

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Оксана МОМОТ

« 23 » червня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Фізика наноструктурних матеріалів
для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	Бакалавр
освітня програма	Фізика
спеціалізований вибірковий блок	Фізика наносистем
вид дисципліни	Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	восьмий
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: доцент Шевченко Вікторія Богданівна

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)

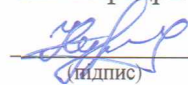
КИЇВ – 2025

Розробники: Шевченко Вікторія Богданівна, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізики металів

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

(Василь КУРИЛЮК)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» червня 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Олег ОЛІХ)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематизованих знань з теорії та практики впливу нанорозмірності на структуру та властивості наноструктурних матеріалів, критично розглянути основні фактори, що визначають особливі властивості наноструктурованого стану.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки та статистичної фізики, елементи квантової механіки. Успішно опанувати спецкурси «Фізика твердого тіла», «Матеріалознавство консолідованих наноструктур», «Основи фізики наносистем».

3. Анотація навчальної дисципліни: В рамках курсу «Фізика наноструктурних матеріалів» на основі порівняння загальних закономірностей внутрішньої будови, властивостей та фізичних закономірностей визначаються основні фактори, що обумовлюють особливість нанорозмірного стану. На основі цього проводиться 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 особливості теплових, електронних, електричних, магнітних та оптичних властивостей твердих тіл. Методи викладання: лекції, самостійна робота, реферативні оповіщення. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними фізичними та геометричними аспектами, що обумовлюють властивості наноструктурних матеріалів, вивчення особливостей термодинамічних, оптичних, електричних, магнітних властивостей наноструктурних матеріалів, а також методів їх отримання.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", спеціалізований вибіркового блоку «Фізика наносистем»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

загальних:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

фахових:

- ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

- ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

5. Результати навчання за дисципліною:

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	Отримання знань з теорії впливу нанорозмірності на загальні особливості наноструктур та стосовно методів отримання наноматеріалів. Отримання знань щодо конкретного впливу нанорозмірності на фізичні властивості.	лекції, самостійна робота, реферативні оповіщення	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, іспит	50
1.2	Отримання знань щодо основ теплопереносу в твердих тілах та нанорозмірних структурах.	лекції, самостійна робота, реферативні оповіщення	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, іспит	50

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

Результати навчання дисципліни		1.1	1.2
Програмні результати навчання			
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.		+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-2: РН 1.1 – 15 балів / 10 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темою 3: РН 1.2 – 15 балів / 10 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 5 балів / 2 бали
4. Підготовка рефератів: РН 1.1, 1.2 – 5 балів / 2 бали

- 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 60. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 24 балів. Студент допускається до іспиту за умови підготовки реферату за обраною тематикою.

7.2 Організація оцінювання:

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

Захист завдань для самостійного опрацювання та доповіді по рефератам проводяться 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

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самост. робота.
Змістовий модуль 1.				
I. Основні типи наноструктурних матеріалів та методи їх отримання				
1.1.	Предмет та задачі курсу. Класифікація наноструктурних матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розмірні ефекти в наноматеріалах	2		2
1.2.	Основні методи отримання наночастинок, нанопорошків та компактованих матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Газофазний синтез нанопорошків.	2		3
1.3.	Синтез, структура та використання напівпровідникових нанониток. Формування масивів нанониток за механізмом пар-рідина-кристал. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Синтез поруватих напівпровідників.	2		3
1.4.	Структура та методи отримання плівкових систем. Спонтанно впорядковані наноструктури. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Технології, засновані на фізичних та на хімічних процесах. Базові методи епітаксії.	2		3
II. Структура та особливості фізичних властивостей наноструктурних матеріалів				
2.1	Термодинамічний підхід до опису властивостей наночастинок та наносистем. підхід, заснований на розширенні класичної термодинаміки з урахуванням міжфазної енергії, термодинаміка поверхонь. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Хімічний підхід до опису наночастинок як надмолекул	2		3
2.2.	Фазові перетворення у наносистемах. Структурні перетворення під дією температури. Фазовий розмірний ефект. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Поліморфізм в малих системах. Фазові розмірні ефекти в матрицях.	2		3
2.3.	Топлення наноматеріалів. Залежність температури топлення від розміру частинок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Залежність поверхневої енергії наночастинок від розміру.	2		3
2.4.	Структурні властивості наноматеріалів. Структура кластерів. Структурні перетворення під дією тиску. Параметри кристалічної решітки.	2		3

	с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Методи вивчення структури наноматеріалів			
2.5.	Оптичні властивості наноструктурних матеріалів. Оптичні властивості металевих наночастинок. Поверхневі поляритони в тонких плівках. Поверхневі плазмони в сферичних наночастинок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Плазмонні кристали.	2		3
2.6.	Моделі ефективного середовища для діелектричної проникності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Застосування моделей ефективного середовища для нанопоруватих матеріалів. Фотонні кристали.	2		3
2.7.	Вплив квантоворозмірного ефекту на спектр поглинання та люмінесценції квантової точки. Екситони в напівпровідникових наноструктурах с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Ефект Штарка. Електрооптичний перемикач.	2		3
	Модульна контрольна робота 1			2
Змістовий модуль 2.				
III. Основи теплопереносу в твердих тілах та нанорозмірних структурах				
3.1.	Одновимірні коливання суцільного середовища. Дисперсійне рівняння с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Види теплообміну.	2		2
3.2.	Колівання одновимірної моноатомної решітки. Дисперсійна крива. Зона Брілюена. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Фазова та групова швидкість	4		4
3.3.	Колівання одновимірної решітки з базисом. Постановка задачі та розв'язок рівняння руху. Оптичні та акустичні коливання. Колівання тривимірної решітки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Густина коливальних станів	4		9
3.4.	Механізми теплопровідності твердих тіл. Фонони. Механізми фононного розсіювання в твердих тілах с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Електронна теплопровідність	2		4
3.5.	Розмірні та поверхневі ефекти в теплопровідності наноструктур. Границі теплоперенесення в наноструктурах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Особливості теплоперенесення в 1D-наноструктурах	4		8
3.6.	Стаціонарні та нестаціонарні методи вимірювання теплопровідності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6

	Переваги кожного типу методів. Метод лазерного спалаху.			
3.7	Фізичні основи твердотіЛЬНОЇ термоелектрики. Ефекти Зеєбека та Пельтьє с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. ТермоЕРС.	2		4
3.8	Принцип роботи термоелектричного перетворювача. Термоелектрична добротність. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Методи підвищення термоелектричної добротності	1		4
	Модульна контрольна робота 2			2
	Всього	43		77

Загальний обсяг год. -**120**, в тому числі:

Лекцій – **43** год.

Консультації – **0** год.

Самостійна робота - **77** год.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

а) основні:

1. В.В. Погосов, Ю.А. Куницький, А.В. Бабіч, А.В. Коротун, А.П. Шпак. Нанофізика і нанотехнології. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 380 с.
2. В. Шевченко, В. Курилюк. Фізика наноструктурних матеріалів. Навчальний посібник, Київ, 2025 р. – 61 с.
https://metphys.knu.ua/wp-content/uploads/2025/05/Fizyka_nanostrukturnyh_materialiv.pdf
3. М.О. Боровий, Ю.А. Куницький, В.В. Курилюк. Вступ до наноелектроніки: навчальний посібник, Київ:«КАФЕДРА» 2013. – 256 с. <https://metphys.knu.ua/wp-content/uploads/2022/07/Vstup-do-nanoelektroniky.pdf>
4. А. І. Кондир Наноматеріалознавство і нанотехнології. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. 452 с.
5. E.L. Wolf. Nanophysics and nanotechnology. An Introduction to modern Concepts in Nanoscience. Wiley-VCH, Verlag GBH&Co.KGaA.2004. – 185 p.
6. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin. Solid State Physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976. - 826 p
7. L. Shi, Thermal and Thermoelectric Transport in Nanostructures and Low-Dimensional Systems, Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering, 2012, vol. 16, pp. 79-116.

б) додаткові:

1. С. В. Дукаров, С. І. Петрушенко, Р. В. Сухов, В. М. Сухов. Фазові перетворення у нанорозмірних системах: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 120 с.
2. З. Ю. Готра. Технологія електронної техніки: у двох томах: навч. посіб. Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львів. політехніка”, 2010. – Т. 2. – 884 с.
3. A. S. Edelstein, R. C. Kamarata. Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications. Bristol: Institute of Physics, 1996.– 596 p.
4. T. L. Hill, Thermodynamics of small systems. Dover Publications, 2002. – 408 p.
5. В. Малишев, Н. Кущевська, О. Папроцька, О. Терещенко. Наноматеріали та нанотехнології. Методи аналізу та контролю. Посібник. Університет "Україна", 2018, - 81с.
6. М. О. Азаренков, І. М. Неклюдов, В. М. Береснєв, В. М. Воеводін, О. Д. Погребняк, Ковтун Г. П., Соболь О. В., Удовиський В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 323 с.
7. В. Б. Шевченко. Поруватий кремній: синтез, властивості, використання. Навчальний посібник ТОВ «Нілан-ЛТД», 2019. – 131 с.
8. J.M. Ziman, Electrons and Phonons: The Theory of Transport Phenomena in Solids, Clarendon Press, Oxford, 1962. – 554 p.
9. І. О. Мікульонюк О. І. Іваненко. Практичне використання ефектів Зеебека та Пельтьє (Огляд), Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження», 2024, № 4 (23). – сс. 9-34.