

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра общей физики и дидактики физики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ»**

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Компьютерная физика

Образовательная программа: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана физико-технического
факультета



С. А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913;

Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.;

учебного плана и основной образовательной программы Компьютерная физика, направления подготовки 03.04.02 Физика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

доцент, к.ф.-м.н., доцент
кафедры общей физики и дидактики
физики

А. В. Головчан

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики и дидактики физики

Протокол № 13 от «09» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой

Н. Г. Малюк

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

В. Н. Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Квантовая теория твердых тел» относится к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» и состоит из двух содержательных модулей.

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой общей физики и дидактики физики.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами бакалавриата.

Полученные знания используются студентами во время изучения дисциплин Методика обучения решению задач по физике в высшей школе, Специальный научный семинар, История и методология физики, Компьютерное моделирование в физике / Решение экспериментальных физических задач, Физика магнитных явлений и высокотемпературная сверхпроводимость / Основы гидромеханики выполнения практик: Производственная практика (научно-исследовательская работа), Производственная (педагогическая) практика, Производственная практика (преддипломная, подготовка ВКР: магистерской диссертации) и при написании магистерской диссертации.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	03.04.02 Физика	
Магистерская программа	Компьютерная физика	
Образовательная программа	Магистратура	
Квалификация	Магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина по выбору	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	1 модульный контроль, 1 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3,5	
Год подготовки	1	
Семестр	2	
Количество часов	126	
- лекционных	14	
- практических, семинарских		
- лабораторных	28	
- самостоятельной работы	84	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	9	
в т.ч. аудиторных	3	

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи.

Цель дисциплины «Квантовая теория твердых тел» состоит в формировании у будущих магистров по направлению подготовки «Физика» знаний по ряду теоретических

проблем в области физики конденсированного состояния и знакомство с проблемами современной физики полупроводников, физического материаловедения; изучение современной физики полупроводников, физического материаловедения; приобретение опыта использования методов изучения свойств материалов; изучение фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к физике конденсированного состояния вещества; изучение методов физических исследований физики конденсированного состояния.

Задача дисциплины «Квантовая теория твердых тел» предусматривает самостоятельную обработку студентами теоретических основ необходимого материала, подготовку будущего специалиста к преподаванию полученных знаний ученикам в средней школе или самостоятельной научной работы в области физики.

Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины «Квантовая теория твердых тел» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ направления подготовки направления подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: компьютерная физика):

а) общекультурных (ОК):

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

б) общепрофессиональных (ОПК):

- способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-5);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

- способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-1);

научно-инновационная деятельность:

- способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);
- способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

педагогическая и просветительская деятельность:

- способность руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата (ПК-7).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

Знать:

- классификации кристаллических структур твердых тел;
- методы исследования их структуры и основных физических свойств;
- типы химической связи в кристаллах;
- основные приближения, используемые при описании свойств твердых тел.

Уметь:

- вести информационный поиск необходимых для научных исследований источников;
- ориентироваться в базовых методах и моделях, которые используются в современной физике;
- проводить анализ поставленной физической задачи.

Владеть:

- навыками проведения анализа поставленной физической задачи;
- навыками вычисления термодинамических и кинетических характеристик твердых тел.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1	
Тема 1.	Кристаллические и аморфные тела. Строение кристаллов. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решетки Браве. Индексы Миллера. Точечные и пространственные группы. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа - Брэгга. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
Тема 2	Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии. Комбинации атомных дефектов. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Движение дислокаций. Переползание и скольжение. Механизмы образования дислокаций в кристаллах.
Тема 3	Типы химической связи в кристаллах. Межатомное взаимодействие и силы связи в твердом теле. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов. Плотноупакованные структуры. Аморфные тела - методы получения и дифракционного исследования структуры. Жидкие кристаллы. Физика тонких пленок. Наноматериалы.
Тема 4..	Описание энергетического состояния кристаллов с помощью газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Фононы, магноны, экситоны, плазмоны и др. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпульс. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.
Содержательный модуль 2	
Тема 5.	Колебание кристаллической решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоемкость решетки, Дебаевская частота. Фактор Дебая - Уоллера в рассеивании рентгеновских лучей. Ангармонизм и тепловое расширение. Теплоемкость. Температурная зависимость теплоемкости. Модели Эйнштейна и Дебая. Границы справедливости классической теории.
Тема 6.	Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель. Приближение слабо- и сильносвязанных электронов. Зонная схема и типы твердых тел. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость, поверхность Ферми. Тензор эффективных масс. Электроны и дырки. Циклотронная масса. Положение уровня Ферми в невырожденных полупроводниках.
Тема 7.	Кинетические уравнения. Электро- и теплопроводность. Время релаксации. Механизмы рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах. Электрон-фононное взаимодействие.

	Нормальные процессы, процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла. Квантовый эффект Холла.
--	---

Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1.	18	2		4	12							
Тема 2.	18	2		4	12							
Тема 3.	18	2		4	12							
Тема 4..	18	2		4	12							
Итого по содержательному модулю 1	72	8		16	48							
Тема 5.	18	2		4	12							
Тема 6.	18	2		4	12							
Тема 7.	18	2		4	12							
Итого по содержательному модулю 2	54	6		12	36							
Всего часов	126	14		28	84							

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.

Практические занятия не предусмотрены планом.

Темы лабораторных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Строение кристаллов. Рассеяние рентгеновских лучей.	4
2	Дефекты в кристаллах	4
3	Типы химической связи в кристаллах	4
4	Электроны в металле как квазичастицы.	4

5	Колебания кристаллической решетки	4
6	Приближение слабо- и сильносвязанных электронов	4
7	Кинетическое уравнение	4
	ВСЕГО	28

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по курсу «Квантовая теория твердых тел» предусматривает:

- систематическое посещение лекционных занятий, ведение конспекта лекций;
- повседневное изучение лекционного материала, изучение учебной и методической литературы, рекомендуемой программой и рабочим учебным планом.

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Индивидуальные задания не предусмотрены.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Кристаллические и аморфные тела.
2. Строение кристаллов. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка.
3. Решетки Браве.
4. Индексы Миллера.
5. Особенности распространения волн в периодических структурах.
6. Закон Вульфа - Брэгга.
7. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
8. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии.
9. Комбинации атомных дефектов.
10. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.
11. Энергия дислокаций. Движение дислокаций. Переползание и скольжение.
12. Механизмы образования дислокаций в кристаллах.
13. Типы химической связи в кристаллах. Межатомное взаимодействие и силы связи в твердом теле.
14. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов. Плотноупакованные структуры.
15. Описание энергетического состояния кристаллов с помощью газа квазичастиц. Примеры квазичастиц.
16. Фононы, магноны, экситоны, плазмоны и др.
17. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпульс. Закон дисперсии.
18. Теорема Блоха. Граничные условия.
19. Плотность состояний.
20. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.
21. Колебание кристаллической решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний.
22. Теплоемкость решетки, Дебаевская частота.
23. Фактор Дебая - Уоллера в рассеивании рентгеновских лучей.
24. Ангармонизм и тепловое расширение.

25. Теплоемкость. Температурная зависимость теплоемкости.
26. Модели Эйнштейна и Дебая. Границы справедливости классической теории.
27. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель.
28. Приближение слабо- и сильносвязанных электронов.
29. Зонная схема и типы твердых тел.
30. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость.
31. Поверхность Ферми. Тензор эффективных масс.
32. Электроны и дырки. Циклотронная масса. Положение уровня Ферми в невырожденных полупроводниках.
33. Кинетические уравнения. Электро- и теплопроводность.
34. Время релаксации. Механизмы рассеяния электронов.
35. Рассеяние на примесях и дефектах.
36. Электрон-фононное взаимодействие.
37. Нормальные процессы, процессы переброса.
38. Магнитосопротивление и эффект Холла.
39. Квантовый эффект Холла.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(не предусмотрено)

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к экзамену

1. Кристаллические и аморфные тела.
2. Строение кристаллов. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка.
3. Решетки Браве.
4. Индексы Миллера.
5. Особенности распространения волн в периодических структурах.
6. Закон Вульфа - Брэгга.
7. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
8. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии.
9. Комбинации атомных дефектов.
10. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.
11. Энергия дислокаций. Движение дислокаций. Переползание и скольжение.
12. Механизмы образования дислокаций в кристаллах.
13. Типы химической связи в кристаллах. Межатомное взаимодействие и силы связи в твердом теле.
14. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов. Плотнупакованные структуры.
15. Описание энергетического состояния кристаллов с помощью газа квазичастиц. Примеры квазичастиц.
16. Фононы, магноны, экситоны, плазмоны и др.
17. Электроны в металле как квазичастицы. Квазиимпульс. Закон дисперсии.
18. Теорема Блоха. Граничные условия.
19. Плотность состояний.
20. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.
21. Колебание кристаллической решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний.
22. Теплоемкость решетки, Дебаевская частота.
23. Фактор Дебая - Уоллера в рассеивании рентгеновских лучей.

24. Ангармонизм и тепловое расширение.
25. Теплоемкость. Температурная зависимость теплоемкости.
26. Модели Эйнштейна и Дебая. Границы справедливости классической теории.
27. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель.
28. Приближение слабо- и сильносвязанных электронов.
29. Зонная схема и типы твердых тел.
30. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость.
31. Поверхность Ферми. Тензор эффективных масс.
32. Электроны и дырки. Циклотронная масса. Положение уровня Ферми в невырожденных полупроводниках.
33. Кинетические уравнения. Электро- и теплопроводность.
34. Время релаксации. Механизмы рассеяния электронов.
35. Рассеяние на примесях и дефектах.
36. Электрон-фононное взаимодействие.
37. Нормальные процессы, процессы переброса.
38. Магнитосопротивление и эффект Холла.
39. Квантовый эффект Холла.

Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Магистерская программа:	Компьютерная физика
Программа подготовки:	Магистратура
Семестр	2
Учебная дисциплина	Квантовая теория твердых тел

Билет №1

1. Описание энергетического состояния кристаллов с помощью газа квазичастиц. Примеры квазичастиц.
2. Электрон-фононное взаимодействие.

Утверждено на заседании кафедры общей физики и дидактики физики
 протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____
 Преподаватель _____

Критерии оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	20
Задание 2	20
Задание 3	20
Всего	60 баллов

11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Не предусмотрено

12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля и экзамен.

***Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины***

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Модульный контроль	40
Экзамен	60
Всего	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Г.И. Епифанов. "Физика твердого тела". Учебное пособие. 4-е изд Лань, 2011 (в свободном доступе https://www.studmed.ru/epifanov-gi-fizika-tverdogo-tela-uchebnoe-posobie-4-e-izd-2011-g_6b45e0abb4b.html)	-	+
2.	П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. "Физика твердого тела". Ленанд, 2015 (в свободном доступе https://www.studmed.ru/epifanov-gi-fizika-tverdogo-tela-uchebnoe-posobie-4-e-izd-2011-g_6b45e0abb4b.html)	-	+
3.	В. Матухин, В. Ермаков. "Физика твердого тела". Лань, 2010 (в свободном доступе https://www.studmed.ru/epifanov-gi-fizika-tverdogo-tela-uchebnoe-posobie-4-e-izd-2011-g_6b45e0abb4b.html)	-	+
4.	Разумовская И.В. Физика твердого тела. МПГУ, 2011. (в свободном доступе https://www.studmed.ru/epifanov-gi-fizika-tverdogo-tela-uchebnoe-posobie-4-e-izd-2011-g_6b45e0abb4b.html)	-	+
Дополнительная литература			
5.	Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.	7	
6.	Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.	4	
7.	Ландау, Лев Д. Теоретическая физика : В 10 т. : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 3 : Квантовая механика : Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд. - М. : Наука, 2001. - 803 с.	2	
8.	Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1, 2.	2	
9.	Китель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.		

15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Научная электронная библиотека eLibrary <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения 18.04.2019).
2. Электронная библиотека Государственной публичной научно-технической библиотеки России <http://ellib.gpntb.ru/> (дата обращения 18.04.2019).
3. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/> (дата обращения 18.04.2019).
4. Электронный каталог библиотек сферы образования и науки <http://www.vlibrary.ru/> (дата обращения 18.04.2019).

16. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (ПРИ НАЛИЧИИ)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры общей физики и дидактики физики с изменениями на 2020 учебный год.

Протокол № 11 от “19” марта 2020 г.

Зав. кафедрой

Н.Г. Малюк

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры общей физики и дидактики физики с изменениями (без изменений) на 20____ учебный год.

Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой

Н.Г. Малюк