

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

Руслан ВОВК

“ ” 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Рентгеноструктурний аналіз
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)
галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 – фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма ОПП фізика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

20 24 / 20 25 навчальний рік

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

“ 30 ” серпня 20 24 року, протокол № 9

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

Дмитро РОХМІСТРОВ, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри

фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 7

Завідувач кафедри фізики твердого тіла


(підпис)

Золтан ЗИМАН
(прізвище та ініціали)

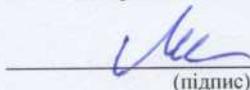
Програму погоджено методичною комісією

фізичного

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету


(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

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

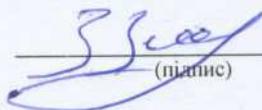
фізика

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

(керівник проектної групи)

фізика


(підпис)

Золтан ЗИМАН
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Рентгеноструктурний аналіз” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістра

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності 104 – фізика та астрономія

спеціалізації

фізика

1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є навчити студентів основним поняттям рентгеноструктурного аналізу та процесам взаємодії рентгенівського випромінювання з кристалічними речовинами, а також дифракційним методам дослідження кристалічної структури. Основна увага приділяється теорії розсіювання рентгенівських променів, факторам які впливають на інтенсивність відбиття рентгенівських променів від кристалів, практичним методам одержання рентгенограм від кристалів та їхнього розрахунку, визначенню параметрів кристалічної ґратки, орієнтації монокристалів, фазового та елементного складу зразків.
- 1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є оволодіння студентами теоретичними основами рентгеноструктурного аналізу, процесами взаємодії рентгенівського випромінювання з кристалічними речовинами, а також вміння використовувати отримані знання для зйомки та інтерпретації рентгенограм від кристалів та їхнього розрахунку, визначення параметрів кристалічної ґратки, орієнтації монокристалів, фазового та елементного складу зразків.
- 1.3. Кількість кредитів - 3
- 1.4. Загальна кількість годин - 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
24 год.
Самостійна робота
66 год.

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

Компетентності, що мають бути сформовані:

Загальні

- Знання та розуміння предметної області та розуміння предметної діяльності.
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- Здатність працювати в міжнародному контексті.

Фахові

- Глибокі концептуальні знання та розуміння найбільш актуальних проблем та досягнень у різних галузях сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії.
- Здатність користуватися основними джерелами наукової інформації, у тому числі базами даних та науковими публікаціями.
- Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії відповідно до обраної спеціалізації.
- Здатність брати участь у колективних дослідженнях, у тому числі міжнародних.
- Усвідомлення кількісного характеру досліджень у фізиці та астрономії і здатність застосовувати спеціальні математичні та теоретичні методи для розв'язування задач предметної галузі.
- Здатність збирати та аналізувати дані, у тому числі оцінювати їх можливі похибки і невизначеність.
- Здатність планувати й здійснювати теоретичні та/або експериментальні дослідження фізичних або астрономічних об'єктів, явищ і процесів на основі розуміння і навичок практичного використання спеціалізованих знань фізики, астрономії та астрофізики, відповідно до обраної спеціалізації, а також спеціальних математичних методів та інформаційних технологій.
- Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями.
- Здатність робити наукові узагальнення та осмислення результатів наукових досліджень, співвідносити висновки із положеннями сучасних фізичних або астрономічних теорій.

Програмні результати навчання

- знати теорію взаємодії рентгенівських променів з речовиною, теоретичні основи та практичні методи рентгеноструктурного аналізу твердих тіл, основні методи дослідження структури твердих тіл за допомогою рентгенівських променів;
- вміти використовувати одержані теоретичні знання під час проведення рентгенографічних досліджень кристалів, враховувати фактори, які впливають на інтенсивність відбиття рентгенівських променів від кристалу в залежності від поставленого завдання, вибрати відповідний метод структурного аналізу, провести зйомку рентгенограми (дифрактограми) і розрахувати її, вміти визначати параметри кристалічної ґратки, орієнтацію монокристалів, фазовий та елементний склад зразків.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи фізики рентгенівських променів

- Тема 1. Природа рентгенівських променів. Джерела рентгенівського випромінювання. Суцільний та характеристичний рентгенівські спектри. Використання спектрів випромінювання рентгенівської трубки в структурному аналізі.
- Тема 2. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання. Основні характеристики та шляхи застосування детекторів рентгенівського випромінювання.
- Тема 3. Переломлення рентгенівських променів. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів. Дисперсні поправки до коефіцієнту переломлення рентгенівських променів. Поправка до рівняння Вульфа-Брега. Повне зовнішнє відбиття рентгенівських променів.
- Тема 4. Пружне та непружне розсіяння рентгенівських променів речовиною. Ефект Комптона. Співвідношення інтенсивності когерентного та некогерентного розсіювання рентгенівських променів в речовинах із різною структурою.

- Тема 5. Флуоресцентне випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Оже. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. Оже-спектроскопія.
- Тема 6. Амплітуда розсіяної хвилі. Побудова Евальду. Інтерпретація рентгенограм за допомогою Побудови Евальду. Рівняння Вульфа-Брега.
- Тема 7. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Поляризаційний множник. Формула Томпсона. Коефіцієнт розсіювання рентгенівських променів. Розсіювання рентгенівських променів атомом. Атомний фактор розсіювання.
- Тема 8. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною гаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе. Розсіювання рентгенівських променів ґраткою з базисом. Структурний фактор.
- Тема 9. Поглинання рентгенівських променів речовиною. Множник поглинання. Симетричний випадок Лауе. Случай Брега. Множник поглинання для циліндричних та сферичних зразків. Множник поглинання для полікристалічних та порошкових зразків.
- Тема 10. Множник повторюваності. Множник Лоренца.

Розділ 2. Методи рентгеноструктурного аналізу

- Тема 1. Метод рентгенографічного дослідження полікристалічних тіл (Метод Дебая-Шерера). Вимоги до зразків. Вибір випромінювання. Особливості формування дифракційної картини. Отримання рентгенограми (дифрактограми).
- Тема 2. Квадратичні форми різних кристалографічних систем. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів ґратки. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної ґратки.
- Тема 3. Метод Лауе. Умови зйомки зразків. Формування зональних ліній.
- Тема 4. Кристалографічні проекції. Гномонічна, гномосферична та гномостеріографічна проекції.
- Тема 5. Зйомка та розрахунок прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм. Побудова гномостеріографічної проекції кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартна проекція кристалу. Визначення орієнтації монокристалу за допомогою сітки Вульфа. Аналітичні методи розрахунку лауеграмм.
- Тема 6. Метод зйомки рентгенограм обертання. Визначення періодів ідентичності, параметрів ґратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин.
- Тема 7. Методи якісного та кількісного рентгенівського фазового аналізу. Бази даних порошкових рентгенограм кристалічних речовин ICDD, CSD, ICSD, MINICRYST.
- Тема 8. 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. Основи фізики рентгенівських променів						
Тема 1. Природа рентгенівських променів. Джерела рентгенівського випромінювання. Суцільний та характеристичний рентгенівські спектри. Використання спектрів випромінювання рентгенівської трубки в структурному аналізі	3	1				2
Тема 2. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання. Основні характеристики та шляхи застосування детекторів рентгенівського випромінювання	5	1				4
Тема 3. Переломлення рентгенівських променів. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів. Дисперсні поправки до коефіцієнту	5	1				4

переломлення рентгенівських променів. Поправка до рівняння Вульфа-Брега. Повне зовнішнє відбиття рентгенівських променів						
Тема 4. Пружне та непружне розсіювання рентгенівських променів речовиною. Ефект Комптона. Співвідношення інтенсивності когерентного та некогерентного розсіювання рентгенівських променів в речовинах із різною структурою	5	1				4
Тема 5. Флуоресцентне випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Оже. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. Оже-спектроскопія	5	1				4
Тема 6. Амплітуда розсіяної хвилі. Побудова Евальду. Інтерпретація рентгенограм за допомогою Побудови Евальду. Рівняння Вульфа-Брега	3	1				2
Тема 7. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Поляризаційний множник. Формула Томпсона. Коефіцієнт розсіювання рентгенівських променів. Розсіювання рентгенівських променів атомом. Атомний фактор розсіювання	3	1				2
Тема 8. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною гаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе. Розсіювання рентгенівських променів ґраткою з базисом. Структурний фактор	4	1				3
Тема 9. Поглинання рентгенівських променів речовиною. Множник поглинання. Симетричний випадок Лауе. Випадок Брега. Множник поглинання для циліндричних та сферичних зразків. Множник поглинання для полікристалічних та порошкових зразків	4	1				3
Тема 10. Множник повторюваності. Множник Лоренца	3	1				2
Разом за розділом 1	40	10				30
Розділ 2. Методи рентгеноструктурного аналізу						
Тема 1. Метод рентгенографічного дослідження полікристалічних тіл (Метод Дебая-Шерера). Вимоги до зразків. Вибір випромінювання. Особливості формування дифракційної картини. Отримання рентгенограм (дифрактограм)	5	1				4
Тема 2. Квадратичні форми різних кристалографічних систем. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів ґратки. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної ґратки	7	2				5
Тема 3. Метод Лауе. Умови зйомки зразків. Формування зональних ліній	4	1				3

Тема 4. Кристалографічні проєкції. Гномонічна, гномосферічна та гномостеріографічна проєкції	5	2				3
Тема 5. Зйомка та розрахунок прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм. Побудова гномостеріографічної проєкції кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартна проєкція кристалу. Визначення орієнтації монокристалу за допомогою сітки Вульфа. Аналітичні методи розрахунку лауеграм	4	1				3
Тема 6. Метод зйомки рентгенограм обертання. Визначення періодів ідентичності, параметрів ґратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин	4	1				3
Тема 7. Методи якісного та кількісного рентгенівського фазового аналізу. Бази даних порошкових рентгенограм кристалічних речовин ICDD, CSD, ICSD, MINICRYST	4	1				3
Тема 8. Зйомка та розрахунок рентгенограм від текстурованих зразків	5	1				4
Контрольна робота	6	2				4
Залікова робота	6	2				4
Разом за розділом 2	50	14	0	0	0	36
<i>Усього годин</i>	90	24	0	0	0	66

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Теорія суцільного спектру (Теорія Крамерсу).	2
2	Використання детекторів рентгенівського випромінювання в структурному аналізі	4
3	Повне внутрішнє відбиття рентгенівських променів речовиною	4
4	Співвідношення когерентного та некогерентного розсіювання рентгенівського випромінювання від характеристик речовини	4
5	Інтерференція хвиль. Різниця ходу та різниця фаз. Векторна модель складання амплітуд	4
6	Розсіювання рентгенівських променів рідинами, газами та аморфними сполуками	2
7	Розсіювання рентгенівських променів ГПУ та ґраткою типу алмазу	2
8	Теплове розсіювання рентгенівських променів. Тепловий множник	4
9	Особливості залежності коефіцієнту поглинання рентгенівських променів від довжини хвилі. Фільтрація випромінювання	4
10	Кутовий множник розсіювання при використанні монхроматорів	2
11	Обробка рентгенограм одержаних фотографічним способом. Особливості зйомки дифрактограм	4
12	Особливості розрахунку рентгенограм від тетрагональних, ромбічних та моноклінних кристалів. Похибки при розрахунках рентгенограм	5
13	Рівняння зони площин. Визначення індексів напряму	4
14	Сферична проєкція. Прямий та обернений кристалічних комплекси.	4

	Побудова проєкцій	
15	Визначення орієнтації монокристалу за допомогою аналітичних методів	5
16	Визначення індексів Міллера площин за допомогою сітки Бернала	4
17	Програми для якісного рентгенівського фазового аналізу	4
18	Побудова полюсних фігур від текстурованих зразків	4
	Підготовка до контрольної роботи	4
	Підготовка до залікової роботи	4
	Разом	66

6. Індивідуальні завдання

Питання до контрольної роботи

Розділ 1

1. Атомний фактор розсіювання.
2. Детектори рентгенівського випромінювання.
3. Джерела рентгенівського випромінювання.
4. Ефект Комптона.
5. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною гаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе.
6. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів.
7. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання
8. Множник Лоренца.
9. Множник повторюваності.
10. Множник поглинання.
11. Множник поглинання. Симетричний випадок Лауе.
12. Множник поглинання. Випадок Брега.
13. Переломлення рентгенівських променів.
14. Побудова Евальду.
15. Поляризаційний множник.
16. Пружне (когерентне) та непружне (некогерентне) розсіювання рентгенівських променів речовиною.
17. Рівняння Вульфа-Брега.
18. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Формула Томпсона.
19. Спектри випромінювання рентгенівської трубки.
20. Структурний фактор.
21. Суцільний спектр випромінювання рентгенівської трубки.
22. Характеристичний спектр випромінювання рентгенівської трубки.
23. Фотоелектричний ефект.
24. Фотоелектричний ефект. Ефект Оже.

Розділ 2

1. Бази даних порошкових рентгенограм кристалічних речовин.
2. Зйомка та розрахунок обернених (Епіграм) Лауеграм.
3. Зйомка та розрахунок прямих Лауеграм.
4. Зйомка та розрахунок рентгенограм від текстурованих зразків.
5. Квадратичні форми різних кристалографічних систем. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів ґратки.
6. Кристалографічні проєкції. Гномонічна, гномосферична та гномостеріографічна проєкції.
7. Метод зйомки рентгенограм обертання. Визначення періодів ідентичності, параметрів ґратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин.
8. Метод Лауе. Умови зйомки зразків. Формування зональних ліній.
9. Метод рентгенографічного дослідження полікристалічних тіл (Метод Дебая-Шерера).
10. Метод якісного рентгенівського фазового аналізу.
11. Методи кількісного рентгенівського фазового аналізу.
12. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної ґратки.
13. Методи якісного рентгенівського фазового аналізу.
14. Побудова гномостеріографічної проєкції кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартна

проекція кристалу. Визначення орієнтації монокристалу.

Питання до залікової роботи

Розділ 1

1. Амплітуда розсіяної хвилі рентгенівських променів.
2. Джерела рентгенівського випромінювання.
3. Ефект Оже.
4. Зйомка та розрахунок обернених Лауеграм (епіграм).
5. Зйомка та розрахунок прямих Лауеграм.
6. Зйомка та розрахунок прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм.
7. Зйомка та розрахунок рентгенограм від текстурованих зразків Побудова Евальду. Інтерпретація методів структурного аналізу за допомогою побудови Евальду.
8. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною гаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе.
9. Множник Лоренца.
10. Множник повторюваності.
11. Множник поглинання. Симетричний випадок Лауе. Випадок Брега. Множник поглинання для циліндричних та сферичних зразків.
12. Переломлення рентгенівських променів. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів.
13. Поглинання рентгенівських променів речовиною. Множник поглинання.
14. Пружне та непружне розсіювання рентгенівських променів речовиною.
15. Рівняння Вульфа-Брега.
16. Розсіювання рентгенівських променів атомом. Атомний фактор розсіювання.
17. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Поляризаційний множник. Формула Томпсона.
18. Спектри випромінювання рентгенівської трубки.
19. Флуоресцентне випромінювання.
20. Фотоелектричний ефект.

Розділ 2

1. Бази даних порошкових рентгенограм кристалічних речовин.
2. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів ґратки по рентгенограмам знятим методом Дебая-Шерера.
3. Визначення орієнтації монокристалу по лауеграм.
4. Квадратичні форми різних кристалографічних систем.
5. Кристалографічні проекції.
6. Метод Дебая-Шерера.
7. Метод зйомки рентгенограм обертання. Визначення періодів ідентичності, параметрів ґратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин.
8. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної ґратки.
9. Методи якісного та кількісного рентгенівського фазового аналізу.
10. Побудова гномостеріографічної проекції кристалу за допомогою сітки Вульфа.
11. Стандартна проекція кристалу.

7. Методи контролю

поточний (перевірка завдань самостійної роботи), та підсумковий (залікова робота)

8. Схема нарахування балів*

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання																	
Розділ 1										Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
Контрольна робота, передбачена навчальним планом							Індивідуальне завдання				Разом		Залікова робота		Сума		

20		40	60	100

T1, T2 ... – теми розділів.

*Студент допускається до виконання залікової роботи якщо загальна кількість балів набраних ним за результатами складання поточного контролю та контрольної роботи складає мінімум 20 балів, при цьому мінімальна кількість балів за виконання завдань поточного контролю дорівнює 10, мінімальна кількість балів за виконання контрольної роботи дорівнює 10.

Критерії оцінювання результатів навчання студента

Поточний контроль

Поточний контроль результатів навчання студента проводиться шляхом перевірки виконання студентами завдань для самостійної роботи (письмово виконаних у конспектах) на початку або в кінці кожної лекції. Якщо студент виконав завдання самостійної роботи, то він отримує 1 або 2 бали (див. схему нарахування балів, п.8). За виконання завдань самостійної роботи на поточному контролі студент може одержати максимум 20 балів. Мінімальна кількість балів поточного контролю, яка вважається успішною становить 10.

Контрольна робота

Контрольна робота проводиться по завершенні вивчення навчальної дисципліни. Кожен студент одержує по одному запитанню з кожного розділу. Кожне запитання оцінюється максимум у 50 балів. Загальна максимальна кількість балів за виконання контрольної роботи становить 100 балів, які трансформуються у кількість балів, виділених для оцінювання контрольної роботи згідно робочої програми навчальної дисципліни в 20 балів. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 8 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.2 (тобто 100 балів за контрольну роботу дорівнює 20 балам загальної оцінки за виконання контрольної роботи в системі нарахування балів). Контрольна робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 10 (з 20 можливих) балів виділених для її оцінювання в системі нарахування балів.

Критерії оцінювання знань з контрольної 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.

Залікова робота

Залікова робота проводиться по завершенні вивчення навчальної дисципліни. Кожен студент одержує по одному запитанню з кожного розділу. Кожне запитання оцінюється максимум у 50 балів. Загальна максимальна кількість балів за виконання контрольної роботи становить 100 балів, які

трансформуються у кількість балів, виділених для оцінювання залікової роботи згідно робочої програми навчальної дисципліни в 60 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. 8 цієї програми шляхом множення кількості балів на коефіцієнт 0.6 (тобто 100 балів за залікову роботу дорівнює 60 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 30 (з 60 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

9. 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.

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

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