

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

Оксана МОМОТ

«25» вересня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика низькорозмірних структур

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань	<u>Е Природничі науки, математика та статистика</u> (шифр і назва)
спеціальність	<u>Е5 Фізика та астрономія</u> (шифр і назва спеціальності)
освітній рівень	<u>магістр</u> (молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма	<u>Фізика наносистем</u> (назва освітньої програми)
вид дисципліни	<u>обов'язкова</u>

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>1</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: професор Семенко Михайло Петрович

(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)
(підпис, ПІБ, дата)

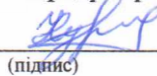
КИЇВ – 2025

Розробники: Семенко Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

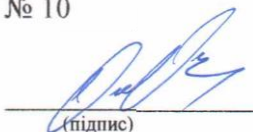
(Курилюк В.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» травня 2025 року № 10

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – поглибити у студентів систему знань про фізику низькорозмірних структур. Критично розглянути основні фактори, що визначають особливі властивості наноструктурованого стану, його взаємозв'язок з електронною та атомною структурами та їх вплив на властивості матеріалів. Вивчення впливу квантоворозмірних ефектів на властивості речовин з різною розмірністю та з та особливостями використання цих ефектів в приладах різного призначення.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні методи отримання наноструктурованих систем різного призначення. Особливості застосування таких структур та загальні закономірності впливу нанорозмірності на фізичні та хімічні параметри таких систем.
2. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки та статистичної фізики, елементи квантової механіки для освоєння та вільного орієнтування в основних проблемах фізики наносистем.
3. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, аналітичної геометрії, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики для розв'язку практичних задач з курсу.
4. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.
5. Володіти уявленнями про фізичні явища і процеси в низькорозмірних структурах, зумовлені розмірним ефектом та великою питомою площею поверхні.

3. Анотація навчальної дисципліни/референс:

В рамках курсу «Фізика низькорозмірних структур» висвітлюються сучасні проблеми, що виникають при переході систем різного типу в нанорозмірний стан та подальший розвиток теоретичних та практичних засад для вивчення різних властивостей матеріалів з акцентуванням на наноструктурований стан. Розглядаються сучасні експериментальні результати та уявлення про кристалічну будову твердих наноматеріалів, розглядаються їх особливості механічних, теплових, електронних, електричних, магнітних та оптичних властивостей твердих тіл, проводиться ознайомлення основними теоретичними моделями для опису властивостей при переході до «нанорозмірного» стану. Результатом навчання є оволодіння знаннями про структуру та фізичні властивості нанорозмірних твердих тіл. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, опитування в процесі лекції, залік.

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 (галузь знань: Е Природничі науки, математика та статистика, спеціальність: Е5 Фізика та астрономія освітній рівень: магістр) дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

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

Загальних:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.(ЗК01)
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.(ЗК02)
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.(ЗК03)
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.(ЗК04)

Фахових:

- Здатність використовувати закони та принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ(ФК01).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики.(ФК02).
- 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. (ФК05).
- Здатність застосовувати теорії опису фізичних властивостей наносистем різних типів. (ФК11).

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	Знати основні фізичні та геометричні аспекти, що обумовлюють особливості наноструктурованих систем.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	30
1.2	Знати основні типи наноструктурованих матеріалів та систем.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	30

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

Результати навчання дисципліни		1.1	1.2
Програмні результати навчання			
ПРН01. 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.		+	
ПРН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.		+	+
ПРН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.		+	+
ПРН18. Знати методи отримання, особливості структури та властивостей аморфно-нанокристалічних сплавів.			+
ПРН19. Знати особливості структури та електронного спектру+ нанокарбонових систем різної мірності та методи отримання нанокарбонових структур та наноконпозиційних матеріалів на їх основі.		+	+
ПРН22. Вміти будувати енергетичні діаграми вільної поверхні, поверхні розділу фаз, квантово-розмірних систем.		+	

ПРН24. Вміти експериментально визначати структуру та фазовий склад нанокарбонових систем.	+	+
ПРН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.	+	+

Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- Семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-9: РН 1.1 – 25 балів /15балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 10-17: РН 1.2 – 25 балів /15балів
3. Опитування в процесі лекцій: РН 1.1, 1.2 – 10 балів /6балів

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом під час заліку дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2. Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій з Розділів 1-2 відповідно.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самост. робота.
Змістовий модуль 1.				
Наноматеріали та їх місце в загальній схемі нанотехнологій				
1.	Предмет та задачі курсу. Формування та основні етапи розвитку нанотехнологій	1		2
2.	Наноматеріали, області їх застосування, та класифікація	1		2
Особливості фізичних властивостей наноматеріалів				
3.	Розмірні ефекти	2		4
4.	Термодинаміка наноматеріалів	2		4
5.	Електронна структура наноматеріалів	1		2
6.	Структурні перетворення під дією тиску та температури. Залежність температури топлення від розміру частинок. Параметри кристалічної комірки.	3		6
7.	Фононний спектр і термічні властивості: фононний спектр, теплоємність, температура Дебая, коефіцієнт термічного розширення.	2		4
8.	Оптичні властивості.	2		4
9.	Електричні та магнітні властивості. Вплив наноструктурованості на механічні властивості.	2		4
	Модульна письмова робота	1		2
Змістовий модуль 2.				
Основні типи наноматеріалів та їх властивості				
10.	Сферичне кластерне наближення. Моделі кдастерних структур. Електронна структура кластерів.	2		4
11.	Металічні безлігандні кластери. Кластери лужних металів та срібла.Кластери алюмінію, ртуті та перехідних металів.	2		4
12.	Металічні лігандні кластери.	1		2
13.	Наночастинки, нанопорошки та області їх застосування.	1		2
14.	Вуглецеві наноматеріали. Графен. Фулерени. Нанотрубки.	2		4
15.	Плівкові системи.	1		5
16.	Компактовані наноматеріали.	1		2
17.	Композиційні наноматеріали.	1		2
	Модульна письмова робота	1		2
	Всього	29		61

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

Лекцій – **29 год.**

Самостійна робота – **61 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна: (Базова)

1. K. Goser, P. Glösekötter, J. Dienstuhl. Nanoelectronics and Nanosystems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 2004. – 278 p. (електронна бібліотека кафедри).
2. E.L. Wolf. Nanophysics and nanotechnology. An Introduction to modern Concepts in Nanoscience. Wiley-VCH, Verlag GBH&Co.KGaA.2004. – 185 p. (електронна бібліотека кафедри).
3. Формування та дослідження наноструктурованих матеріалів для фотовольтаїки: монографія / [С. І. Павлик, Н. І. Строїтелева, А. О. Ніконова та ін. ; під ред. Левінзона Д. І.]; Запорізька державна інженерна академія. - Запоріжжя : ЗДІА, 2018. - 321 с. (НБУ ім.В.І.Вернадського)
4. В.В. Погосов, Ю.А. Куницький, А.В. Бабіч, А.В. Коротун, А.П. Шпак. Нанофізика і нанотехнології. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 380 с. (бібліотека кафедри)
5. Лисенков Е. А. Теоретичний аналіз електропровідності полімерних нанокомпозитів на основі олігогліколів та вуглецевих нанотрубок / Е. А. Лисенков, В. В. Клепко // Журнал фізики та інженерії поверхні. – 2016. – Т. 1, № 1. – С.17-26.
6. Наноматеріали в хімії та фармації. Пилипчук Л.Л., Близнюк В.М.- Олді-Плюс, 2020, 168 с.(НБУ ім.В.І.Вернадського)

Інтернет ресурс:

Бази даних та портали по нанофізиці

A to Z Nanotechnology (www.azonano.com) - Комплексний ресурс, присвячений нанотехнологіям, підготовлений A Zo Network Australian Online publishing company.

Nanotechnology News (phys.org) - Підтримуваний Omicron Technology Limited портал наукових новин, присвячених нанофізиці та нанотехнологіям в цілому.

Nanotechnology (www.zyvex.com) Підготовлений Ральфом Меркле (Інститут молекулярних технологій) агрегатор ресурсів по нанотехнологіям.

NanoHUB (nanohub.org) доступ до інформації та інструментам моделювання різних наноструктур та нанопристроїв.

Nano. The magazine for small science (www.nanomagazine.co.uk) Представлені IONPublishingLTD безкоштовні статті з журналів по нанотехнологіям

Projecton Emerging Nanotechnologies (www.nanotechproject.org) Підтримуваний Pew Charitable Trust проект, присвячений історії та розвитку нанотехнологій. Представлені вільні версії відповідних досліджень.

Nano на youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=XoBeu2LGL5E>
<https://www.youtube.com/watch?v=4d2L6LhPN5A&list=PLm2F3BtpcrEjkPfVeupQu3xcQSvnBYEHw&index=28>

Додаткова:

1. Polishchuk, D. M., Kulyk, M. M., Holmgren, E., Pasquale, G., Kravets, A. F., & Korenivski, V. (2020). Вплив нанорозмірного ефекту та немагнітного розбавлення на міжшарову обмінну взаємодію в багатошарових структурах Fe–Cr/Cr. Український фізичний журнал, 65(10), 892-897.-
2. Бардашевська С.Д., Будзуляк І., Будзуляк С., Рачій Б. і Бойчук А. 2018. Напівпровідникові квантові точки, як матеріали для лазерів на їх основі. Фізика і хімія твердого тіла. 19, 2 (Чер 2018), 113-129.
3. Ховерко Ю. і Щербань Н. 2019. Електропровідність та магнетоопір мікроструктур кремнію за низьких температур в околі переходу метал-діелектрик. Фізика і хімія твердого тіла. 19, 3 (Жов 2019), 246-253.
4. Бойчук В., Шийко Л., Коцюбинський В. і Качмар А. 2019. Структура і морфологія нанокомпозитних матеріалів MoS₂ / Carbon. Фізика і хімія твердого тіла. 20, 1 (Квіт 2019), 63-68.