – **80** год..

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Волков С.В., Є.П. Ковальчук, В.М.Огенко, О.В. Решетняк. *Нанохімія, наносистеми, наноматеріали*. Київ - Наукова думка -2008 - 424с.
2. Афтандіяни, Є. Г. *Наноматеріалознавство : підручник / Є. Г. Афтандіяни, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько*. - Перше вид. - Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. - 550 с
3. Заячук, Д. М. *Нанотехнології і наноструктури : навчальний посібник / Д. М. Заячук ; МОН України, НУ "Львівська політехніка"*. - Л. : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2009. - 580 с.

Додаткова:

1. Shuwen Zeng, Dominique Baillargeat, Ho-Pui Ho and Ken-Tye Yong *Chem. Soc. Rev.*, 014,**43**, 3426-3452
2. Hangxun Xu, Brad W. Zeiger and Kenneth S. Suslick, *Chem. Soc. Rev.*, 2013,**42**, 2555-2567.
3. "Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties". Royal Society and Royal Academy of Engineering. July 2004. Retrieved 13 May 2011.
4. Lu Bai, Xiuju Ma, Junfeng Liu, Xiaoming Sun, Dongyuan Zhao, David G. Evans J. AM. CHEM. SOC. 2010, *132*, 2333–2337.
5. Gang Chen, Yong Wang, Li Huey Tan, J. AM. CHEM. SOC. 2009, *131*, 4218–4219.

Інтернет-ресурси:

1. <http://ipt.arc.nasa.gov>
2. <http://nanotechweb.org>