

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Структурна кристалографія
для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	Бакалавр
освітня програма	Фізика
спеціалізований вибірковий блок	Фізика металів
вид дисципліни	Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	п'ятий
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: професор Семенко Михайло Петрович

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

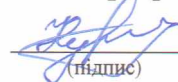
КИЇВ – 2025

Розробники: Семенко Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

(Василь КУРИЛЮК)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» червня 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Олег ОЛІХ)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – дати основні відомості про симетрію кристалів та кристалічних структур, аналітичного опису ґратки кристалів в прямому та оберненому просторі та створити необхідну базу для розуміння закономірностей макроскопічних властивостей сучасних кристалів, які пов'язані з симетрією їх внутрішньої будови.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, лінійної алгебри, аналітичної геометрії.
2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики, загальної фізики, для розв'язку практичних задач з курсу.
3. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

3. Анотація навчальної дисципліни: Вибіркова навчальна дисципліна "Структурна кристалографія" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр". Зокрема її фундаментальні закони та поняття (геометричні співвідношення, позначення, типи кристалічних структур, симетричні перетворення, тощо) широко використовуються в ряді важливих дисциплін, які є складовими таких розділів фізики як фізики та теорії твердого тіла. ознайомлення студентів з основними положеннями та підходами, що використовуються для опису загальних закономірностей та уявлень для опису будови ідеальних кристалічних структур та симетричних закономірностей їх властивостей. „Структурна кристалографія” розглядає в основному геометричні аспекти внутрішньої будови ідеальних кристалів, їх основні симетричні закони, включає цілий ряд специфічних термінів, категорій, законів та підходів до опису ідеальних кристалічних структур. Результатом навчання є оволодіння знаннями про структуру та фізичні властивості кристалічних твердих тіл. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік.

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними фізичними та геометричними аспектами, що обумовлюють особливості властивостей кристалів, вивчення категорій та специфічної системи позначень, що використовується для опису кристалічних структур.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", спеціалізований вибірковий блок «Фізика металів»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- § Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

загальних:

- § Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.(ЗК1).
§ Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.(ЗК2).
§ Здатність приймати обґрунтовані рішення.(ЗК5)
§ Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово(ЗК12).

фахових:

- § Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК1).

- § Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точність та значимість результатів. (ФК3).
- § 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 здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту. (ФК14).

5 Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні геометричні закономірності внутрішньої будови кристалів.	лекції, <i>самостійна робота</i>	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, підготовка рефератів, залік	30
1.2	Знати основні типи кристалічних структур, особливості їх симетрії та їх зв'язок з фізичними властивостями.	лекції, <i>самостійна робота</i>	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, підготовка рефератів, залік	30
2.1	Вміти описувати кристалічні структури та визначати їх параметри.	лекції, <i>самостійна робота, реферативні сповіщення</i>	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, підготовка рефератів, залік	40

6 Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибірових дисциплін)

<i>Результати навчання дисципліни</i>	1.1	1.2	2.1
Програмні результати навчання			
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати 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 астрономії.			
ПРНЗ. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+	+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та 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.	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

-семестрове оцінювання:(max/min)

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-3: РН 1.1 – 18 балів / 11 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 4-6: РН 1.2, 2.1 – 18 балів / 11 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 16 балів / 9 балів
4. Підготовка рефератів: РН 2.1 – 8 балів / 5 балів

-підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 бали. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше, ніж 36 балів. Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом завдань для самостійної роботи та написання відповідної якості рефератів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій. Доповіді по рефератах проводиться упродовж семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8 Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ n/n	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Лабора- торні	С/Р
Змістовий модуль 1 Геометрична кристалографія та симетрія кристалів				
1	Вступ. Предмет та задачі кристалографії	2		
2	Тема 1 Кристалічний стан та його загальні особливості. Поняття кристалічного стану та загальні властивості кристалів. Закон постійності кутів. Закон раціональності відношень.			4
3	Тема 2. Аналітичний опис просторової ґратки. Просторова ґратка. Період повторюваності. Вузлові прямі. Вузлові площини. Елементарна комірка. Кристалографічна система координат. Індеси Міллера. Індеси Браве. Поняття кристалографічної зони. Сферична проекція. Кристалічний та полярний комплекс. Стереографічна проекція. Гномостереографічна проекція. Сітка Вульфа.	4		8
4	Тема 3. Обернена ґратка Визначення оберненого простору. Елементарна комірка та елементарні трансляції в оберненій комірці. Взаємозв'язок між елементами прямого та оберненого простору. Взаємозв'язок між кутами прямого та оберненого простору. Використання векторів оберненого простору до розв'язку задач кристалографії. Квадратичні форми.	5		12
5	Модульна контрольна робота 1	1		
Змістовий модуль 2 Симетрія кристалів, способи опису кристалічних структур та деякі симетричні закономірності фізичних властивостей				
6	Тема 4. Симетрія кристалічної ґратки. Визначення симетрії. Симетричні перетворення. Точкові та просторові перетворення. Точкові елементи симетрії. Вісь симетрії, площина дзеркального відображення, центр інверсії. Дзеркально-поворотні та інверсійні осі. Позначення елементів симетрії. Теореми про комбінації точкових елементів симетрії. Можливі комбінації осей симетрії. Зображення елементів симетрії за допомогою матриць. Кристалографічні категорії, системи та сингонії. Визначення та основні поняття та означення теорії груп. 32 точкові групи симетрії. Позначення точкових груп симетрії.	5		10
7	Тема 5. Симетрія кристалічних структур. Просторові елементи симетрії. Трансляційні групи. ґратки Браве. Відкриті симетричні перетворення. Площини ковзаючого відбивання. Гвинтові осі. Теореми про комбінації точкових та просторових елементів симетрії. Просторові групи симетрії. Позначення просторових груп. Поняття про правильну систему точок. Міжнародні таблиці.	6		8
8	Тема 6. Елементи кристалохімії та кристалофізики. Поняття про структурні типи та їх позначення. Опис деяких структурних типів. Принцип щільності упаковки. Політипизм та поліморфізм. Атомні та іонні радіуси. Деякі елементарні задачі фізики з використанням атомних або іонних радіусів. Симетричні закономірності фізичних властивостей кристалів. Граничні групи симетрії. Кристалографічна та кристалофізична система координат. Поняття про тензорні властивості. Польові та матеріальні тензори. Приклади симетрії тензорних властивостей та їх зв'язок з симетрією кристалів.	8		15

9	Модульна контрольна робота 2	1		
	ВСЬОГО	32		57

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **32 год.**

Лабораторні – **0 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота - **57 год.**

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

1. Семенко М.П. „Структурна кристалографія” (вибрані лекції по кристалографії) для студентів фізичного факультету. // Київ. – 2019 р. – 63с.
2. Walter Borchardt-Ott. Crystallography. Springer, 1993.
3. Gregory S. Girolami. *X-ray Crystallography*. University Science Books, 2016.
4. Nye, J. F. (1967). *Physical Properties of Crystals: Their Representation by Tensors and Matrices*. Oxford: Oxford University Press.

Додаткова:

1. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 132 Матеріалознавство / Л. О. Бірюкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.832 Кбайт). – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с.
2. Геометрична кристалографія. Ч. 1: навч. посібник для студентів ОКР «Бакалавр» напрямку 6.040103 – геологія / укл.: Н.О. Словотенко, І.Т. Бакуменко. – Львівський національний університет імені Івана Франка, 2015. – 96 с.