

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
Оксана МОМОТ
«25» червня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Наноструктурні матеріали
для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	Бакалавр
освітня програма	Фізика
спеціалізований вибірковий блок	Фізика металів
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 – ознайомити студентів з сучасними проблемами та задачами нанофізики, критично розглянути основні фактори, що визначають особливі властивості наноструктурованого стану, його взаємозв'язок з електронною та атомною структурами та розглянути властивості наноструктурних матеріалів.

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 для освоєння та вільного орієнтування в основних проблемах фізики наносистем та наноструктурних матеріалів.

Успішно опанувати спецкурси «Фізичне матеріалознавство», «Основи фізико-хімічного матеріалознавства», «Вступ до фізики конденсованих середовищ».

3. Анотація навчальної дисципліни: В рамках курсу «Наноструктурні матеріали» 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 з основними моделями для опису властивостей при переході до «нанорозмірного» стану. Результатом навчання є оволодіння знаннями про структуру та фізичні властивості нанорозмірних твердих тіл. 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 особливості властивостей наноструктурних матеріалів, та визначення основних проблемних питань, що виникають при переході систем до нанорозмірного стану, їх експериментальний прояв на термодинамічних, оптичних, електричних та магнітних властивостях.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", спеціалізований вибірковий блок «Фізика металів»), 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: (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 особливості структури та фізичних властивостей наноструктур та наноматеріалів.	Лекції, самостійна робота, лабораторні роботи	Модульна контрольна робота, поточне опитування, захист лабораторних робіт, захист завдань для самостійного опрацювання, семестрове оцінювання у формі іспиту	50
2.1	Вміти пояснити (обґрунтувати) вплив нанорозмірності на різні фізичні властивості матеріалів	Лекції, самостійна робота, лабораторні роботи	Модульна контрольна робота, захист лабораторних робіт, захист завдань для самостійного опрацювання, семестрове оцінювання у формі іспиту	50

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

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		

ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	+
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. Контрольна робота 1 за темами 1-8: РН 1.1 – 10 балів / 6 балів
2. Контрольна робота 2 за темами 9-15: РН 2.1 – 10 балів / 6 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 5 балів / 2 бали
3. Лабораторні роботи : – 15 балів / 10 балів

- 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 позитивної оцінки, оцінка за іспит не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше, ніж 24 бали. Студент допускається до екзамену за умови підготовки реферату за обраною тематикою.

7.2 Організація оцінювання:

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

Захист звітів лабораторних робіт та усне опитування, доповіді по завданням для самостійного опрацювання 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 І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні	самост. робота.
Змістовий модуль 1.				
I. Основні типи наноструктурних матеріалів та їх структура				
1	Предмет та задачі курсу. Класифікація наноструктур та наноструктурних матеріалів та області їх застосування. Розмірні ефекти в наноматеріалах с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Основні етапи розвитку нанотехнологій.	2		5
2	Наночастинки, нанопорошки. Плівкові системи. Композиційні та гібридні наноматеріали. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Нанопористі матеріали та фрактальні структури. Компактовані матеріали.	2		7
3	Термодинамічний підхід до опису властивостей наночастинок та наносистем. Нанотермодинаміка Хілла. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Хімічний підхід до опису наночастинок як надмолекул. Нерівноважна термодинаміка з урахуванням флуктуаційних теорем та динамічних рівнянь	2		5
4	Фазові перетворення у наносистемах. Фазовий розмірний ефект. Топлення наноматеріалів. Залежність температури топлення від розміру частинок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Поліморфізм в малих системах. Фазові розмірні ефекти в матрицях.	2		4
5	Структурні властивості наноматеріалів. Структура кластерів. Зміна параметрів кристалічної решітки наноматеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Структурні перетворення під дією тиску (розмірний ефект)	2		6
II. Методи синтезу наноматеріалів				
6	Особливості формування наноматеріалів. Основні методи отримання наночастинок, нанопорошків та компактованих матеріалів. Газофазний синтез нанопорошків. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Осадження із колоїдних розчинів. Механосинтез	2	2	6
7	Синтез та структура напівпровідникових нанониток та поруватих напівпровідників. Формування нанониток за механізмом пар-рідина-кристал. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Синтез нанониток за технологіями «зверху	2	2	4

	вниз». Метод метал-стимульованого хімічного травлення.			
8	Структура та методи отримання плівкових систем. Спонтанно впорядковані наноструктури. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Механізми росту плівок. Епітаксія.	2	2	5
	Модульна контрольна робота 1			2
Змістовий модуль 2.				
III. Особливості фізичних властивостей наноструктурних матеріалів та їх застосування				
9	Квантово-розмірний ефект. Фізична природа квантово-розмірного ефекту. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Умови спостереження квантово розмінних ефектів. Енергетичний спектр самоорганізованої кваттової точки.	2		3
10	Вплив квантоворозмірного ефекту на спектр поглинання та люмінесценції квантової точки. Екситони в напівпровідникових наноструктурах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Локальний ефект поля. Лазери на квантових ямах.	2		4
11	Теорії ефективного середовища для гетеросистем (нанокомпозитів). Моделі Максвелла - Гарнета і Бруггемана. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Врахування анізотропії форми в моделях ефективного середовища. Застосування моделей ефективного середовища для нанопоруватих матеріалів.	2	2	4
12	Оптичні властивості металевих наночастинок та наноструктур на їх основі. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Наноплазмоніка. Використання металевих наноструктур.	2		4
13	Електричні та магнітні властивості наноматеріалів. Феромагнітні властивості наноматеріалів. Суперпарамагнітний стан. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Феромагнітні рідини. Феромагнітні наночастинки в твердотільних матрицях.	2		4
14	Основні методи дослідження наноматеріалів. Дифракція рентгенівських променів на нанорозмірних структурах. Метод раманівської спектроскопії. Атомно силова та скануюча електронна мікроскопії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Оптичні методи дослідження тонких плівок та багатошарових систем.	2	6	6
15	Наноструктурні матеріали для генерації та зберігання енергії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		4

	Сонячні елементи на квантових точках та на масиві нанониток.			
	Модульна контрольна робота 2			2
	Консультація	1		
	Всього	30	14	75

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

Лекцій – **30** год.

Лабораторні роботи – **14** год.

Консультації – **1** год.

Самостійна робота - **75** *год.*

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

а) основні:

1. 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
2. В.В. Погосов, Ю.А. Куницький, А.В. Бабіч, А.В. Коротун, А.П. Шпак. Нанофізика і нанотехнології. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 380 с.
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. М. О. Азарєнков, І. М. Неклюдов, В. М. Береснєв, В. М. Воєводін, О. Д. Погребняк, Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовичський 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.

б) додаткові:

1. З. Ю. Готра. Технологія електронної техніки: у двох томах: навч. посіб. Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львів. політехніка”, 2010. – Т. 2. – 884 с.
2. Загородній В.В. Локальні методи досліджень: підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» ; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 323 с.
3. Єщенко О. А. Плазмоніка: Навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей університетів. – К.: Фенікс, 2013. – 176 с.
4. A. S. Edelstein, R. C. Kamarata. Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications. Bristol: Institute of Physics, 1996.– 596 p.
5. 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.
6. В. Малишев, Н. Кущевська, О. Папроцька, О. Терещенко. Наноматеріали та нанотехнології. Методи аналізу та контролю. Посібник. Університет "Україна", 2018, - 81с.
7. T.V. Veremeichyk, O.V., Makarenko, V.B. Shevchenko, S.Y. Ivanchuk, A.V. Rybalochka, "Investigation of multilayer samples of porous silicon with periodic structure by spectroscopic ellipsometry", Low Temperature Physics, 51, 239 (2025)
8. В. Б. Шевченко. Поруватий кремній: синтез, властивості, використання. Навчальний посібник ТОВ «Нілан-ЛТД», 2019. – 131 с.
9. В. О. Чадюк. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання : навч. посіб. У 2-х кн. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с.