

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Декаан фізичного факультету ХНУ  
імені В.Н. Каразіна

Оуслан БОВК

“ ” 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**«Вступ до фізики твердого тіла»**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

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

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету

“ 30 ” серпня \_\_\_\_\_ 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

канд. фіз.-мат. наук, професор, професор Бадіян Є.Ю.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № 7 від 28 серпня 2023 року

Завідувач кафедри  Золтан ЗИМАН

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

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

\_\_\_\_\_

фізика

—

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

(керівник проектної групи)



Олег ЛАЗОРЕНКО

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2023 року

Голова методичної комісії

(підпис)



Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Вступ до фізики твердого тіла” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

*бакалавра*

---

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) **104 Фізика та астрономія**

спеціалізації

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

*Мета:* оволодіти знаннями кристалографічних законів, класифікації кристалів в наближенні континууму та дисконтинууму, термодінаміки фазових рівноваг та перетворень, теорії дефектів кристалічної структури.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

*знати:* кристалографічні закони, класифікацію кристалів у наближенні континууму та дисконтинууму, аналітичний опис геометричних елементів кристала, термодінаміку фазових рівноваг та перетворень, можливі дефекти кристалічного стану;

*вміти:* практично використовувати закони кристалографії при вивченні структури кристалографічної ґратки та знання дефектної структури.

*Компетентності, що забезпечуються дисципліною:*

- 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 (ІК).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК-5).

- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК-8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК-9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК-1).
  - Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК-7).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК 8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК-9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК-10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК-12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК-13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК-14).

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
5-й	-й
Лекції	
22 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Курсова робота	
одна	
Самостійна робота, у тому числі	
68 год.	год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

- Розуміти специфіку розгляду кристалу як однорідного анізотропного континууму, дисконтинууму;
- вміти відрізнити фізичну симетрію від геометричної;
- вміти індексувати будь-які елементи кристалічної ґратки (точка, напрямок, площина);
- знати різні способи класифікації кристалів (кристалічні системи, решітки Браве, точкові і просторові групи)
- вміти розбиратися в дефектній структурі кристалів.

*Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:*

- 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).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН-25).

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### ***Розділ 1. Основи геометричної кристалографії.***

Тема 1. Поняття про кристалічний та аморфний стани. Кристалічний стан. Просторова ґратка. Кристал – однорідний анізотропний континуум, дисконтинуум. Аморфний стан.

Тема 2. Симетрія кристалів. Поняття про симетрію. Описання та позначення елементів і операцій симетрії. Можливий порядок осей симетрії в дисконтинуумі. Симетрія реальних кристалів.

Тема 3. Класифікація кристалів. Кристалічні категорії. Кристалічні системи (сингонії). Класифікація Браве (трансляційні групи). Класи симетрії (точкові групи). Просторові (федорівські) групи.

Тема 4. Кристалічні ґратки. Елементарна комірка. Базис і координаційне число. Найщільніше пакування куль. Тетраедричні й октаедричні порожнечі.

Тема 5. Аналітичний опис геометричних елементів кристалічної ґратки. Індокси точок, прямих, площин. Обчислення періодів ідентичності. Об'єм елементарного паралелепіпеда. Обчислення міжплощинних відстаней. Обчислення кутів між площинами і напрямками в кристалах.

### ***Розділ 2. Дефекти кристалічного стану.***

Тема 6. Термодинамічно рівноважні дефекти кристалічної будови. Вакансії. Міжвузлові атоми. Утворення вакансій по Френкелю та Шотки. Рівноважна концентрація вакансій і її температурна залежність.

Тема 7. Термодинамічно нерівноважні дефекти кристалічної будови. Дислокації. Лінійні й гвинтові дислокації. Вісь дислокації, лінія дислокації, площина ковзання, вектор Бюргерса, контур Бюргерса.

Тема 8. Рух дислокацій. Консервативний рух (ковзання). Дифузійне переповзання (сходження). Взаємодія дислокацій. Анігіляція дислокацій різного знака. Джерело виникнення дислокацій. Джерело Франка-Ріда.

Тема 9. Способи виявлення дислокацій. Виявлення дислокацій за ямками травлення (оптична мікроскопія). Електронна мікроскопія. Рентгенівські методи. Вплив дефектів кристалічної будови на механічні властивості.

### ***Розділ 3. Фазові перетворення.***

Тема 10. Система, компонент, фаза. Термодинамічні потенціали для опису систем. Фазові перетворення 1-го і 2-го роду. Приклади. Формула Клапейрона -Клаузіуса. Співвідношення Ернфеста.

Тема 11. Закономірність кристалізації однокомпонентних систем. Величина переохолодження систем. Кристалічний розмір зародків і його залежність від температури, швидкості кристалізації.

Тема 12. Закономірність кристалізації в подвійних системах. Взаємодія компонентів у системі. Правило фаз Гіббса. Типи рівноважних діаграм стану. Правило важеля. Експериментальний метод побудови діаграм рівноваги. Гранична розчинність компонентів. Трикутник Тамана.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
лекції		С.р.	
1	2	3	4
<b>Розділ 1. Основи геометричної кристалографії</b>			
Тема 1	8	2	6
Тема 2	5	1	4
Тема 3	8	2	6
Тема 4	8	2	6
Тема 5	8	2	6
Разом за розділом 1	37	9	28
<b>Розділ 2. Дефекти кристалічного стану</b>			
Тема 6	8	2	6
Тема 7	8	2	6
Тема 8	5	1	4
Тема 9	8	2	6
Разом за розділом 1	29	7	22
<b>Розділ 3. Фазові перетворення</b>			
Тема 10	8	2	6
Тема 11	8	2	6
Тема 12	8	2	6
Разом за розділом 3	24	6	18
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>68</b>

### 4.Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Термічний та диференційний термічний аналіз для визначення параметрів фазових перетворень першого роду.	14
2	Визначення кристалографічної орієнтації монокристалічних зразків	14

3	Сучасні експериментальні методи дослідження структури полікристалів	16
4.	Способи проективного зображення елементів кристалу.	14
5.	Види дислокацій та способи їх руху в кристалах.	10
	Разом	68

### 5. Теми для курсових робіт

№ з/п	Теми для курсових робіт
1	Кристалографія пластичної деформації зразків з ГЦК- граткою.
2	Кристалографія пластичної деформації зразків з гексагональною граткою.
3	Кристалографія пластичної деформації зразків з ОЦК- граткою
4	Роль дефектів кристалічної будови в пластичній деформації та руйнуванні полікристалів.
5.	Особливості структури аморфних матеріалів.

### 6.Методи контролю

3.1.Поточний контроль. Перевірка курсової роботи.

### 7.Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль в формі заліку з виконанням залікової роботи

Поточний контроль, курсова робота				Залікова робота	Сума балів
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Курсова робота		
10	10	10	10	60	100

### 8. Схема нарахування балів

### 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

1. Зиман З.З.. Основи структурної кристалографії: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. – 212 с.
2. Бадіян Є.Ю. Практична кристалографія: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. – 144 с.
3. З.З. Зиман, А.Ф. Сіренко. Основи фізичного матеріалознавства: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2005. – 288 с.
4. Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник/ В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.