

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра фізики металів

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Момот О.В.  
« 12 » 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Структурна кристалографія**  
для студентів

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

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	п'ятий
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: професор Семенько Михайло Петрович

Пролонговано: на 20 11 / 20 23 н.р. \_\_\_\_\_ (підпис, ПІБ, дата) « 11 » 20 21 р.

на 20    / 20    н.р. \_\_\_\_\_ (підпис, ПІБ, дата) «    » 20    р.

**КИЇВ – 2021**

Розробник: Семенко Михайло Петрович, д.ф.-м.н., професор, професор кафедри фізики металів.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри фізики металів



(підпис)

(Курилюк В.В.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

## 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», ОПІ «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/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або 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 точності та значимості 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>
<i>Код</i>	<i>Результат навчання</i>			
1.1	Знати основні геометричні закономірності внутрішньої будови кристалів.	<i>лекції, самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік</i>	30
1.2	Знати основні типи кристалічних структур, особливості їх симетрії та їх зв'язок з фізичними властивостями.	<i>лекції, самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік</i>	30
2.1	Вміти описувати кристалічні структури та визначати їх параметри.	<i>лекції, самостійна робота, реферативні сповіщення</i>	<i>Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік</i>	40

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін)

<b>Результати навчання дисципліни</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>2.1</b>
<b>Програмні результати навчання</b>			
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,	+	+	

\* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

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.			
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+	+
ПРН13. 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.	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання: (max/min)

1. Контрольна робота 1 за темами 1-3: РН 1.1 – 12 балів / 7 балів
2. Контрольна робота 2 за темами 4-6: РН 1.2, 2.1 – 12 балів / 7 балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 10 балів / 6 балів
3. Підготовка рефератів: РН 2.1 – 6 балів / 4 бали

#### - підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 60. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 24 бали. 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 рефератам проводиться упродовж семестру.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	С/Р
<i>Змістовий модуль 1 Геометрична кристалографія та симетрія кристалів</i>				
1	<b>Вступ. Предмет та задачі кристалографії</b>			
2	<b>Тема 1 Кристалічний стан та його загальні особливості.</b> Поняття кристалічного стану та загальні властивості кристалів. Закон постійності кутів. Закон раціональності відношень	2		4
3	<b>Тема 2. Аналітичний опис просторової ґратки.</b> Просторова ґратка. Період повторюваності. Вузлові прямі. Вузлові площини. Елементарна комірка. Кристалографічна система координат. Індекси Міллера. Індекси Браве. Поняття кристалографічної зони. Сферична проекція. Кристалічний та полярний комплекс. Стереографічна проекція. Гномостереографічна проекція. Сітка Вульфа	4		8
4	<b>Тема 3. Обернена ґратка</b> 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	<i>Модульна контрольна робота 1</i>	1		
<i>Змістовий модуль 2 Симетрія кристалів, способи опису кристалічних структур та деякі симетричні закономірності фізичних властивостей</i>				
6	<b>Тема 4. Симетрія кристалічної ґратки.</b> 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	<b>Тема 5. Симетрія кристалічних структур.</b> 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.	4		8
8	<b>Тема 6. Елементи кристалохімії та кристалофізики.</b> Поняття про структурні типи та їх позначення. Опис деяких структурних типів. Принцип щільності упаковки. Політипізм 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		18

9	Модульна контрольна робота 2	1		
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>		<b>60</b>

Загальний обсяг **90 год.**<sup>1</sup>, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Лабораторні – **0 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

---

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна:*

1. Семенько М.П. „Структурна кристаллографія” (вибрані лекції по кристаллографії) для студентів фізичного факультету.// Київ. – 2019 р. – 63 с.
2. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1984.
3. Современная кристаллография. / Под. ред. Вайнштейна Б.К. - Т. 1. - М.: Наука, 1979.
4. Современная кристаллография. / Под. ред. Вайнштейна Б.К. - Т. 2. - М.: Наука, 1979.
5. Современная кристаллография. / Под. ред. Вайнштейна Б.К. - Т. 4. - М.: Наука, 1979.
6. Вегман Е.Ф. Ю.Г.Руфанов, И.Н. Федорченко. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография. М. Metallurgiya. 1990.
7. Желудев И.С. Физика кристаллов и симметрия. М. Наука. 1987.
8. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979.

### *Додаткова:*

1. Костов И. Кристаллография. - М.: Мир, 1965.
2. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. - М.: Высшая. школа, 1964.
3. Най Дж. Физические свойства кристаллов. М.: Мир, 1967.
4. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. - М.: Наука, 1971.
5. Желудев И.С. Физика кристаллов и симметрия. М.: Наука, 1987.
6. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике.
7. Проблемы современной кристаллографии./ Под.ред. Вайнштейна Б.К. - М.: Наука, 1975.