

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вибрані розділи фізики наноструктур
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 «Природничі науки»
(шифр і назва)
спеціальність 104 – фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма Фізика наносистем
(за наявності) (назва спеціалізації)
освітній ступінь Магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
вид дисципліни вибіркова ВБ 2,4

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

Викладачі: завідувач кафедри Курилюк Василь Васильович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

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

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

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

КИЇВ – 2022

Розробник: Курилюк Василь Васильович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри фізики металів

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри фізики металів



(підпис)

(Курилюк В.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «20» травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

1. Мета дисципліни полягає у ознайомленні студента з фізико-хімічними основами створення наноматеріалів та їх структурою; вивчення впливу квантово розмірних ефектів на властивості речовин; ознайомитись з властивостями наноструктурованого поруватого кремнію з різними поруватістю та розмірами пор та особливостями його використання в приладах різного призначення.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки, фізики твердого тіла для освоєння теоретичних питань з курсу «Вибрані розділи фізики наноструктур».

2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла та комп'ютерних технологій для розв'язку практичних завдань з курсу «Вибрані розділи фізики наноструктур».

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Вибрані розділи фізики наноструктур» розглядаються сучасні уявлення щодо фізико-хімічних основ створення наноматеріалів та їх структури. Основна увага приділяється особливостям вивчення впливу квантово-розмірних ефектів на властивості речовин. Навчальна задача курсу - ознайомлення студентів з властивостями наноструктурованого поруватого кремнію з різними поруватістю та розмірами пор та особливостями його використання в приладах різного призначення. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, опитування в процесі лекції, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – розвиток у студентів уявлень про фізичні явища і процеси в низькорозмірних структурах, зумовлені розмірним ефектом та великою питомою площею поверхні.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальних:

СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики.

СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК12. Здатність застосовувати теорії опису фізичних властивостей наносистем різних типів.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Оволодіння знаннями про методи отримання та властивості поверхневих наноструктур.	Лекції, самостійна робота	Опитування в процесі лекції, модульна контрольна робота	30
2.1	Вміння визначати основні структурні характеристики поруватого кремнію.	Лекції, самостійна робота	Опитування в процесі лекції, модульна контрольна робота	30

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+	
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.	+	+
РН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.		+
РН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-9: РН 1.1 – 25 балів / 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 10-15: РН 2.1 – 25 балів / 15 балів
3. Опитування під час лекцій: РН 1.1, 2.1 – 10 балів / 6 балів

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

- підсумкове оцінювання у формі іспиту.

Іспит проводиться в письмовій формі. Кожен екзаменаційний білет містить два теоретичні питання з необхідністю розгорнутої відповіді. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання іспиту дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2 Організація оцінювання: *(обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).*

Модульні контрольні роботи проводяться по завершенні тематичних лекцій.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРСЬКИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин			
		лекції	семінари	лабораторні	Самостійна робота
Частина 1. Методи отримання та властивості поверхневих наноструктур					
1	Тема 1. Вступ. Структурні рівні конденсованого стану. Електронні стани в атомі водню. Особливості наноструктури. Зерна, шари, включення та пори в консолідованих матеріалах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
2	Тема 2. Структура наноматеріалів. Зерна, шари, включення та пори в консолідованих матеріалах. Дефекти, поверхні поділу. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
3	Тема 3. Квантові низько-розмірні системи. Квантові закони руху електронів. Фізичні основи формування квантових структур. Двовимірний електронний газ і його властивості. Надгратки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
4	Тема 4. Поверхневі наноструктури. Розмірні ефекти. Поверхневі фази. Гетеродифузія і формування поверхневих фаз. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
5	Тема 5. Формування наноструктурних шарів. Отримання поверхневих фаз. Побудова фазових діаграм. Формування двокомпонентних поверхневих фаз. Електрофізичні властивості поверхневих фаз на силіції. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
6	Тема 6. Методи отримання поверхневих наноструктур. Молекулярно-променева епітаксія. Осадження плівок з металоорганічних сполук. Хімічне збирання поверхневих наноструктур. Отримання поверхневих фаз методом твердофазної епітаксії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
7	Тема 7. Енергетичний спектр електронних станів у квантових нитках і квантових точках. Густина станів в електронних системах різної розмірності. Енергетичний спектр електронних станів у квантових нитках і квантових точках. Квантова інженерія: самоорганізовані квантові точки. Механізми росту. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
8	Тема 8. Квантоворозмірні ефекти. Найпростіші види низько розмірних об'єктів. Квантова нить. Квантова яма. Квантова точка. Енергетичний спектр 3D-електронного газу. Енергетичний спектр 2D-електронного газу. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до модульної контрольної роботи.	2			4
9	Тема 9. Основні методи синтезу нанокompозитів. Електронний газ в квантовій нитці (1D-газ). Електронний газ в квантовій точці (0D-газ). Приклади впливу квантово розмірних ефектів на властивості речовини. Модульна контрольна робота 1 с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			2
Частина 2. Формування та основні структурні характеристики поруватого кремнію					
10	Тема 10. Поруватий кремній - модельний об'єкт для дослідження властивостей наноструктурних матеріалів та	2			4

	перспективний матеріал для використання в приладах різного призначення. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.				
11	Тема 11. Методи синтезу та механізми формування поруватого кремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
12	Тема 12. Морфологія та структура шарів поруватого кремнію. Хімічний склад поруватого кремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
13	Тема 13. Методи синтезу і властивості мультишарових структур на основі поруватого кремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
14	Тема 14. Оптичні властивості нанокompозитів на основі поруватого кремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
15	Тема 15. Використання поруватого кремнію в біомедицині та сенсорикі. Модульна контрольна робота №2. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			6
	ВСЬОГО	30			60

Загальний обсяг 90 год.¹, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА²:

Основна: (Базова)

1. Андриевский Р.А., Рагура А.В. Наноструктурные материалы - М.: «Академия», 2005. - 192 с. [НБУ ім. В.І. Вернадського]
2. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, С.Ю. Смик. Экситоника низькорозмірних систем. – Київ, 2004. – 128 с. [бібліотека кафедри]
3. Савченко І. О. Нанохімія та нанотехнології: підручник. – К. : Київський університет, 2019. – 447 с. [НБУ ім. В.І. Вернадського]
4. Schmool D. S. Nanotechnologies: The Physics of Nanomaterials: Volume 1: The Physics of Surfaces and Nanofabrication Techniques.- CRC Press, 2021. — 420 p. [бібліотека кафедри]
5. Properties of Porous Silicon / Ed. L. Canham. - DERA: Malvern,UK, 1997. 405 p. [бібліотека кафедри]
6. Cullis A.G., Canham L.T., Calcott P.D.J. The structural and luminescence properties of porous silicon // J.Appl.Phys.- 1997- 82, № 3.- P.909-965. [електронний ресурс <https://doi.org/10.1063/1.366536>]
7. Головань Л. А., Тимошенко В. Ю., Кашкаров П. К. Оптические свойства нанокompозитов на основе пористых систем // УФН. – 2007 – 177. С 619–638. [електронний ресурс 10.3367/UFNr.0177.200706b.0619]
8. Тимошенко В. Ю., Кудрявцев А.А. и др. Кремниевые нанокристаллы как фотосенсибилизаторы активного кислорода для биомедицинских применений // Письма в ЖЭТФ. – 2006 – 83, № 9.- С 492–495. [електронний ресурс http://jetpletters.ru/ps/1063/article_16127.shtml]
9. F. Esteban Nanostructured Multifunctional Materials: Synthesis, Characterization, Applications and Computational Simulation. CRC Press, 2021. — 323 p. [бібліотека кафедри]
10. Габ А. І., Шахнін Д. Б., Малишев В. В. Наноматеріали: класифікація, технології одержання, особливі властивості, основні методи досліджень та напрями застосування. - Київ : Університет "Україна", 2020. - 235 с. [бібліотека кафедри]

Додаткова:

1. Свечников С.В., Саченко А.В., Сукач Г.А. и др. Светоизлучающие слои пористого кремния: получение, свойства и применение (обзор) // Оптоэл. и полупр. техн.- 1994, вып.27.- С.3-29.
2. Лабунов В.А., Бондаренко В.П., Борисенко В.Е. Пористый кремний в полупроводниковой электронике // Зарубежная электронная техника.- 1978.- М.: ЦНИИ “Электроника”.- 1978.- 48 с.
3. Smith R.L. and Collins S.D. Porous silicon formation mechanism // J.Appl.Phys.- 1992.- 71, №8.- P.R1-R22.

² В тому числі Інтернет ресурси