

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Програма навчальної дисципліни

Теорія кристалів  
(назва навчальної дисципліни)

напрямок \_\_\_\_\_ 6.040203 – «Фізика» \_\_\_\_\_  
(шифр, назва напрямку)

спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр, назва спеціалізації)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр, назва спеціалізації)

факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

2015 / 2016 навчальний рік

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

“ 18 ” \_\_\_\_\_ вересня \_\_\_\_\_ 2015 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Богдан Михайло Михайлович, доктор фіз-мат. наук**

Програму схвалено на засіданні кафедри

теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “ 7 ” \_\_\_\_\_ вересня \_\_\_\_\_ 2015 року протокол № 8

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

\_\_\_\_\_ ( Рашба Г.І. )

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 17 ” \_\_\_\_\_ вересня \_\_\_\_\_ 2015 року № 1

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Макаровський М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Теорія кристалів**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр

напряму підготовки 6.040203 – фізика  
спеціальності

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни “Теорія кристалів” є квантова механіка кристалічних ґраток, квантування внутрішніх рухів атомів в кристалах і квазічастинкові збудження в них, розсіювання світла і нейтронів кристалами. термодинаміка кристалів, дефекти ґраток і їх вплив на динамічні властивості кристалів.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

### **Розділ 1. Квантова механіка кристалів (Теми 1-13)**

### **Розділ 2. Дефекти кристалічної решітки (Теми 14-18)**

#### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія кристалів» є формування уявлень студентів про квантові явища в кристалічних ґратках та особливості динаміки неідеальних кристалів з дефектами.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Теорія кристалів» є навчити студентів

- основам квантової механіки кристалічної решітки
- квазічастинковому підходу для опису в термінах фононів квантовомеханічних властивостей і термодинаміки кристалів,
- розрахунку процесів непружного розсіювання нейтронів кристалами та відновлення законів дисперсії їхніх коливань,
- досліджувати процеси локалізації коливань у кристалах з дефектами і розраховувати частоти таких коливань,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи розв’язку задач квантової механіки кристалів та теорії дефектів в кристалах.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

**знати:** методи дослідження квантових моделей кристалів та основні підходи в теорії дефектів

**вміти:** досліджувати квантовомеханічні ефекти в кристалічних ґратках та спектри локальних мод у неідеальних кристалах.

## 2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 1,5	Галузь знань (предметна область)  0402 «Фізико-математичні науки»	за вибором студента
		Рік підготовки 4-й
Індивідуальне завдання  (назва)	Напрямок: 6.040203 - фізика	Семестр
Загальна кількість годин 54		8-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента –1,6	Спеціальність:  Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень)  бакалавр	Лекції
		30 год.
		Практичні, семінарські
		немає
		Лабораторні
		немає
		Самостійна робота
		24 год.
		Індивідуальні завдання:
		немає
Вид контролю:		
<b>екзамен</b>		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 125%

## 3. Виклад змісту навчальної дисципліни

### Розділ 1. Квантова механіка кристалла

Тема 1. Квантування малих коливань кристала.

Тема 2. Представлення чисел заповнення.

Тема 3. Основний стан кристала. Фонони.

Тема 4. Квантові кристали.

Тема 5. Ангармонізм коливань кристала і взаємодія фононів.

Тема 6. Ефективний гамільтоніан взаємодії фононів і процеси розпаду.

Тема 7. Квантово-механічне визначення функцій Гріна.

Тема 8. Парний корелятор зсувів.

Тема 9. Середній квадрат зміщення атома.

Тема 10. Непружна дифракція на кристалі.

Тема 11. Відновлення закону дисперсії коливань.

Тема 12. Квазікласичне квантування самолокалізованих коливань в ангармонічному ланцюжку атомів.

Тема 13. Зв'язаний стан фононів в ангармонічному ланцюжку атомів.

## Розділ 2. Дефекти кристалічної решітки

Тема 14. Моделі точкових дефектів кристалічної решітки.

Тема 15. Локалізація коливань поблизу ізольованого ізотоп-дефекту.

Тема 16. Функція Гріна для кристала з точковими дефектами.

Тема 17. Локальні коливання при наявності двомірного (плоского) дефекту.

Тема 18. Дислокації і дисклінації.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	Інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
<b>8 семестр</b>						
<b>Розділ 1. Квантова механіка кристала</b>						
Тема 1	3	2				2
Тема 2	3	2				1
Тема 3	2	1				1
Тема 4	4	2				2
Тема 5	3	2				2
Тема 6	4	2				2
Тема 7	2	1				1
Тема 8	2	1				1
Тема 9	2	1				1
Тема 10	3	2				1
Тема 11	4	2				2
Тема 12	3	2				1
Тема 13	3	2				1
<b>Розділ 1. Дефекти кристалічної решітки</b>						
Тема 14	3	1				2
Тема 15	4	2				2
Тема 16	2	2				2
Тема 17	3	2				2
Тема 18	3	2				2
<b>Усього годин</b>	<b>54</b>	<b>30</b>				<b>24</b>
<b>Екзамен</b>						

## 5. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Квантова механіка кристалів.	2	4
2	Квантування коливань кристала.	2	опитування
3	Представлення чисел заповнення.	1	опитування
4	Фонони.	1	опитування
5	Оператори знищення і породження фононів.	2	опитування
6	Квантово-механічне визначення функції Гріна.	2	опитування
7	Процеси розсіювання фононів.	2	опитування
8	Взаємодія фононів.	1	4
9	Ефективний гамільтоніан взаємодії фононів.	1	опитування
10	Квантові кристали та рідини.	1	опитування
11	Квазікласичне квантування самолокалізованих коливань у ангармонічному ланцюжку атомів.	1	опитування
12	Зв'язаний стан фононів у ангармонічному ланцюжку атомів.	2	опитування
13.	Моделі точкових дефектів кристалічної решітки.	1	опитування
14	Локалізація коливань поблизу ізольованого ізотоп-дефекту.	2	опитування
15	Поле зміщень поблизу ізотоп-дефекту.	2	опитування
16	Функція Гріна для кристалу с точковими дефектами.	2	опитування
17	Локальні коливання при наявності двовимірного дефекту.	2	опитування
18	Дислокації і дисклінації.	2	опитування
	<b>Разом</b>	<b>24</b>	

## 7. Індивідуальні завдання

### 8. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

### 9. Методи контролю

Екзамен.

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

### Екзамен (8 семестр)

Поточний контроль та самостійна робота		Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	60	40	100
T1-T13	T14-T18			
30	30			

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 11. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації деяких лекцій.

### Базова література

1. Косевич А.М. Теория кристаллической решетки (1988); Основы механики кристаллической решетки (1972).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (1973).
3. Займан Дж. Принципы теории твердого тела.
4. Давыдов А.С. Теория твердого тела.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.
6. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика ч. 2. т. IX.
7. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел (1967).
8. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В 2-х томах (1979).

### Допоміжна література

1. Косевич А.М. Введение в нелинейную физическую механику / А.М.Косевич, А.С. Ковалев – Киев: Наукова думка, 1989. – 300 с.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела (1978).

### Інформаційні ресурси

#### Сайт кафедри теоретичної фізики:

[http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students\\_study\\_ukr.html](http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_study_ukr.html)

[http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students\\_ref\\_ukr.html](http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_ref_ukr.html)

[http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/presentations/chemical\\_bonds.pdf](http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/presentations/chemical_bonds.pdf)

З освітніх матеріалів МФТІ:

<http://lectoriy.mipt.ru/course/viewall/>