

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

Руслан БОВК

“ _____ ” _____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи 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 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)

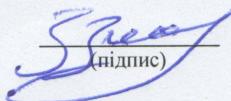
Дмитро РОХМІСТРОВ, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри

фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 7

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

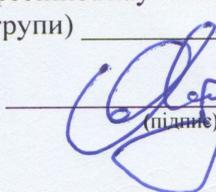

(підпис)

Золтан ЗИМАН
(прізвище та ініціали)

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

назва освітньої програми

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


(підпис)

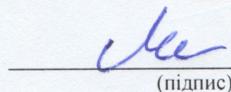
Олег ЛАЗОРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією
фізичного

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 1

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету


(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “основи 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 навчити студентів основам фізики рентгенівських променів 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 фізики рентгенівських променів та процесів взаємодії рентгенівського випромінювання з кристалічними речовинами, а також вміння використовувати отримані знання для зйомки 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
4-й
Семестр
7-й
Лекції
32 год.
Семінарські заняття
0 год.
Самостійна робота
58 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 приймати обґрунтовані рішення (ЗК5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК9).
- 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 базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК7).
- 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 (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 відшукувати 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).
- знати теорію розсіяння рентгенівських променів, теоретичні основи методів структурного аналізу твердих тіл, основи методів структурного аналізу твердих тіл;
- 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. Фізика рентгенівських променів

- Тема 1. Природа рентгенівських променів. Джерела рентгенівського випромінювання. Особливості рентгенівських спектрів (суцільний, характеристичний). Використання характеристичного та суцільного спектрів в структурному аналізі.
- Тема 2. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання (дифрактометричні та фотографічні). Детектори рентгенівського випромінювання.
- Тема 3. Переломлення рентгенівських променів. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів. Поправка до рівняння Вульфа-Брега.
- Тема 4. Пружне та непружне розсіяння рентгенівських променів речовиною. Ефект Комптона.
- Тема 5. Флуоресцентне випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Оже.
- Тема 6. Амплітуда розсіяної хвилі. Побудова Евальду. Рівняння Вульфа-Брега.
- Тема 7. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Поляризаційний множник. Формула Томпсона. Розсіювання рентгенівських променів атомом. Атомний фактор розсіювання.
- Тема 8. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною ґаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе. Розсіювання рентгенівських променів ґраткою з базисом. Структурний фактор.
- 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.
- Тема 10. Множник повторюваності. Множник Лоренца.

Розділ 2. Методи рентгенографічного аналізу твердих тіл

- 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 проєкції. Гномонічна, гномосферична та гномостеріографічна проєкції.
- Тема 5. Зйомка та розрахунок прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм. Побудова гномостеріографічної проєкції кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартна проєкція кристалу. Визначення орієнтації монокристалу.
- 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. Фізика рентгенівських променів						
Тема 1. Природа рентгенівських променів. Джерела рентгенівського випромінювання. Особливості рентгенівських спектрів (суцільний, характеристичний). Використання характеристичного та суцільного спектрів в структурному аналізі	3	1				2
Тема 2. Методи реєстрації рентгенівського випромінювання (дифрактометричні та фотографічні). Детектори рентгенівського випромінювання	4	2				2
Тема 3. Переломлення рентгенівських променів. Коефіцієнт переломлення рентгенівських променів. Поправка до рівняння Вульфа-Брега	4	2				2
Тема 4. Пружне та непружне розсіювання рентгенівських променів речовиною. Ефект Комптона	4	2				2
Тема 5. Флуоресцентне випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Оже	4	2				2
Тема 6. Амплітуда розсіяної хвилі. Побудова Евальду. Рівняння Вульфа-Брега	4	2				2
Тема 7. Розсіювання рентгенівських променів вільним електроном. Поляризаційний множник. Формула Томпсона. Розсіювання рентгенівських променів атомом. Атомний фактор розсіювання	4	2				2
Тема 8. Інтенсивність розсіювання рентгенівських променів кристалом з примітивною гаткою. Інтерференційна функція. Рівняння Лауе. Розсіювання рентгенівських променів ґраткою з базисом. Структурний фактор	4	2				2
Тема 9. Поглинання рентгенівських променів речовиною. Множник поглинання. Симетричний випадок Лауе. Випадок Брега. Множник	4	2				2

поглинання для циліндричних та сферичних зразків. Множник поглинання для полікристалічних та порошкових зразків						
Тема 10. Множник повторюваності. Множник Лоренца	4	2				2
Разом за розділом 1	39	19				20
Розділ 2. Методи рентгенографічного аналізу твердих тіл						
Тема 1. Метод рентгенографічного дослідження полікристалічних тіл (Метод Дебая-Шерера). Вимоги до зразків. Вибір випромінювання. Особливості формування дифракційної картини; отримання рентгенограми (дифрактограми)	4	2				2
Тема 2. Квадратичні форми різних кристалографічних систем. Визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів ґратки. Методи прецизійного визначення параметрів кристалічної ґратки	4	2				2
Тема 3. Метод Лауе. Умови зйомки зразків. Формування зональних ліній	4	2				2
Тема 4. Кристалографічні проекції. Гномонічна, гномосферічна та гномостеріографічна проекції	3	1				2
Тема 5. Зйомка та розрахунок прямих та обернених (Епіграм) Лауеграм. Побудова гномостеріографічної проекції кристалу за допомогою сітки Вульфа. Стандартна проекція кристалу. Визначення орієнтації монокристалу	3	1				2
Тема 6. Метод зйомки рентгенограм обертання. Визначення періодів ідентичності, параметрів ґратки монокристалів та індексів Міллера кристалографічних площин	3	1				2
Тема 7. Методи якісного та кількісного рентгеновського фазового аналізу. Бази даних порошкових рентгенограм кристалічних речовин ICDD, CSD, ICSD, MINICRYST	3	1				2
Тема 8. Зйомка та розрахунок рентгенограмм від текстурованих зразків	3	1				2
Курсова робота	20					20
Залікова робота	4	2				2
Разом за розділом 2	51	13				38
Усього годин	90	32				58

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Вивчити теорію суцільного спектру (Теорія Крамерсу).	2
2	Розібратись в питанні використання детекторів рентгенівського випромінювання в структурному аналізі	2
3	Вивчити повне внутрішнє відбиття рентгенівських променів речовиною	2
4	Розібратись в питанні співвідношення когерентного та некогерентного розсіювання рентгенівського випромінювання від характеристик речовини	2
5	Вивчити інтерференцію хвиль. Різницю ходу та різницю фаз. Векторну модель складання амплітуд	2
6	Опрацювати питання розсіювання рентгенівських променів рідинами, газами та аморфними сполуками	2
7	Опрацювати питання розсіювання рентгенівських променів ГПУ та ґраткою типу алмазу	2
8	Опрацювати питання теплового розсіювання рентгенівських променів. Тепловий множник	2
9	Розібратись в особливостях залежності коефіцієнту поглинання рентгенівських променів від довжини хвилі. Фільтрація випромінювання	2
10	Опрацювати питання кутового множника розсіювання при використанні монхроматорів	2
11	Опрацювати питання обробки рентгенограм одержаних фотографічним способом. Особливостей зйомки дифрактограм	2
12	Розібратись в особливостях розрахунку рентгенограм від тетрагональних, ромбічних та моноклінних кристалів. Похибки при розрахунках рентгенограм	2
13	Вивчити рівняння зони площин. Визначення індексів напряму	2
14	Опрацювати питання сферичної проекції. Прямого та оберненого кристалічних комплексів. Побудову проекцій	2
15	Опрацювати питання визначення орієнтації монокристалу за допомогою аналітичних методів	2
16	Опрацювати питання визначення індексів Міллера площин за допомогою сітки Берналау	2
17	Розібратись в програмах для якісного рентгенівського фазового аналізу	2
18	Розібратись в особливостях побудови полюсних фігур від текстурованих зразків	2
20	Виконання курсової роботи	20
21	Підготовка до залікової роботи	2
	Разом	58

6. Індивідуальні завдання

Теми курсових робіт

1. Теорія суцільного спектру Крамерса.
2. Використання сучасних джерел рентгенівського випромінювання для аналізу структури кристалічних та некристалічних речовин.
3. Дослідження тонкої структури края смуги поглинання рентгенівських променів кристалічних та некристалічних речовин.
4. Використання рентгенівської спектроскопії для дослідження елементного складу речовини.
5. Рентгенографічне дослідження структури аморфних, рідких та газоподібних речовин.
6. Комп'ютерні програми для визначення індексів Міллера кристалографічних площин та параметрів кристалічної ґратки полікристалів, знятих методом Дебая-Шеррера.
7. Комп'ютерні програми для визначення орієнтації монокристалів знятих за методом Лауе.
8. Уточнення параметрів кристалічної ґратки методом Ритвельда.
9. Дослідження зереної структури полікристалів за допомогою методів EBSD, X-ray Phase-Contrast Tomography, X-ray diffraction contrast tomography (DCT) та 3D X-ray diffraction microscopy (3DXRD)
10. Рентгенографічні методи дослідження структури наноматеріалів.
11. Динамічна теорія дифракції рентгенівських променів.

Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Разом	Залікова робота	Сума
	22	40	60	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Студент допускається до виконання залікової роботи якщо загальна кількість балів набраним ним за результатами складання поточного контролю та курсової роботи складає мінімум 20 балів, при цьому мінімальна кількість балів за виконання завдань поточного контролю дорівнює 9, мінімальна кількість балів за виконання курсової роботи дорівнює 11.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

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 бал. За виконання завдань самостійної роботи на поточному контролі студент може одержати максимум 18 балів. Мінімальна кількість балів поточного контролю, яка вважається успішною становить 9.

Курсова робота

Курсова робота виконується за однією з тем, наведених п. 6 цієї робочої програми після консультації з викладачем. В деяких випадках студент може вибрати довільну тему, яка відповідає темам навчальної дисципліни п. 3. Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання курсової роботи дорівнює 100 балів. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 8 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.22 (тобто 100 балів за курсову роботу дорівнює 17 балам загальної оцінки за виконання курсової роботи в системі нарахування балів). Курсова робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 11 (з 22 можливих) балів виділених для її оцінювання в системі нарахування балів.

Критерії оцінювання знань з курсової 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 “Основи структурного аналізу” 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 умноження 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

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.

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

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