

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана  
з навчальної роботи

Момот О.В.

2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ<sup>1</sup>

Діагностика наносистем  
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній ступінь магістр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма Фізика наносистем  
(назва освітньої програми)  
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2021/2022  
Семестр 2  
Кількість кредитів ECTS 3  
Мова викладання, навчання  
та оцінювання українська  
Форма заключного контролю іспит

Викладач: доцент Кудін Володимир Григорович

(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 – 2021

<sup>1</sup> Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники<sup>1</sup>: Кудін Володимир Григорович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент 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 № 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.)  
(прізвище та ініціали)

---

<sup>1</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – дати уявлення магістрам про сучасні методи дослідження атомної структури тіл в різних станах, в т.ч. в наноструктурному (наночастинки, нанотрубки, плівки та компактних наноматеріалів). Розглядаються методи електронної спектроскопії (рентгенівської, ультрафіолетової), рентгенівської флюоресценції, основи електронної мікроскопії (просвічуючої, скануючої), ядерного, електронного магнітних резонансів. Ці методи, додатково до дифракційних, які вивчались раніше, дозволяють детально аналізувати атомну структуру і процеси, які призводять до її виникнення.

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

1. Знати методи одержання нанопорошків, плівок та наноструктурованих компактних матеріалів, основи фізики твердого тіла, квантової теорії твердого тіла, області застосування та вимоги до параметрів нанооб'єктів та наносистем.
2. Вміти застосовувати знання з курсів математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, електродинаміки, статистичної фізики, квантової механіки.
3. Володіти знаннями про основні фізичні властивості наносистем і особливості атомної структури, які їх пояснюють.

### **3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

В рамках курсу «Діагностика наносистем» розглядаються методи експериментального дослідження атомної структури наносистем і процесів, які відбуваються при її утворенні. Мета вивчення дисципліни – ознайомити студентів з сучасними досягненнями фізики і приладами, побудованими на їх основі, що дозволять дослідити атомну структуру речовини, яка обумовлює ті чи інші властивості матеріалів.

### **4. Завдання (навчальні цілі)** – вивчити можливості сучасних методів дослідження атомної структури матеріалу.

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**:

*інтегральної:*

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

*загальних:*

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

ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

*спеціальних (фахових, предметних):*

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

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

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

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)	<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій</i>
--	-------------------------------------	--------------------------	-------------------------------

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

Код	Результат навчання			оцінці з дисципліни
1.1	Знати методи діагностики, що вивчаються в цьому курсі і приклади де вони можуть бути використана для визначення особливостей атомної будови наноб'єктів в різних структурах: на поверхні, в об'ємі і т.п.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	70
2.1	Вміти вибрати варіанти експериментальних досліджень, які дозволять виявити суттєві особливості атомної будови наноб'єктів.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	30

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

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни	
	1.1	2.1
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.	+	+
РН02. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.	+	+
РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.		+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-3: РН 1.1, 2.1 – 25 балів / 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темою 4: РН 1.1, 2.1 – 25 балів / 15 балів
3. Опитування в процесі лекцій: РН 1.1, 1.2 – 10 балів / 6 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.

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

<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 І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	семінари	С/Р
<b>Розділ 1 «Методи скануючої зондової мікроскопії для вивчення нанооб'єктів та наносистем»</b>				
1	<b>Тема 1. Електронна мікроскопія</b> Будова просвічуючого електронного мікроскопа. Електронна оптика, Хвильова оптика. Фазовий і апертурний контраст. Електронні гармати і система освітлення. Усунення недоліків і покращення зображення (сферична, хроматична аберация, астигматизм, поперечна довжина когерентності). Роздільна здатність. Нестабільності, що погіршують зображення (магнітного, електричного полів лінз, вібрація, забруднення зразків). Вакуумна система. Методи отримання зразків для дослідження в просвічуючому електронному мікроскопі. Контрасти зображення. Світлопольні і темнопольні зображення. Растровий електронний мікроскоп. Рентгенівський мікроаналізатор.	5		10
2	<b>Тема 2. Електронна спектроскопія.</b> Рентгенівська, ультрафіолетова фотоелектронні спектроскопії. Електронна Оже-спектроскопія. Рентгенівська флюоресцентна спектроскопія. Експериментальне визначення природи хімічного зв'язку компонентів твердого тіла. Експериментальне визначення електронної структури валентної зони твердих тіл. Якісний і напівякісний елементний аналіз твердих тіл, визначення хімічного зсуву і структури. Аналізатори електронного спектру випромінювання (енергоаналізатори). Аналізатори рентгенівського спектру випромінювання. Фотопомножувачі. Визначення структури локального оточення хімічного елемента використовуючи дальню тонку структуру ліній спектру рентгенівського поглинання (EXAFS-спектроскопія). XANES спектроскопія.	5		10
3	<b>Тема 3. Скануюча зондова мікроскопія нанооб'єктів та наносистем.</b> Скануюча тунельна мікроскопія, скануюча атомно силова мікроскопія, скануюча електросилова мікроскопія, скануюча магнітосилова мікроскопія, скануюча ближньопольова оптична мікроскопія та скануюча (растрова) електронна мікроскопія	4		10
	<b>Модульна контрольна робота 1</b>	1		-
<b>Розділ 2 «Резонансні методи вивчення нанооб'єктів та наносистем»</b>				
5	<b>Тема 4. Резонансні методи дослідження нанооб'єктів та наносистем.</b> Носії магнітного моменту в атомі: орбітальний рух електрона, спин електрона, спин ядер. Обчислення значення спін ядер різних елементів. Класичне уявлення про «рух» ядерно спін у зовнішньому магнітному полі (прецесія). Джерела магнітного поля. Вплив змінного магнітного поля на рух спінового ядра. Ядерна намагніченість речовини. Квантовомеханічний опис ядерної	14		30

	намагніченості. Розподіл ядерних спінів по енергетичних рівнях. Від'ємні температури. Релаксаційні процеси в системах ядерних спінів. Спін-спінова взаємодія, спін-решіткова взаємодія. Характерні часи релаксації $T_1$ і $T_2$ . Магнітна взаємодія ядер з електронами. Визначення локального оточення ядер: хімічний зсув. Імпульсні послідовності..			
	<b>Модульна письмова робота 2</b>	1		-
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>		<b>60</b>

**Загальний обсяг 90 год.<sup>2</sup>**, 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.**

---

<sup>2</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>3</sup>:

### *Основна:*

1. Карбовский В.Л., Шпак А.П. Рентгеновская и электронная спектроскопии. —К.: Наукова думка, 2010, —263 с. [Бібліотека факультету]
2. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. —М.:Мир, 1981,—448 с. [Бібліотека факультету]
3. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерный магнитный резонанс. — Ірпінь:ВТФ «Перун», 2007, —480 с. [Наукова бібліотека ім. М. Максимовича]
4. Т. Томас, М. Дж. Гориндж Просвечивающая электронная микроскопия материалов: Пер. с англ./Под. ред. Ванштейна Б.К. —М.:Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. — 320с. [Бібліотека факультету]
5. Joseph P. Hornak, The Basics of NMR, 2017, Електронний ресурс: <https://www.cis.rit.edu/htbooks/nmr/bnmr.htm>.
6. Kristin Peck, Photoelectron Spectroscopy: Theory, 2020. Електронний ресурс: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Supplemental\\_Modules\\_\(Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\)/Spectroscopy/Photoelectron\\_Spectroscopy/Photoelectron\\_Spectroscopy%3A\\_Theory](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Photoelectron_Spectroscopy/Photoelectron_Spectroscopy%3A_Theory)
7. Ray Wong, Josh Alamillo, EXAFS: Theory, 2020. Електронний ресурс: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Supplemental\\_Modules\\_\(Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\)/Spectroscopy/X-ray\\_Spectroscopy/EXAFS%3A\\_Theory](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/X-ray_Spectroscopy/EXAFS%3A_Theory)

### *Додаткова:*

1. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Захаренко М.І., Волощенко А.С. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. – Київ: Академперіодика, 2003, —208 с.
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. — М.: Техносфера, 2006, —336 с.
3. Спенс Дж. Экспериментальная электронная микроскопия высокого разрешения.: Пер. с англ./Под. ред. В.Н. Ражанского. —М.:Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — 320 с.
4. An Introduction to electron microscopy, Thermo Fisher Scientific, 2010 [https://nanolab.cnsi.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/16/2019/11/Introduction\\_to\\_EM\\_booklet\\_July\\_10.pdf](https://nanolab.cnsi.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/16/2019/11/Introduction_to_EM_booklet_July_10.pdf)
5. James Keeler, Understanding NMR Spectroscopy, University of Cambridge, Department of Chemistry, 2002, <http://www-keeler.ch.cam.ac.uk/lectures/Irvine/chapter1.pdf>.

---

<sup>3</sup> В тому числі Інтернет ресурси