Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики твердого тіла

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан фізичного факультету

Руслан ВОВК

"_____"_____ 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Спецпрактикум з основ структурного аналізу
(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

20 25/ 20 26 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 29 ” серпня 20 25 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Дмитро РОХМІСТРОВ, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент, Антон ГОНЧАРЕНКО, асистент

Програму схвалено на засіданні кафедри
фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня 20 25 року № 9

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

(підпис) Золтан ЗИМАН
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/) програми (керівником проектної групи)
фізика
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) фізика

(підпис) Олег ЛАЗОРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією
фізичного
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 20 25 року № 5

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету

(підпис) Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Спецпрактикум з основ структурного аналізу” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності 104 – фізика та астрономія

спеціалізації

фізика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є вивчення дифракційних методів дослідження кристалічної структури. Основна увага приділяється практичним методам одержання рентгенограм від кристалів та їхнього розрахунку, визначенню параметрів кристалічної гратки, орієнтації монокристалів, фазового та елементного складу зразків.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є навчити студентів основам структурного аналізу, практичним методам зйомки та розрахунку рентгенограм кристалічних речовин.

1.3. Кількість кредитів - 5

1.4. Загальна кількість годин - 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
4-й
Семестр
8-й
Лабораторні заняття
72 год.
Самостійна робота
78 год.
у тому числі індивідуальні завдання
0 год.

1.6. Заплановані результати навчання

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 (ІК1).

Загальні

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК3).
- Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК4).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК5).
- Навички міжособистісної взаємодії (ЗК6).
- Навички здійснення безпечної діяльності (ЗК7).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК9).
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо (ЗК11).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК13).

Фахові

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1).
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3).
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК4).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК5).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК14).

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 (ПРН1). .
- 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 (ПРН2). .
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН5).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН7).
- 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 (ПРН8).
- 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 (ПРН9).

- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН11).
- Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження (ПРН12).
- 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 (ПРН13).
- 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 (ПРН14).
- 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 (ПРН16).
- 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 (ПРН17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН22).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН25).
- знати теоретичні основи методів структурного аналізу твердих тіл;
- вміти згідно поставленому завданню, вибрати відповідний метод структурного аналізу, провести зйомку рентгенограми (дифрактограми) і розрахувати її, вміти визначати параметри кристалічної гратки, орієнтацію монокристалів, фазовий та елементний склад зразків.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи рентгенографічного аналізу твердих тіл.

Тема 1. Апаратура рентгенографічного дослідження структури твердих тіл.
Тема 2. Визначення коефіцієнту поглинання рентгенівських променів алюмінію.
Тема 3. Визначення матеріалу аноду рентгенівської трубки методами рентгеноспектрального аналізу.
Тема 4. Зйомка та розрахунок рентгенограми, знятої фотографічним методом від полікристалічного зразка кубічної системи (Метод Дебая-Шерера).
Тема 5. Зйомка та розрахунок рентгенограми від полікристалічного зразка гексагональної або тетрагональної системи (Метод Дебая-Шерера) за допомогою дифрактометра.
Тема 6. Зйомка та розрахунок рентгенограми від нерухомого монокрісталу (Метод Лауе).
Тема 7. Зйомка та розрахунок обернених рентгенограми (епіграм) від нерухомого монокрісталу (Метод Лауе).
Тема 8. Зйомка та розрахунок рентгенограм обертання від монокристалів.
Тема 9. Дослідження якісного та кількісного фазового складу зразків за допомогою рентгенівського фазового аналізу.
Тема 10. Зйомка та розрахунок рентгенограмм від текстурованих зразків.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. *Методи рентгенографічного аналізу твердих тіл*						
Тема 1. Апаратура рентгенографічного дослідження	12			6		6

структури твердих тіл. Техніка безпеки при роботі на рентгенівських установках для структурного аналізу						
Тема 2. Визначення коефіцієнту поглинання рентгенівських променів алюмінію	12			6		6
Тема 3. Визначення матеріалу аноду рентгенівської трубки методами рентгеноспектрального аналізу	12			6		6
Тема 4. Зйомка та розрахунок рентгенограми, знятої фотографічним методом від полікристалічного зразка кубічної системи (Метод Дебая-Шерера)	12			6		6
Тема 5. Зйомка та розрахунок рентгенограми від полікристалічного зразка гексагональної або тетрагональної системи (Метод Дебая-Шерера) за допомогою дифрактометра	12			6		6
Тема 6. Зйомка та розрахунок рентгенограми від нерухомого монокрісталу (Метод Лауе)	14			6		8
Тема 7. Зйомка та розрахунок обернених рентгенограми (епіграм) від нерухомого монокрісталу (Метод Лауе)	14			6		8
Тема 8. Зйомка та розрахунок рентгенограм обертання від монокристалів	14			6		8
Тема 9. Дослідження якісного та кількісного фазового складу зразків за допомогою рентгенівського фазового аналізу	14			6		8
Тема 10. Зйомка та розрахунок рентгенограмм від текстурованих зразків	12			6		6
Залікова робота	22			12		10
Разом за розділом 1	150			72		78
Усього годин	150			72		78

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з конструкцією та принципами роботи апаратів для рентгенографічного дослідження структури твердих тіл (УРС-55М, УРС-60, ДРОН-2.0). Техніка безпеки при роботі на рентгенівських установках для структурного аналізу	6
2	Визначення коефіцієнту поглинання рентгенівських променів в алюмінію	6
3	Визначення матеріалу аноду рентгенівської трубки методами рентгеноспектрального аналізу	6
4	Зйомка та розрахунок рентгенограми, знятої фотографічним методом від полікристалічного зразка кубічної системи (Метод Дебая-Шерера)	6
5	Зйомка та розрахунок рентгенограми від полікристалічного зразка гексагональної або тетрагональної системи (Метод Дебая-Шерера) за допомогою дифрактометру ДРОН-2.0	6
6	Зйомка та розрахунок рентгенограми від нерухомого монокристалу	6

	(Метод Лауе)		
7	Зйомка та розрахунок обернених рентгенограми (епіграм) від нерухомого монокристалу (Метод Лауе)		6
8	Зйомка та розрахунок рентгенограм обертання від монокристалів		6
9	Дослідження якісного та кількісного фазового складу зразків за допомогою рентгенівського фазового аналізу		6
10	Зйомка та розрахунок рентгенограм від текстурованих зразків		6
11	Залікова робота		12
	Разом	72	

5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Розібрати питання щодо методів регістрації рентгенівського випромінювання. Детектори рентгенівського випромінювання	6
2	Розібрати питання джерел рентгенівського випромінювання. Особливостей рентгенівських спектрів (суцільний, характеристичний). Використання характеристичного та суцільного спектрів в структурному аналізі	6
3	Вивчити поглинання рентгенівських променів речовиною. Множник поглинання	6
4	Розібрати питання квадратичних форм різних кристалографічних систем. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів гратки. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної гратки	6
5	Вивчити кристалографічні проекції. Гномонічну, гномосферічну та гномостеріографічну проекції	6
6	Навчитись будувати гномостеріографічну проекцію кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартну проекцію кристалу. Визначення орієнтації монокристалу	8
7	Розібрати особливості зйомки та розрахунку прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм	8
8	Розібрати питання визначення періодів ідентичності, параметрів гратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин	8
9	Вивчити методи якісного та кількісного рентгенівського фазового аналізу. Бази даних кристалічних структур.	8
10	Розібрати питання зйомки та розрахунку рентгенограм від текстурованих зразків	6
11	Підготовка до залікової роботи	10
	Разом	78

6. Індивідуальні завдання

Перелік питань до залікової роботи

Лабораторна робота № 1

Ознайомлення з конструкцією та принципами роботи апаратів для рентгенографічного дослідження структури твердих тіл (УРС-55М, УРС-60, ДРОН-2.0). Техніка безпеки при роботі на рентгенівських установках для структурного аналізу.

1. Основні положення безпечної роботи на рентгенівських установках для структурного аналізу.
2. Які типи спектрів формуються при роботі рентгенівської трубки.
3. Які матеріали використовуються для захисту від рентгенівського випромінювання.
4. Які біологічні ефекти може викликати прямий контакт рентгенівського випромінювання з тілом людини.
5. Назвіть умови безпечної роботи на рентгенівських апаратах та установках.
6. Від яких параметрів роботи високовольтного генератора залежить інтенсивність суцільного та характеристичного спектру випромінювання рентгенівської трубки.
7. Поясніть, будь ласка, яким чином відбувається формування суцільного та характеристичного спектру випромінювання рентгенівської трубки.
8. Який тип спектру випромінювання рентгенівської трубки використовується для аналізу структури полікристалів. Обґрунтуйте вашу відповідь.

9. Який тип спектру випромінювання рентгенівської трубки використовується для аналізу структури монокристалів. Обґрунтуйте вашу відповідь.
10. Які існують методи реєстрації рентгенівського випромінювання. Обґрунтуйте вибір методу реєстрації рентгенівського випромінювання на прикладі роботи рентгенівської установки УРС-55М, УРС-60, ДРОН-2.0.
11. Назвіть умови, які необхідні для нормальної роботи рентгенівської трубки.
12. Яка напруга необхідна для формування рентгенівського випромінювання рентгенівської трубки.

Лабораторна робота № 2

Визначення коефіцієнту поглинання рентгенівських променів в алюмінію.

1. Від яких характеристик матеріалу та випромінювання залежить коефіцієнт поглинання рентгенівських променів.
2. Як визначити коефіцієнт поглинання рентгенівських променів речовини, якщо відома її молекулярна формула.
3. Яким чином відбувається поглинання рентгенівських променів речовиною.
4. Як залежить інтенсивність рентгенівських променів від довжини шляху, який вони проходять через матеріал, що опромінюється.
5. Які особливості має залежність коефіцієнту поглинання рентгенівських променів від довжини хвилі.
6. Які існують методи фільтрації випромінювання рентгенівської трубки.
7. Яким чином можна збільшити поглинання рентгенівських променів у речовині.
8. Які матеріали є ефективними для захисту від рентгенівського опромінювання.
9. Яким чином можна зменшити поглинання рентгенівських променів у речовині.
10. Яким чином можна зменшити інтенсивність рентгенівських променів, які проходять через речовину.
11. Як визначити коефіцієнт поглинання рентгенівських променів речовини. Обґрунтуйте відповідь на прикладі конкретного експерименту.

Лабораторна робота № 3

Визначення матеріалу аноду рентгенівської трубки методами рентгеноспектрального аналізу.

1. Поясніть яким чином відбувається формування характеристичного спектру в аноді рентгенівської трубки.
2. Яким чином можна визначити хімічний склад матеріалу за допомогою аналізу характеристичного спектру випромінювання речовини.
3. Яким способом можна визначити довжину хвили характеристичного спектру.
4. Що таке порядок відбиття рентгенівських променів від кристалу.
5. Які існують схеми рентгенівських спектрографів.
6. Як використовується характеристичний спектр випромінювання рентгенівської трубки в структурному аналізі.
7. Від яких параметрів роботи високовольтного генератора залежить інтенсивність суцільного та характеристичного спектру випромінювання рентгенівської трубки.

Лабораторна робота № 4

Зйомка та розрахунок рентгенограми, знятої фотографічним способом від полікристалічного зразка кубічної системи (Метод Дебая-Шерера).

1. Які задачі вирішуються в методі Дебая-Шерера.
2. Яке випромінювання використовується в методі Дебая-Шерера.
3. Поясніть конструкцію камери для зйомки рентгенограм в методі Дебая-Шерера.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу експозиції та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методі Дебая-Шерера.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після експозиції.
7. Яким чином відбувається формування картини дифракції на фотоплівці в методі Дебая-Шерера.
8. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції в методі Дебая-Шерера.
9. В чому полягає індексування рентгенограми.
10. Яким чином можна обчислити параметри кристалічної гратки в методі Дебая-Шерера.
11. Яким чином враховуються похибки експерименту при розрахунках рентгенограм в методі Дебая-Шерера.
12. Які існують методи визначення прецензійних значень параметрів кристалічної гратки.

Лабораторна робота № 5

Зйомка та розрахунок рентгенограми від полікристалічного зразка гексагональної або тетрагональної системи (Метод Дебая-Шерера) за допомогою дифрактометру ДРОН-2.0.

1. Які задачі вирішуються в методі Дебая-Шерера.
2. Яке випромінювання використовується в методі Дебая-Шерера.
3. Поясніть принцип роботи рентгенівського дифрактометра для зйомки рентгенограм методом Дебая-Шерера.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу зйомки рентгенограми та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методі Дебая-Шерера.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після зйомки.
7. Яким чином відбувається реєстрація картини дифракції при дифрактометричній зйомці рентгенограми в методі Дебая-Шерера.
8. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції при зйомці рентгенограми за допомогою дифрактометра в методі Дебая-Шерера.
9. В чому полягає особливість індексування рентгенограми від тетрагональних або гексагональних кристалів.
10. Яким чином можна обчислити параметри кристалічної гратки в методі Дебая-Шерера.
11. Яким чином враховуються похибки експерименту при розрахунках рентгенограм в методі Дебая-Шерера.
12. Як визначити прецензійні значення параметрів кристалічної гратки.

Лабораторна робота № 6

Зйомка та розрахунок рентгенограми від нерухомого монокристалу (Метод Лауе).

1. Які задачі вирішуються при зйомці рентгенограм від нерухомого монокристалу в методі Лауе.
2. Яке випромінювання використовується при зйомці рентгенограм в методі Лауе.
3. Поясніть конструкцію камери для зйомки рентгенограм методом Лауе.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу зйомки (експозиції) рентгенограми та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури, розмірів та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методі Лауе.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після зйомки в методі Лауе.
7. Яким чином відбувається формування картини дифракції на фотоплівці в методі Лауе.
8. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції при зйомці рентгенограми в методі Лауе.
9. Поясніть принципи побудови та практичного застосування гномонічної та гномостеріографічної проекцій кристалу.
10. Яким чином будується стандартна проекція кристалу.
11. Для чого використовується сітка Вульфа.
12. Яким чином відбувається визначення індексів Міллера кристалографічних площин при аналізі рентгенограм в методі Лауе (Лауерам).
13. Яким чином відбувається визначення орієнтації монокристалу в методі Лауе (Лауерам).
14. Чи можна визначити параметри кристалічної гратки в методі Лауе.

Лабораторна робота № 7

Зйомка та розрахунок обернених рентгенограми (епіграм) від нерухомого монокристалу (Метод Лауе).

1. Які задачі вирішуються при зйомці обернених рентгенограм (епіграм) від нерухомого монокристалу в методі Лауе.
2. Яке випромінювання використовується при зйомці обернених лауеграм в методі Лауе.
3. Поясніть особливості конструкції камери для зйомки обернених лауеграм (епіграм) методом Лауе.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу зйомки (експозиції) рентгенограми та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури, розмірів та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту при зйомці обернених лауеграм (епіграм) в методі Лауе.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після зйомки в методі Лауе.
7. Яким чином відбувається формування картини дифракції на фотоплівці при зйомці обернених лауеграм (епіграм) в методі Лауе.
8. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції при зйомці при зйомці обернених лауеграм (епіграм) в методі Лауе.

9. Поясніть принципи побудови та практичного застосування гномонічної та гномостеріографічної проекцій кристалу.
10. Яким чином будується стандартна проекція кристалу.
11. Для чого використовується сітка Вульфа.
12. Яким чином відбувається визначення індексів Міллера кристалографічних площин при аналізі обернених лауеграм (епіграм) в методі Лауе.
13. Яким чином відбувається визначення орієнтації монокристалу при зйомці обернених лауеграм (епіграм) в методі Лауе.
14. Чи можна визначити параметри кристалічної гратки в методі обернених Лауеграм (епіграм).

Лабораторна робота № 8

Зйомка та розрахунок рентгенограм обертання від монокристалів.

1. Які задачі вирішуються в методі рентгенограм обертання.
2. Яке випромінювання використовується в методі рентгенограм обертання.
3. Поясніть конструкцію камери для зйомки рентгенограм в методі рентгенограм обертання.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу експозиції та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методі рентгенограм обертання.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після експозиції.
7. Яким чином відбувається формування картини дифракції на фотоплівці в методі рентгенограм обертання.
8. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції в методі рентгенограм обертання.
9. В чому полягає індексування рентгенограми обертання.
10. Яким чином можна обчислити параметри кристалічної гратки в методі рентгенограм обертання.
11. Як необхідно орієнтувати зразок перед зйомкою рентгенограми обертання для визначення параметрів кристалічної гратки.
12. Як необхідно орієнтувати зразок перед зйомкою рентгенограми обертання для визначення відстані у певному кристалографічному напрямі.
13. Яким чином враховуються похибки експерименту при розрахунках рентгенограм в методі рентгенограм обертання.
14. Як визначити прецензійні значення параметрів кристалічної гратки в методі рентгенограм обертання.

Лабораторна робота № 9

Дослідження якісного та кількісного фазового складу зразків за допомогою рентгенівського фазового аналізу.

1. Які задачі вирішуються в методах якісного та кількісного аналізу фазового складу.
2. Яке випромінювання використовується в методах аналізу фазового складу.
3. Поясніть принцип роботи рентгенівського дифрактометра для зйомки рентгенограм методом Дебая-Шерера.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу зйомки рентгенограми та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури, розмірів та форми зразків.
5. Які детектори рентгенівського випромінювання використовуються в методах аналізу фазового складу.
6. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методах аналізу фазового складу.
7. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після зйомки.
8. Яким чином відбувається реєстрація картини дифракції при зйомці рентгенограм в методах аналізу фазового складу.
9. Яким чином можна зменшити кількість фаз - кандидатів при проведенні якісного фазового аналізу.
10. Поясніть основний принцип якісного фазового аналізу.
11. Яким чином використовуються бази даних рентгенівської дифракції кристалічних структур для вирішення задач аналізу фазового складу.
12. Які параметри на рентгенограмі використовуються для якісного фазового аналізу.
13. Яким чином здійснюється кількісний фазовий аналіз.
14. Охарактеризуйте основні методи кількісного фазового аналізу.
15. Як можна збільшити точність кількісного фазового аналізу.

Лабораторна робота № 10

Зйомка та розрахунок рентгенограм від текстурованих зразків.

1. Які задачі вирішуються в методі зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
2. Яке випромінювання використовується в методі Дебая-Шерера.
3. Поясніть конструкцію камери для зйомки рентгенограм на плоску плівку при зйомці рентгенограм від текстурованих зразків.
4. Яким чином здійснюється вибір випромінювання, часу експозиції та параметрів роботи високовольтного генератора в залежності від структури та форми зразків.
5. З яких етапів складається підготовка та проведення експерименту в методі зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
6. Яким чином здійснюється обробка рентгенограми отриманої після експозиції.
7. Поясніть особливості формування картини дифракції на фотоплівці в методі зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
8. Чому утворюється текстура у полікристалах.
9. Яким чином впливає текстура на розподіл інтенсивності дифракційних ліній на рентгенограмі.
10. Яким чином здійснюється розрахунок кутів дифракції в методі зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
11. В чому полягає суть розрахунку рентгенограми при зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
12. Яким чином можна обчислити кристалографічні індекси осі текстури в методі зйомки рентгенограм від текстурованих зразків.
13. Яким чином зміниться картина дифракції на рентгенівській плівці якщо ось текстури не є ортогональною напряму поширення первинних рентгенівських променів.

7. Методи навчання

Наочний, словесний, проблемний, практичний

8. Методи контролю

поточний (перевірка оформлення звітів про виконання лабораторних робіт, виконаних підчас самостійної роботи) та залікова робота (письмово)

9. Схема нарахування балів*

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання								
Розділ 1								
Т1	Т2	Т3	Т4	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10
6	6	6	6	6	6	6	6	6

Продовження таблиці

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				
Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом	Залікова робота	Сума
		60	40	100

Т1, Т2 ... – теми розділів.

*Студент допускається до виконання залікової роботи якщо загальна кількість балів набраних ним за результатами складання поточного контролю складає мінімум 30 балів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Поточний контроль

Поточний контроль результатів навчання студента проводиться шляхом перевірки оформлення звітів про виконання лабораторних робіт (письмово виконаних у лабораторному журналі студента). Загальна максимальна кількість балів за виконання звіту лабораторної роботи становить 100 балів, які трансформуються у кількість балів, виділених для оцінювання самостійної роботи згідно робочої програми навчальної дисципліни в 6 балів. Максимальна кількість балів, яку студент може

одержати за виконання звіту лабораторної роботи дорівнює 100 балам. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 8 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.06 (тобто 100 балів за лабораторну роботу дорівнює 6 балам загальної оцінки за лабораторну роботу в системі нарахування балів). Лабораторні роботи вважаються виконаними успішно якщо студент за їх виконання отримав не менш як 30 (з 60 можливих) балів виділених для їхнього оцінювання в системі нарахування балів.

Критерії оцінювання знань поточного контролю:

Розподіл балів за типом змісту роботи (100 балів):

– Теоретичний матеріал – 50 балів.
– Ілюстративний матеріал, формули, схеми, розрахунки, графіки –30 балів.
– Логічна послідовність подання матеріалу, аналіз формул, графічних даних – 20 балів.

– "100 – 90 балів" – студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– "89 – 70 балів" – студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– "69 – 50 балів" – студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– "49 – 0 балів" – студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

Залікова робота

Залікова робота проводиться по завершенні вивчення навчальної дисципліни підчас проведення підсумкового семестрового контролю (літньої сесії). Кожен студент одержує по одному запитанню з кожної лабораторної роботи. Кожне запитання оцінюється максимум у 10 балів. Загальна максимальна кількість балів за виконання залікової роботи становить 100 балів, які трансформуються у кількість балів, виділених для оцінювання залікової роботи згідно робочої програми навчальної дисципліни в 40 балів. Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання залікової роботи дорівнює 100 балам. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 9 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.4 (тобто 100 балів за залікову роботу дорівнює 40 балам загальної оцінки за виконання залікової роботи в системі нарахування балів). Залікова робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 20 (з 40 можливих) балів виділених для її оцінювання в системі нарахування балів.

Критерії оцінювання знань з залікової роботи:

Розподіл балів за типом змісту роботи (100 балів):

– Теоретичний матеріал – 50 балів.
– Ілюстративний матеріал, формули, схеми, графіки –30 балів.
– Логічна послідовність подання матеріалу, аналіз формул, графічних даних – 20 балів.

– "100 – 90 балів" – студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– "89 – 70 балів" – студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– "69 – 50 балів" – студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної

дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– "49 – 0 балів" – студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

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

10. Рекомендована література

Основна література

1. Рентгеноструктурний аналіз у матеріалознавстві: навч.-метод. посіб./ С. І. Мудрий, Ю. О. Кулик, А.С. Якимович. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 226 с.
2. Лобода, П. І. Рентгеноструктурний аналіз матеріалів у дисперсному стані : навч. посібник / П. І. Лобода, О. П. Карасевська, І. Ю. Троснікова ; НТУУ "КПІ". — Київ : Центр учбової літ., 2020. — 140 с.
3. Рентгенографія кристалічних матеріалів : навч. посіб. / В. П. Казіміров, Е. Б. Русанов. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. – 287 с.
4. Г.П. Кушта. Рентгенографія металів, Львів.: видавн. Л.У., 1959.

Допоміжна література

1. M. Ladd, R. Palmer. Structure Determination by X-ray Crystallography: Analysis by X-rays and Neutrons, Springer, 2013, 756 p.
2. E. Zolotoyabko. Basic Concepts of X-Ray Diffraction, Wiley-VCH, 2014, 312 p.
3. R. Guinebretiere. X-Ray Diffraction by Polycrystalline Materials, Wiley-ISTE, 2007, 384 p.
4. B.E. Warren, X-ray diffraction, Dover, 1990, 398 p.
5. R. E. Dinnebier, S. J. L. Billinge, Armel Le Bail, I. Madsen, L. M. D. Cranswick. Powder Diffraction: Theory and Practice, Royal Society of Chemistry, 2008, 605 p.
6. V. K. Pecharsky, P. Y. Zavalij, Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials, Springer US, 2009, 744 p.
7. A. Clearfield, J. Reibenspies, N. Bhuvanesh, Principles and Applications of Powder Diffraction, Wiley-Blackwell, 2008, 397 p.

Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

http://ccp14.cryst.bbk.ac.uk/