

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра фізики кристалів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету
Руслан БОВК



2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спеціальний практикум випускаючої кафедри
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
галузь знань _____ 10 – Природничі науки, математика та статистика _____
(шифр і назва)
спеціальність _____ 104 – фізика та астрономія _____
(шифр і назва)
освітня програма _____ фізика _____
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)
факультет _____ фізичний _____

2025/2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

29 серпня 2025 року, протокол № 10

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Богданов В.В., канд. фіз.- мат. наук, доцент кафедри фізики кристалів

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол №9 від 22 серпня 2025 року

В.о. завідувача кафедри:

В.С.Т.
(підпис)

Владислав СЕМІНЬКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол №5 від 28 серпня 2025 року

Голова методичної комісії

М.
(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Спеціальний практикум випускаючої кафедри»
складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки ____перший
(бакалавр)____

спеціальності (напряму) _____ 104 – фізика та астрономія _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є

ознайомити студентів із сучасними методами експериментального дослідження
релаксаційних процесів у реальних кристалах

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є

освоїти металографічні методи з використанням оптичної та електронної мікроскопії щодо
виявлення мікроструктури металевих об'єктів.

1.3. Кількість кредитів – 5

1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
72 год.	год.
Самостійна робота	
78 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких
результатів навчання:

Компетентності, що мають бути сформовані:

- Інтегральна: 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 складністю та невизначеністю умов. (ІК)
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК 2)

- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК 3)
- Здатність бути критичним і самокритичним. (ЗК 4)
- Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК 5)
- Навички міжособистісної взаємодії. (ЗК 6)
- Навички здійснення безпечної діяльності. (ЗК 7)
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. (ЗК 8)
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. (ЗК 9)
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. (ЗК 11)
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК 12)
- Здатність спілкуватися іноземною мовою. (ЗК 13)
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК 1)
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів. (ФК 2)
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. (ФК 3)
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень. (ФК 4)
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем. (ФК 5)
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи. (ФК 8)
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. (ФК 9)
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. (ФК 10)
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень. (ФК 12)
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК 13)
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК 14)

1.7. Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

Програмні результати навчання

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні 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 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії. (ПРН 1)
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них. (ПРН 2)
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. (ПРН 3)
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. (ПРН 5)
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації. (ПРН 7)

- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань. (ПРН 8)
- Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. (ПРН 9)
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. (ПРН 11)
- Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження. (ПРН 12)
- 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. (ПРН 13)
- Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини. (ПРН 14)
- Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів. (ПРН 16)
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду. (ПРН 17)
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства. (ПРН 22)
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку. (ПРН 25)

1.8. Вивченню навчальної дисципліни передують курс загальної фізики, курс класичної термодинаміки та статистичної фізики.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

1. Вивчення процесу збіраючої рекристалізації у полікристалах заліза
2. Спікання порошкових пресовок
3. Дифузійний розпад тонких металевих плівок на твердій підкладці
4. Вивчення процесу взаємної дифузії в системі Cu-Ni
5. Релаксація напруг, що виникають у дифузійній зоні, під час формування інтерметаліду в системі Cd-Ni

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	л.	ін.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7

1. Вивчення процесу збіраючої рекристалізації у полікристалах заліза	30		14	16
2. Спікання порошкових пресовок	30		15	15
3. Дифузійний розпад тонких металевих плівок на твердій підкладці	30		15	15
4. Вивчення процесу взаємної дифузії в системі Cu-Ni	30		14	16
5. Релаксація напруг, що виникають у дифузійній зоні, під час формування інтерметаліду в системі Cd-Ni	30		14	16
Усього годин	150		72	78

5. Завдання для самостійної роботи

№	Вивчення теоретичних основ процесів, що досліджуються, за допомогою методичних розробок, та рекомендованої літератури	Кількість годин
1	1. Вивчення процесу збіраючої рекристалізації у полікристалах заліза	16
2	2. Спікання порошкових пресовок	15
3	3. Дифузійний розпад тонких металевих плівок на твердій підкладці	15
4	4. Вивчення процесу взаємної дифузії в системі Cu-Ni	16
5	5. Релаксація напруг, що виникають у дифузійній зоні, під час формування інтерметаліду в системі Cd-Ni	16
	Разом	78

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю:

залік.

Питання до контролю:

1. Характеристики процесу збіркової рекристалізації. Рушійна сила процесу.
2. Закономірності кінетики протікання процесу збіркової рекристалізації.
3. Металографічні методи виявлення зеренної структури полікристалу.
4. Метод розрахунку середнього розміру зерна полікристалу.
5. Критерії вибору ділянки шліфа, на якій відбувалася саме збіркова рекристалізація.
6. Визначення та характеристики процесу спікання порошкових об'єктів.
7. Рушійна сила процесу спікання.
8. Механізми перенесення речовини у процесі спікання.
9. Чому швидкість спікання залежить від розміру кристалітів, складаючих пресовку.
10. Метод виміру середнього розміру кристалітів.
11. Рушійна сила розпаду суцільної тонкої плівки на підкладці.
12. Механізм перенесення речовини у процесі розпаду плівки.
13. Критерій енергетичної доцільності розпаду плівки.
14. Метод отримання тонкої плівки на підкладці.
15. Метод виміру товщини плівки на підкладці.
16. Процес взаємної дифузії: його характеристики, рівняння, що описує кінетику його ходу у часі.

17. Коефіцієнт взаємної дифузії. Метод його розрахунку по експериментально виміряному розподілу концентрації речовини в дифузійній зоні.
18. Метод вимірювання розподілу концентрації речовини в дифузійній зоні.
19. Чому коефіцієнт взаємної дифузії речовин залежить від її концентрації в дифузійній зоні?
20. Що релаксує у процесі взаємної дифузії?
21. Що таке інтерметалічна сполука?
22. Чому, де і якого знаку напруги виникають під час формування інтерметаліду?
23. Які процеси релаксації можуть супроводжувати процес формування і росту інтерметаліду?
24. Як розрахувати величину стрибка об'єму кристалічної ґратки, пов'язаного з утворенням сполуки?
25. Як оцінити внесок пластичної релаксації напруг під час утворення тріщин (крихкої релаксації) в інтерметаліді?

8. Схема нарахування балів

Поточне тестування за темами					Залік	Сума
T1	T2	T3	T4	T5		
15	15	15	15	15	25	100

T1, T2 ... – теми лабораторних робіт

Тестування з кожної теми складається з 3-ох етапів: 1) виконання лабораторної роботи (5 балів), 2) оформлення роботи (5 балів), 3) відповідь на контрольні запитання (5 балів).

Критерієм оцінювання на заліку слугує якість відповідей на запитання з кожної з 5-ти тем (5 балів за правильні відповіді з кожної теми).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Богданов В. В. Дифузія в кристалах. – ХНУ, 2006.
2. Mehrer, H. Diffusion in solids: fundamentals, methods, materials, diffusion-controlled processes. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007.

3. Ghomashchi, R. An Introduction to Fundamentals of Diffusion in Solid State Materials. – CRC Press, 2024.
4. Shewmon P. Diffusion in Solids. – Springer Cham, 2016.
5. Manning J. Diffusion Kinetics for Atoms in Crystals. – Van Nostrand, 1968.

Допоміжна література

1. Парицька Л. Н. Дифузія і дифузійні процеси в кристалах: Тексти лекцій.– Част. 1.– Харків: ХДУ, 1991.
2. Murch, G. E. Diffusion in crystalline solids. – Academic Press, 2012.
3. Alope P., and Divinski, S. (eds.) Handbook of Solid State Diffusion: Volume 1: Diffusion Fundamentals and Techniques. Vol. 1. – Elsevier, 2017.