

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

Декан
фізичного факультету



Руслан БОВК

"29" серпня 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спецкурс "Взаємодія рентгенівського випромінювання з реальними кристалами та їх пружні властивості"

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
галузь знань _____ 10 – природничі науки _____
(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

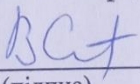
29 серпня 2025 року, протокол № 10

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Петрушенко С.І., 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:



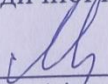
(підпис)

Владислав СЕМІНЬКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол №5 від 28 серпня 2025 року

Голова методичної комісії



(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Вступ

Програма навчальної дисципліни “Взаємодія рентгенівського випромінювання з реальними кристалами та їх пружні властивості” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалавра

спеціальності 104 – фізика та астрономія

Предметом вивчення навчальної дисципліни є закономірності утворення рентгенівського випромінювання, його основні властивості та особливості розсіювання рентгенівських променів кристалічною ґраткою.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є: ознайомити студентів з основними ідеями, теорією та експериментальними методами рентгеноструктурного аналізу кристалічних твердих тіл.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є: освоїти теорію розсіювання рентгенівських променів кристалічною решіткою.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- 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 приймати обґрунтовані рішення. (ЗК 5)
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. (ЗК 8)
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків. (ЗК 9)
- 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 базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. (ФК 7)
- 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)

1.3. Кількість кредитів – 3.

1.4. Загальна кількість годин – 90.

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

Форма контролю – залік.

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: фізику рентгенівських променів, методи їх отримання та детектування, основи кінематичної теорії розсіювання рентгенівських променів кристалічною решіткою, теорію експериментальних методів рентгеноструктурного аналізу кристалів.

вміти: застосовувати отримані знання при визначенні структури кристалів, їх фазового складу та структурних змін під впливом зовнішніх чинників.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- 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)
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії. (ПРН 6)
- 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 відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань. (ПРН 8)
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. (ПРН 11)
- 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 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)
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії. (ПРН 23)
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій. (ПРН 24)
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку. (ПРН 25)

2. Тематичний план навчальної дисципліни Тема

1. Фізика рентгенівських променів, їх отримання та детектування.

Безперервний спектр. Характеристичний спектр. Правила відбору для переходів електронів всередині атома. Інтенсивності спектральних ліній.

Рентгенівська техніка. Методи реєстрації рентгенівських променів **Тема**

2. Елементи структурної кристалографії.

Кристалографічні комплекси. Кристалографічні проекції. Властивості вектора зворотної ґратки.

Тема 3. Явища, що супроводжують проходження рентгенівських променів через речовину.

Коефіцієнт ослаблення променів. Поглинання. Некогерентне розсіювання.

Тема 4. Інтерференційна функція та рівняння Лауе.

Основи кінематичної теорії розсіювання. Вивід та аналіз інтерференційної функції. Три види рівняння Лауе. Рівняння ВульфаБрегга.

Тема 5. Розсіювання складною ґраткою.

Структурний множник.

Тема 6. Атомна амплітуда розсіювання рентгенівських променів.

Тема 7. Інтегральна відбиткова властивість моно- та полікристалів.

Тема 8. Температурна залежність інтенсивності розсіювання рентгенівських променів кристалічною решіткою.

Тема 9. Вплив поглинання рентгенівських променів у кристалах на інтенсивність.

Тема 10. Основи фазового рентгеноструктурного аналізу.

Якісний фазовий аналіз. Кількісний фазовий аналіз. Методи кількісного фазового аналізу.

Тема 11. Методи рентгеноструктурного аналізу монокристалів.

Метод Лауе. Метод обертання.

Тема 12. Методи рентгеноструктурного аналізу полікристалів.

Метод Дебая-Шерера. Прецизійні методи визначення параметрів кристалічної ґратки.

Тема 13. Малі деформації. Тензор деформацій.

Тема 14. Механічні напруження. Тензор напружень. Рівняння рівноваги.

Тема 15. Закон Гука. Фізичний сенс та зв'язок поміж пружними модулями.

Однорідні деформації. Пружні властивості кристалів. **Тема**

16. Пружні хвилі. Поверхневі хвилі.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усьо го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1.	6	2				4						
Тема 2.	6	2				4						
Тема 3	6	2				4						
Тема 4	6	2				4						
Тема 5	6	2				4						
Тема 6	6	2				4						
Тема 7.	4	2				2						
Тема 8.	4	2				2						
Тема 9	6	2				4						
Тема 10	8	2				6						
Тема 11	4	2				2						
Тема 12	4	2				2						
Тема 13	6	2				4						
Тема 14	6	2				4						
Тема 15	8	2				6						
Тема 16	4	2				2						
Усього годин	90	32				58						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фізика рентгенівських променів, їх отримання та детектування. Безперервний спектр. Характеристичний спектр.	
2	Інтерференційна функція та рівняння Лауе. Три види рівняння Лауе.	
3	Структурний множник.	
4	Атомна амплітуда розсіювання	
5	Тензор деформацій у криволінійних координатах	
6	Тензор напружень на поверхні твердого тіла	
7.	Симетрія тензора пружних модулів	
	Разом	

5. Теми завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Спектри рентгенівських променів	4
2	Зворотня ґратка	4
3	Поглинання рентгенівських променів у твердих тілах	4
4	Інтерпретація рівняння Лауе за допомогою зворотної ґратки	4
5	Структурна амплітуда для ГПУ- кристалів	4
6	Визначення густини електронів у атомах	4
7	Множник Лоренца для моно- та полікристалів	2
8	Температурний множник Дебая-Уоллера	2
9	Множник поглинання рентгенівських променів у кристалах	4
10	Поняття про динамічну теорію розсіювання рентгенівських променів у кристалах	6
11	Рентгенотопографічні методи дослідження кристалів	2
12	Прецизійне визначення параметрів кристалічної решітки	2
13	Пружна енергія деформованого тіла.	4
14	Вираз закону Гука у циліндричних та сферичних координатах.	4
15	Деформація двовимірного твердого тіла	6
16	Розподіл напружень у напівпросторі в умовах зосередженого навантаження	2
	Разом	58

7. Методи контролю Форма

контролю – залік.

Письмові відповіді на запитання контрольної роботи.

Письмові відповіді на запитання екзаменаційного завдання

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота	Курсові роботи	Підсумковий контроль (екзамен)	Сума
T1 – T16			
30	30	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література Базова

1. J. M. Cowley, Diffraction physics / North – Holland Publishing Company – 1975
2. A. Taylor, X-ray Metallography / John Willey & Sons, Inc – 1961
3. R.W. James. The optical principles of the diffraction of X-rays / G.Bell and Sons Ltd - 1962
4. L. Ooi, Principles of X-ray Crystallography, OUP Oxford, 2010.
5. W. Clegg, X-ray Crystallography, Oxford University Press, 2015
6. M. Ladd, R. Palmer, Structure Determination by X-ray Crystallography: Analysis by Xrays and Neutrons, Springer Science & Business Media, 2014
7. D. W. Bennett, Understanding Single-Crystal X-Ray Crystallography, John Wiley & Sons, 2010.
8. L D Landau, E.M. Lifshitz, A. M. Kosevich, L. P. Pitaevskii, Theory of Elasticity, Elsevier, 1986
9. R. J. Atkin, N. Fox, An Introduction to the Theory of Elasticity, Courier Corporation, 2005. - 245 стор..
10. M.H.Sadd. Elasticity. Theory, applications and numerics, Elsevier, 2005.

Допоміжна

1. R E Dinnebier, S J L Billinge, Powder Diffraction: Theory and Practice, Royal Society of Chemistry, 2015
2. V. Pecharsky, P. Zavalij, Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials, Springer Science & Business Media, 2005

3. G. Will, Powder Diffraction: The Rietveld Method and the Two Stage Method to Determine and Refine Crystal Structures from Powder Diffraction Data, Springer Science & Business Media, 2006