

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця_

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

**Проректор
з науково-педагогічної роботи**

Пантелеймонов А. В.

« ____ » _____ 20 ____ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теорія кристалічної решітки

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ 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 _____ обов’язкова _____
(обов’язкова / за вибором)

факультет _____ фізичний _____

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“ 28 ” 08 2020 року, протокол № 5

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Богдан Михайло Михайлович, доктор фіз-мат. наук

Програму схвалено на засіданні кафедри

теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “ 24 ” 06 2020 року № 10

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

(підпис)

Рашба Г.І.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 25 ” 06 2020 року № 10

Голова методичної комісії фізичного факультету

(підпис)

Макаровський М.О..
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни **“Теорія кристалічної решітки”** складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр, спеціальності (напрямку) 104 – фізика та астрономія спеціалізації

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія кристалічної решітки» є формування уявлень студентів про коливальні явища у кристалічній ґратці та їх динамічні характеристики, зокрема закон дисперсії, ізочастотні поверхні, густину коливань тощо.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Теорія кристалічної решітки» є навчити студентів

- основам класичної динаміки кристалічної решітки,
- основним теоретичним методам розрахунків коливальних спектрів та густин коливань кристалів,
- основним методам знаходження розв’язків нелінійних рівнянь, що описують нелінійні збудження в кристалах,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи розв’язку задач теорії кристалічної решітки.

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
Практичні, семінарські заняття
Не передбачені навчальним планом
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
58 год.
Індивідуальні завдання
Не передбачені навчальним планом
Залік

1.6. Заплановані результати навчання

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

Набути базові уявлення про точні методи дослідження і основні прийоми якісного аналізу динаміки кристалічних систем (є геометрія кристалічних ґраток, динаміка атомів у

них, термодинаміка кристалів, їх теплопровідність, дефекти ґраток, нелінійні збудження в кристалах).

Бути здатними досліджувати гармонічні і нелінійні коливання в пружних дискретних середовищах.

2. тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Класична теорія малих коливань кристала

- Тема 1. Трансляційна симетрія.
- Тема 2. Прості і складні кристалічні ґратки.
- Тема 3. Решітка Браве. Сингонії.
- Тема 4. Обернена ґратка.
- Тема 5. Зони Бріллюена.
- Тема 6. Використання проникаючого випромінювання для визначення структури кристала.
- Тема 7. Рівняння малих коливань.
- Тема 8. Закон дисперсії стаціонарних коливань.
- Тема 9. Аналіз закону дисперсії.
- Тема 10. Власні коливання кристала. Спектр значень квазіхвильового вектора.
- Тема 11. Нормальні координати коливань кристала.
- Тема 12. Довгохвильове наближення і макроскопічні рівняння для поля зміщень.
- Тема 13. Основні поняття і рівняння теорії пружності.
- Тема 14. Коливання одновимірного кристала.
- Тема 15. Малі коливання лінійного ланцюжка.
- Тема 16. Коливання сильно анізотропного кристала.
- Тема 17. Оптичні коливання одновимірного кристала.
- Тема 18. Молекулярні кристали.
- Тема 19. Поверхні постійної частоти.
- Тема 20. Густина коливань.
- Тема 21. Аналіз густини коливань. Особливості ван Хова.
- Тема 22. Густина коливань 1D, 2D і 3D кристала.
- Тема 23. Функція Гріна рівняння коливань.
- Тема 24. Запізніла і випереджальна функції Гріна.
- Тема 25. Зв'язок густини коливань з функцією Гріна.

Розділ 2. Теорія кінків і бризерів. Нелінійні збудження в кристалах

- Тема 26. Виведення рівняння Бусінеска для ангармонічного кристалу.
- Тема 27. Поодинокі нелінійні хвилі в ангармонічному кристалі.
- Тема 28. Рівняння Кортевега-де Фріза. Цунамі в кристалі.
- Тема 29. Метод оберненої задачі розсіювання.
- Тема 30. Модель Френкеля-Конторова для краудіона. Виведення рівняння синус-Гордон.
- Тема 31. Краудіон - солітон рівняння синус-Гордон.
- Тема 32. Гармонічні коливання в 1D кристалі, що містить краудіон (Кінки).
- Тема 33. Розв'язок рівняння синус-Гордон методом Хіроті.
- Тема 34. Двосолітонні розв'язки рівняння синус-Гордон.
- Тема 35. Бризер рівняння синус-Гордон.
- Тема 36. Дискретні бризери.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
7 семестр						
Розділ 1. Класична теорія малих коливань кристала						
Тема 1	4	0.5				3
Тема 2	4	0.5				3
Тема 3	4	0.5				3
Тема 4	4	0.5				3
Тема 5	5	1				3
Тема 6	5	1				3
Тема 7	2	1				
Тема 8	2	1				
Тема 9	2	1				
Тема 10	5	1				3
Тема 11	5	1				3
Тема 12	5	1				3
Тема 13	5	1				3
Тема 14	5	1				3
Тема 15	5	1				3
Тема 16	5	1				3
Тема 17	2	1				
Тема 18	2	1				
Тема 19	2	1				
Тема 20	2	1				
Тема 21	2	1				
Тема 22	2	1				
Тема 23	5	1				3
Тема 24	5	1				3
Тема 25	5	1				3
Разом за розділом 1	70	22				48
Розділ 2. Теорія кінків і бризерів. Нелінійні збудження в кристалах						
Тема 26	3	0.5				
Тема 27	3	0.5				
Тема 28	3	1				
Тема 29	3	1				
Тема 30	3	1				4
Тема 31	3	1				2
Тема 32	3	1				
Тема 33	3	1				
Тема 34	3	1				
Тема 35	3	1				
Тема 36	3	1				4
Разом за розділом 2	20	10				10
Усього годин	90	32				58
Залік						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

5. Завдання для самостійної роботи

Пояснення щодо того, що повинен зробити студент під час самостійної роботи.

По всіх нижче вказаних темах опрацювати конспекти лекцій, прочитати відповідні параграфи в підручниках та монографіях. Самостійно підготуватися до контрольної роботи.

Назва теми	Кількість годин
1	3
Тема 1. Вступ. Класична динаміка кристалічних ґраток.	3
Тема 2. Коливання простих ґраток.	3
Тема 3. Закон дисперсії коливань.	3
Тема 4. Власні коливання ґраток.	3
Тема 5. Нормальні коливання.	3
Тема 6. Довгохвильове наближення.	3
Тема 7. Моделі кристалів різної розмірності.	3
Тема 8. Коливання складної (багатоатомної) ґратки.	3
Тема 9. Оптичні коливання.	3
Тема 10. Молекулярні кристали.	3
Тема 11. Оптичні коливання іонного кристала.	3
Тема 12. Спектр частот і його зв'язок з функцією Гріна.	3
Тема 13. Ізочастотні поверхні.	3
Тема 14. Розподіл коливань по частотах.	3
Тема 15. Особливості густини коливань.	3
Тема 16. Зв'язок густини коливань з функцією Гріна.	3
Тема 17. Модель Френкеля-Конторової для краудіона.	4
Тема 18. Гармонійні коливання в 1D кристалі, що містить краудіон (Кінки).	2
Тема 19. Дискретні бризери.	4
Усього	58

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

7. Методи контролю

Поточне опитування, участь у семінарських заняттях, контрольна робота, залік.

8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залік	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом за розділами 1-2	Разом		
T1-T25	T26-T36				
10	10	20	40	60	100

Для зарахування розділу 1 та розділу 2 треба набрати у підсумку не менше 5 балів за результатами поточного опитування. Для зарахування контрольної роботи за

матеріалами розділів 1 та 2 треба набрати у підсумку не менше 10 балів. Для допуску до письмового заліку треба набрати у підсумку не менше 20 балів.

Примітка.

1. Оцінка, яку отримує студент за кожну тему відповідає відсоткові правильного виконання поставленого завдання. Завдання вважається виконаним правильно, коли студент самостійно дав повну, вірну та вичерпну відповідь, не користуючись жодними зовнішніми джерелами інформації або підказками інших осіб, а також може (в разі необхідності) дати *прилюдне вірне, повне та вичерпне пояснення* щодо змісту цієї відповіді.
2. У разі виявлення факту **академічної недоброчесності** із боку студента під час перевірки курсової роботи оцінка за неї **повинна бути зменшена до 0** (пункт 7.12.5 «Положення про організацію освітнього процесу в ХНУ імені В. Н. Каразіна», наказ ректора № 0202-1/155 від 21.04.2017 р.).
3. До підсумкового семестрового контролю (заліку) допускається студент денної форми навчання, який створив повний **рукописний** конспект лекцій, пройшов поточне опитування й написав контрольну роботу та набрав не менш, ніж **20 балів**.
4. У разі виявлення факту **академічної недоброчесності** із боку студента під час іспиту його екзаменаційна оцінка **повинна бути зменшена до 0**, а сам студент **має бути видалений з аудиторії**, до проводиться іспит (пункт 7.12.5 «Положення про організацію освітнього процесу в ХНУ імені В. Н. Каразіна», наказ ректора № 0202-1/155 від 21.04.2017 р.).

Білет письмового заліку складається з двох теоретичних питань. Максимальна оцінка за кожне з питань 30 балів. Максимальна оцінка за залік – 60 балів.

Критерії оцінювання письмової залікової роботи

Білет складається з двох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 30 балів. У відповіді на теоретичні питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Теорія кристалічної решітки» та її понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни.

Максимальні бали виставляються в разі чіткої, логічної, послідовної письмової відповіді на поставлене питання, з висновками основних формул, формулюванням фізичних законів

У процесі оцінювання теоретичних завдань залікового білету враховуються:

- повнота розкриття питання (6 бали);
- уміння чітко формулювати визначення фізичних понять, термінів та пояснювати їх (6 бали);
- здатність аргументувати отриману відповідь (6 бали);
- здатність робити аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків (6 бали);
- логічна послідовність викладення матеріалу у відповіді на завдання (6 бали).

Відповідь має бути обґрунтованою, з посиланням на відповідні фізичні закони та рівняння, з послідовними розрахунками всіх основних формул, доведеними до кінцевого результату з чіткою відповіддю на поставлене питання. За рішення задачі (практичного завдання) нараховуються такі бали:

1. Повна та послідовно обґрунтована відповідь отримує оцінку 30 балів у випадку, коли студент отримав правильну відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Оцінка 20-29 балів виставляється за відповідь, в якій є несуттєві похибки в логіці

викладу.

3. Відповідь на питання отримує оцінку 16-19 балів, коли студент не отримав правильну відповідь або написав тільки кінцеву формулу без пояснень та виводу.
4. Відповідь на питання отримує оцінку 0-15 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, причому метод і спосіб розв'язання завдання були не вірними.

Залік зданий, якщо сумарна оцінка за письмову залікову роботу не менше 30 балів, а сумарний підсумковий бал не менше 50 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	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

Основна література

1. Косевич А.М. Теория кристаллической решетки (1988); Основы механики кристаллической решетки (1972)
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела
3. Давыдов А.С. Теория твердого тела
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.
5. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика ч. 2. т. IX
6. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел (1967) и Введение в физику твердого тела (1978)
7. 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. Захаров В.Е. Теория солитонов (метод обратной задачи) / В.Е. Захаров, С.В.Манаков, С.П.Новиков, Л.П. Питаевский – Москва: Наука, 1980. – 319 с.
3. Абловиц М. Солитоны и метод обратной задачи / М. Абловиц, Х.Сигур; [пер. с англ. А.В. Михайлова, под ред. В.Е.Захарова] – Москва: Мир, 1987. – 479 с.

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

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_ref_ukr.html

З освітніх матеріалів МФТІ: <http://lectoriy.mipt.ru/course/viewall/>