

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

Фізика твердих тіл

(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:

Єзерська Олена Володимирівна, канд. фіз.-мат. наук, доц.

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 20 року № 1

Голова методичної комісії _____

Макаровський М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

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

напряму підготовки 6.040203 – фізика
спеціальності

Предметом вивчення навчальної дисципліни “Фізика твердих тіл” є геометрія кристалічної ґратки, опис властивостей твердих тіл за допомогою зонної теорії, статистична механіка електронів провідності, поведінка в постійних та змінних електричних та магнітних полях, взаємодія електронів з коливаннями решітки

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

Розділ 1. Одноелектронне наближення в теорії твердих тіл. Класифікація твердих тіл за зонною структурою та типом хімічних зв'язків (Теми 1-7)

Розділ 2. Термодинамічні та кінетичні властивості металів (Теми 8-20)

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Фізика твердих тіл» формування уявлень студентів про основні теоретичні методи дослідження властивостей твердих тіл.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Фізика твердих тіл» є навчити студентів

- основам геометрії кристалічної решітки
- досліджувати одноелектронні енергетичні спектри в періодичних потенціалах, точними і наближеними методами,
- основам зонної теорії,
- досліджувати властивості електронів провідності в постійних та високочастотних електромагнітних полях,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи вирішення задач фізики твердого тіла.

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

знати: принципи і методи фізики твердого тіла.

вміти: застосовувати методи фізики твердого тіла для дослідження термодинамічних та кінетичних характеристик твердих тіл.

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
Індивідуальне завдання (назва)	Напрямок: 6.040203 - фізика	Рік підготовки 4-й
Загальна кількість годин 54	Спеціальність:	Семестр
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1	Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр	7-й
		Лекції
		36 год.
		Практичні, семінарські
		немає
		Лабораторні
		немає
		Самостійна робота
		18 год.
		Індивідуальні завдання:
немає		
Вид контролю:		
залік		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):
для денної форми навчання – 150%

3. Виклад змісту навчальної дисципліни

Розділ 1. Одноелектронне наближення в теорії твердих тіл. Класифікація твердих тіл за зонною структурою та типом хімічних зв'язків

Тема 1. Вступ. Кристалічний стан макроскопічної речовини. Адіабатичне наближення в теорії твердого тіла.

Тема 2. Геометрія кристалічної решітки. Трансляційна симетрія. Вектор трансляції. Елементарна комірка. Проста і складна решітка. Решітка Браве. Осередок Вігнера-Зейтца. Обернена решітка. Зони Бріллюена.

Тема 3. Власні функції та власні значення оператора трансляції. Поняття квазіімпульса. Хвильова функція електрона в періодичному полі. Теорема Блоха.

Тема 4. Циклічні граничні умови (граничні умови Борна-Кармана). Підрахунок числа станів. Густина станів. Рівень Фермі. Енергія Фермі.

Тема 5. Методи розрахунку енергетичного спектру електрона, що рухається в періодичному полі: модель вільних електронів; модель майже вільних електронів (теорія слабого зв'язку); модель сильно зв'язаних електронів; модель Кроніга-Пенні (рішення

методом трансфер-матриці); метод ортогоналізованих плоских хвиль та метод псевдопотенціалу;

Тема 6. Типи твердих тіл. Зонна картина: метали, напівметали, напівпровідники, діелектрики.

Тема 7. Типи твердих тіл. Картина зв'язків. Енергія хімічного зв'язку. Молекулярні кристали. Ван-дер-ваальсових зв'язок. Потенціал Ленарда-Джонса. Іонні кристали. Іонний зв'язок. Ковалентні кристали. Ковалентний зв'язок на прикладі молекули водню. Обмінна взаємодія. Метали. Металева зв'язок. Водневий зв'язок.

Розділ 2. Термодинамічні та кінетичні властивості твердих тіл

Тема 8. Статистична механіка електронів провідності. Електронна теплоємність.

Тема 9. Статичні магнітні властивості електронного газу: парамагнетизм Паулі; діамагнетизм Ландау;

Тема 10. Класична механіка частинки з довільним законом дисперсії. Рух в постійному електричному полі та в постійному магнітному полі зарядженої частинки з періодичним законом дисперсії.

Тема 11. Квазікласичне квантування рівнів енергії електрона з довільним законом дисперсії в магнітному полі.

Тема 12. Ефект де Гааза-ван-Альфена: кількісний та якісний розгляд для тривимірного металу простий висновок для двовимірного металу

Тема 13. Магнітний пробій.

Тема 14. Квантова механіка частинки з довільним законом дисперсії.

Тема 15. Класична теорія електропровідності Друде-Лоренца. Висновок закону Ома і закону Відемана-Франца. Труднощі класичної теорії.

Тема 16. Кінетичне рівняння Больцмана. Питома електропровідність. Закон Ома. Теплопровідність. Закон Відемана-Франца.

Тема 17. Гальваномагнітні явища. Ефект Холла.

Тема 18.. Нормальний скін-ефект та аномальний скін-ефект.

Тема 19. Циклотронний резонанс.

Тема 20. Ефект Яна-Теллера.

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. ОДНОЕЛЕКТРОННЕ НАБЛИЖЕННЯ В ТЕОРІЇ ТВЕРДИХ ТІЛ. КЛАСИФІКАЦІЯ ТВЕРДИХ ТІЛ ЗА ЗОННОЮ СТРУКТУРОЮ ТА ТИПОМ ХІМІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ						
Тема 1	1,5	1				0,5
Тема 2	1,5	1				0,5
Тема 3	2	1				1
Тема 4	2	1				1
Тема 5	3	2				1
Тема 6	3	2				1
Тема 7	3	2				1
Розділ 2. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ТА КІНЕТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ						
Тема 8	3	2				1
Тема 9	3	2				1

1	2	3	4	5	6	7
Тема 10	3	2				1
Тема 11	3	2				1
Тема 12	4	3				1
Тема 13	3	2				1
Тема 14	3	2				1
Тема 15	3	2				1
Тема 16	3	2				1
Тема 17	3	2				1
Тема 18	3	2				1
Тема 19	2,5	2				0,5
Тема 20	1,5	1				0,5
Усього годин	54	36				18
Залік						

5. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	2	3	4
1.	Кристали в природі. Обґрунтування та межі застосування адіабатичного наближення в теорії твердого тіла.	0,5	опитування
2.	Основні визначення в геометрії кристалічних решіток. Класи та типи двовимірних та тривимірних решіток Браве.	0,5	опитування
3.	Властивості унітарних операторів. Власні функції та власні значення оператора трансляції. Поняття квазіімпульса та квазіхвильового вектора. Одноелектронне наближення та хвильова функція електрона в періодичному полі. Доведення теореми Блоха.	1	опитування
4.	Знаходження спектру можливих значень квазіхвильового вектора для випадку періодичних (циклічних) граничних умов. Підрахунок числа станів. Густина станів. Рівень Фермі та енергія Фермі. Підрахунок енергії Фермі для квадратичного закону дисперсії електронів.	1	опитування
5.	Деякі методи розрахунку енергетичного спектру електрона, що рухається в періодичному полі: модель вільних електронів; модель майже вільних електронів (теорія збурень); модель сильно зв'язаних електронів (метод функцій Ваньє); модель Кроніга-Пенні (рішення методом трансфер-матриці); метод ортогоналізованих плоских хвиль (варіційний принцип), метод псевдо потенціалу.	1	опитування
6.	Класифікація твердих тіл за зонною картиною. Особливий випадок одновимірних кристалів -	1	опитування

	обов'язкове існування заборонених зон. Можливість перекриття дозволених зон у двовимірних та тривимірних кристалах.		
1	2	3	4
7.	Поняття енергії хімічного зв'язку. Класифікація твердих тіл за типом зв'язків.	1	опитування
8.	Ідеальний фермі газ електронів в металі. Підрахунок електронної теплоємності у газовому наближенні.	1	опитування
9.	Підрахунок магнітної сприйнятливості електронного газу. Знаходження спектру вільного електрону в постійному магнітному полі (рівні Ландау) Парамагнітний (парамагнетизм Паулі) та діамагнітний (діамагнетизм Ландау) вклади в магнітну сприйнятливість.	1	опитування
10.	Особливості руху в постійному електричному полі та в постійному магнітному полі зарядженої частинки з довільним періодичним законом дисперсії.	1	опитування
11.	Квазікласичне квантування рівнів енергії електрона з довільним законом дисперсії в магнітному полі.	1	опитування
12.	Ефект де Гааза-ван-Альфена: якісний аналіз для тривимірного металу. кількісний розгляд для двовимірного металу.	1	опитування
13.	Міжзонний та внутризонний магнітний пробій. Знаходження ширини забороненої зони для між зонного пробою.	1	опитування
14.	Квантова механіка частинки з довільним законом дисперсії.	1	опитування
15.	Кінетичні явища. Побудова класичної теорії електропровідності Друде-Лоренца. Час релаксації електронів. Закон Ома і закон Відемана-Франца. Труднощі класичної теорії та обґрунтування необхідності квантового підходу.	1	опитування
16.	Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана. Інтеграл зіткнень. Підрахунок питомої електропровідності, за допомогою кінетичного рівняння (закон Ома). Підрахунок коефіцієнту теплопровідності. Закон Відемана-Франца.	1	опитування
17.	Ефект Холла.	1	опитування
18.	Скін-ефект. Формули для нормального та аномального скін-ефектів.	1	опитування
19.	Циклотронний резонанс. Якісний розгляд.	0,5	опитування
20.	Виродження орбітальні стани. Теорема Яна-Теллера про зняття орбітального виродження кристалічним полем. Динамічний та статичний ефекти Яна-Теллера.	0,5	опитування
	Разом	18	

7. Індивідуальні завдання

8. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

9. Методи контролю

Залік.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль та самостійна робота		Сума
Розділ 1	Розділ 2	
T1-T7	T8-T20	100
50	50	

T1, T2 ... T9 – теми розділів.

Для зарахування заліку студент повинен здати 2 модулі і набрати не менше 25 балів за 1, 2 модулі і набрати у підсумку не менше 50 балів.

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. Абрикосов А.А. Введение в теорию нормальных металлов (1972)
2. Абрикосов А.А. Основы теории металлов (1987)
3. Займан Дж. Принципы теории твердого тела (1974)
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела (1978)
5. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел (1967)
6. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов (1971)
7. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика ч. 2. т. IX
8. Давыдов А.С. Теория твердого тела (1976)

Допоміжна література

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В 2-х томах (1979).
2. Вонсовский С.В., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердого тела (1983).
3. Слэтер Дж. Диэлектрики. Полупроводники. Металлы. (1969)
4. Задачи по физике твердого тела. // Под ред. Г.Дж.Голдсмида (1976).
5. Каганов М.И., Слуцкий А.А. Магнитный пробой. Физика: подписная научная серия. № 9 (1985).
6. Кугель К.И., Хомский Д.И. Эффект Яна-Теллера и магнетизм: соединения переходных металлов. – Успехи физических наук. – Т. 136, вып. 4. – С. 621-664.

Інформаційні ресурси

Сайт кафедри теоретичної фізики:

http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/presentations/chemical_bonds.pdf

З освітніх матеріалів МФТІ:

<http://lectoriy.mipt.ru/lecture/TherPhys-PhysKinet-L10-Maksimov-140503.01>

<http://lectoriy.mipt.ru/lecture/TherPhys-PhysKinet-L01-Maksimov-140208.01>

MIT Lecture Notes:

<http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-511-theory-of-solids-i-fall-2004/>

<http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-512-theory-of-solids-ii-spring-2009/>