

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра фізики металів



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Фізика наноструктурних матеріалів**

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній ступінь Бакалавр  
освітня програма Фізика  
спеціалізований  
вбірковий блок Фізика наноструктур в металах та кераміках  
вид дисципліни Вбіркова ВК10

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	восьмий
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: проф. Семенко Михайло Петрович

Пролонговано: на 2021/2022 н.р.  (підпис, ПІБ, дата) 40 «01» 2022 р.

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

КИЇВ – 2021

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

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри фізики металів

  
(підпис)

(Курілюк В.В.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Оліх О.Я.)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – отримання глибоких та систематизованих знань з теорії та практики впливу нанорозмірності на структуру та властивості наноструктурованих систем, у взаємозв'язку з загальними властивостями традиційних систем, критично розглянути основні фактори, що визначають особливі властивості наноструктурованого стану, їх взаємозв'язок з електронною та атомною структурами та їх вплив на властивості матеріалів.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. 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.

2. 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.

3. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

**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 їх особливості механічних, 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 (60%) та іспиту (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – ознайомлення студентів з основними фізичними та геометричними аспектами, що обумовлюють особливості властивостей наноструктур, та визначення основних проблемних питань, що виникають при переході систем до нанорозмірного стану, їх експериментальний прояв на термодинамічних, оптичних, електричних, магнітних та механічних 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 вибіркового блоку «Фізика наноструктур в металах та кераміках»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*інтегральної:*

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або 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. 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 дифракції рентгенівських променів на твердих тілах та дифракції рентгенівських променів на 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)

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни	
	1.1	1.2
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та/або 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.

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

## 7.1 Форми оцінювання студентів:

### - семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1 за темами 1-4: РН 1.1 – 22 бали / 13 балів
2. Контрольна робота 2 за темою 5: РН 1.2 – 22 бали / 13 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 8 балів / 5 балів
4. Підготовка рефератів: РН 1.1, 1.2 – 8 балів / 5 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 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. 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 звітів лабораторних робіт та доповіді по рефератам проводиться упродовж семестру.

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

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

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самост. робота.
<b>Змістовий модуль 1.</b>				
<b>I. Наноматеріали та нанофізика, основні етапи становлення.</b>				
1.1.	Предмет та задачі курсу. Основні етапи розвитку нанофізики.	1		2
1.2.	Класифікація наноструктурних матеріалів	1		2
<b>II. Розмірні ефекти</b>				
2.1.	Загальна характеристика розмірних ефектів	2		2
2.2.	Термодинаміка наноматеріалів та роль в ній розмірних ефектів	2		2
2.3.	Квантово-механічне врахування розмірних ефектів	2		3
<b>III. Кластери та їх особливості</b>				
3.1.	Нульмірні матеріали. Кластери та їх класифікація. Методи одержання кластерів.	1		2
3.3.	Структура нанокристалічних частинок. Структура кластерів.	1		2
3.4.	Особливості, електронна структура та властивості металічних безлігандних кластерів.	2		3
3.5.	Металічні лігандні кластери.	1		2
<b>IV. Особливості фізичних властивостей наноструктурованих матеріалів</b>				
4.1	Структурні та фазові перетворення. Залежність температури топлення від розміру частинок. Параметри кристалічної комірки.	2		3
4.3.	Фононний спектр і термічні властивості: фононний спектр, теплоємність, температура Дебая, коефіцієнт термічного розширення.	2		3
4.4.	Оптичні властивості.	1		2
4.5.	Електричні та магнітні властивості. Вплив наноструктурованості на механічні властивості.	2		3
	Модульна письмова робота			2
<b>Змістовий модуль 2.</b>				
<b>V. Застосування методів рентгенівської дифракції для дослідження наноматеріалів</b>				
5.1.	Рентгенівське випромінювання. Суцільний та характеристичний спектр. Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною. Коефіцієнт поглинання. Селективний поглинаючий фільтр.	2		3
5.2.	Розсіювання X-випромінювання вільним електроном. Множник Томсона та поляризаційний множник. Індикатриси розсіювання при різній поляризації первинного пучка. Переріз розсіювання.	3		3
5.3.	Когерентне розсіяння рентгенівського	3		4

	випромінювання атомом. Атомна амплітуда розсіювання та її зв'язок з електронною густиною. Атомний множник.			
5.4.	Розсіяння рентгенівського випромінювання ідеальним кристалом малого розміру. Інтерференційна функція Лауе та її аналіз Ширина головних максимумів. Рівняння Лауе. Формула Вульфа-Брегга. Запис інтерференційної функції в оберненому просторі. Інтерференційне рівняння та його графічна інтерпретація. Побудова Евальда для різних методів зйомки (метод Лауе, метод обертання, метод Дебая-Шерера). Зв'язок форми та розмірів вузла оберненої ґратки з формою та розмірами кристалу.	4		8
5.5.	Розсіяння рентгенівських променів непримітивною елементарною коміркою. Структурна амплітуда та структурний множник. Розрахунок структурного множника для упорядкованих структур. Правила погасання. Псевдопогасання. Множник повторюваності.	3		6
5.6.	Загальні особливості розшифровки дифракційних спектрів (рентгенівський фазовий аналіз)	4		4
5.7.	Рентгенівські методи визначення розміру частинок: метод апроксимації, метод Фур'є аналізу.	4		8
5.8.	Малокутове розсіювання рентгенівських променів.	2		4
	Модульна письмова робота			2
	Консультація	1		
	Всього	45		75

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

Лекцій – **44** год.

Консультації – **1** год.

Самостійна робота - **75** год.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### а) основні:

1. В.В. Погосов, Ю.А. Куницький, А.В. Бабіч, А.В. Коротун, А.П. Шпак. Нанofізика і нанотехнології. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 380 с.
2. Кондир А. І. Наноматеріалознавство і нанотехнології. Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 452 с.
3. Наноматеріали та нанотехнології. Методи аналізу та контролю. Посібник. В. Малишев, Н. Кущевська, О. Папроцька, О. Терещенко - Університет "Україна", 2018, - 81с.
4. E.L. Wolf. Nanophysics and nanotechnology. An Introduction to modern Concepts in Nanoscience. Wiley-VCH, Verlag GBH&Co.KGaA.2004. – 185 p.
5. Ковтун Г.П., Веревкин А.А. Наноматериалы: технологии и материаловедение: Обзор. - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. - 73 с.

### б) додаткові:

1. Новиков Л.С., Воронина Е.Н. Перспективы применения наноматериалов в космической технике. – М. Университетская книга. – 2008. – 188 с.
2. Пул Ч., Оуенс Ф. Нанотехнологии.// М: Техносфера. 2005. 336 с.
3. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.:«Физматлит», 2005, 416 с.
4. В.Н. Неверов, А.Н. Титов. Физика низкоразмерных систем. Учебное пособие. Екатеринбург. 2008. – 232 с.
5. Суздаев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. –592 с.
- 6.
7. Р. А. Андриевский. Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева), 2002, т. XLVI, №5 С. 50 -56.
8. В.Г. Удовицкий. О терминологии, стандартизации и классификации в области нанотехнологий и наноматериалов. ФІП ФІП PSE, 2008, т. 6, № 3-4, vol. 6, No. 3-4. – С.193-201,
9. Г.Н. Макаров. Кластерная температура. Методы ее измерения и стабилизации// УФН. – 2008. – Т.178, №4. – С. 337-376.,
10. И. Д. Морохов, В.И. Петинов, Л.И. Трусов, В.Ф. Петрунин. Структура и свойства металлических частиц // УФН. – 1981. – Т.133, №4. – С. 653-692.
11. И.П. Суздаев, П. И. Суздаев. Нанокластеры и нанокластерные системы. Организация, взаимодействия, свойства. // Успехи химии. – 2001. – Т.70. №3. – С. 203-240.
12. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М.: Атомиздат.-1977.
13. Уманский Я.С. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия.- 1982.
14. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с.