



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.01 Квантовая теория твёрдого тела

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния.

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная.

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 33
от «31» марта 2022 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 6
от «24» марта 2022 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н.
/ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2022 г.

Содержание

I	Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
II	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	3
III	Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1	Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2	План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	5
4.3	Содержание учебного материала.....	6
4.3.1	Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	7
4.3.2	Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	8
4.5	Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии).....	9
V	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	9
	а) перечень литературы.....	9
	б) периодические издания.....	9
	в) список авторских методических разработок.....	9
	г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	9
VI	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	10
6.1	Учебно-лабораторное оборудование.....	10
6.2	Программное обеспечение.....	10
6.3	Технические и электронные средства.....	10
VII	Образовательные технологии.....	11
VIII	Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения курса «Квантовая теория твёрдого тела», изучаемого студентами в течение шестого семестра.

Основная цель курса:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области квантовой теории твердого тела, кристаллических решеток, электронов, их законов дисперсии, плотности состояний, квантовых эффектов, практического применения кристаллических материалов.

Для достижения данной цели были поставлены задачи:

- формирование базовых знаний в области квантовой теории твердого тела,
- обучение студентов основным понятиям в квантовой теории твердого тела, понятию элементарных возбуждений и концепции квазичастиц в квантовой теории твердого тела;
- формирование подходов к выполнению самостоятельных исследований студентами в области физики конденсированного состояния вещества в рамках выпускных работ на степень магистра.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина «Квантовая теория твёрдого тела» входит в модуль Б1.В.01, относящийся к обязательной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика

III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) :

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК–1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ОПК 1.1. Применяет полученные фундаментальные знания в области физики для решения поставленных задач научно-исследовательской деятельности. ОПК 1.2. В процессе осуществления преподавательской деятельности применяет знания основ педагогики, необходимых для её осуществления.	знает: основные сведения о структуре кристаллов, основные постулаты и положения квантовой теории; роль квантовой статистики в формировании зонной структуры твердого тела; классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории умеет: оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов; оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции) по экспериментальным данным; владеет: методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, способами расчетов проводимости, диэлектрических и магнитных свойств, теплоемкости твердых тел:

IV. Содержание и структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа, в том числе 108 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий). Форма промежуточной аттестации: экзамен.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Энергетический спектр электрона в идеальном кристалле.	6	12	6	6	6	-	3	Опрос Решение задач
2	Раздел 2. Методы расчета зонной структуры.	6	12	6	6	6	-	2	Решение задач
3	Раздел 3 Эффективная масса.	6	12	6	6	6	-	2	Решение задач
4	Раздел 4. Взаимодействие между электронами.	6	12	6	6	6	-	5	Решение задач
5	Раздел 5. Колебания кристаллической решетки.	6	12	6	6	6	-	5	Решение задач
6	Раздел 6 Взаимодействие электронов с колебаниями решетки.	6	12	6	6	6	-	4	Опрос
	Подготовка к экзамену	6	27				2		Тестирование
	Экзамен	6	8						
	КСР	6	14						
	Итого часов	6	144	36	36	36	2	21	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Разделы 1,2,3,4,5,6	Решение домашних задач	В течение семестра	21	Задачи и упражнения	Из списка литературы.
2	Подготовка к экзамену	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	В конце семестра	27	Тест	Из списка литературы.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				48		

4.3 Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Энергетический спектр электрона в идеальном кристалле.

- 1.1. Свободные электроны
- 1.2. Электроны в периодическом поле кристаллической решетки.
- 1.4. Свойства квазиимпульса.
- 1.5. Симметрия обращения времени.

Раздел 2. Методы расчета зонной структуры.

- 2.1. Приближение сильной связи.
- 2.2. Приближение слабой связи.
- 2.3. Пример двумерной квадратной решетки.
- 2.4. Методы численных расчетов зонной структуры.

Раздел 3. Эффективная масса.

- 3.1. Приближение эффективной массы: случай невырожденных зон.
- 3.2. Приближение эффективной массы для вырожденных зон.
- 3.3. Понятие дырки.

Раздел 4. Взаимодействие между электронами.

- 4.1. Газовый параметр.
- 4.2. Диэлектрическая проницаемость электронного газа.
- 4.3. Экранирование поля заряженного примесного центра.
- 4.4. Плазменные колебания.
- 4.5. Диэлектрическая проницаемость полупроводника.
- 4.6. Экситон.
- 4.7. Переход Мотта металл– диэлектрик.
- 4.8. Сильно легированные полупроводники.
- 4.9. Ферми–жидкость.

Раздел 5. Колебания кристаллической решетки.

- 5.1. Колебания трехмерной кристаллической решетки.
- 5.2. Функция распределения частот.
- 5.3. Динамика решетки ионных кристаллов.
- 5.4. Соотношение Лиддена–Закса–Теллера.
- 5.5. Квантовая теория колебаний.
- 5.6. Колебания кристалла с дефектами.

Раздел 6. Взаимодействие электронов с колебаниями решетки.

- 6.1. Адиабатическое приближение.
- 6.2. Электрон–фононное взаимодействие.

4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	1	Энергетический спектр электрона в идеальном кристалле.	6	6	опрос, контрольное задание	ОПК-1
2.	2	Методы расчета зонной структуры.	6	6	опрос	
3.	3	Эффективная масса.	6	6	опрос, контрольное задание	
4.	4	Взаимодействие между электронами.	6	6	опрос, контрольное задание	
5.	5	Колебания кристаллической решетки.	6	6	опрос, контрольное задание	
6.	6	Взаимодействие электронов с колебаниями решетки.	6	6	опрос	

4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Электроны в периодическом поле кристаллической решетки. Свойства квазиимпульса.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач.	Из списка литературы. Интернет источники.	3
2.	Методы расчёта зонной структуры. Пример двумерной квадратной решетки.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы.	Из списка литературы. Интернет источники.	2
3.	Приближение эффективной массы для вырожденных зон.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы.	Из списка литературы. Интернет источники.	2
4.	Плазменные колебания в электронном газе.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	5
5.	Динамика решетки ионных кристаллов. Соотношение Лиддена–Закса–Теллера.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	5
6.	Адиабатическое приближение для динамики решётки.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы.	Из списка литературы. Интернет источники.	4
10.	Текущие консультации				2
11.	Подготовка к экзамену			Вся литература. Интернет источники.	27

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-

технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) перечень литературы

1. Аплеснин, С. С. Элементы квантовой механики в физике твердого тела : учебное пособие / С. С. Аплеснин. — 2-е изд., доп. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165874>.
2. . Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2022. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ. <https://e.lanbook.com/book/210671>
3. Морозов В.Г. Физика низкоразмерных структур [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Морозов В.Г. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2019, 122 с.

б) периодические издания

<http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst.htm>

в) список авторских методических разработок

г) Базы данных, поисково-справочные и информационные системы

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru>
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи из рецензируемых журналов и монографии, рассматривающие современные подходы и исследования в области квантовой физики твёрдого тела.

VII. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований магнитного состояния вещества.

На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые

для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения магнитных веществ.

Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля проводится опрос на первом занятии.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля.

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания по квантовой теории твёрдого тела приведены в фондах оценочных средств.


8.1.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Энергетический спектр электрона в идеальном кристалле.	ОПК-1
2.	Опрос.	Методы расчета зонной структуры.	ОПК-1
3.	Опрос.	Эффективная масса.	ОПК-1
4.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Взаимодействие между электронами.	ОПК-1
5.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Колебания кристаллической решетки.	ОПК-1
6.	Опрос.	Взаимодействие электронов с колебаниями решетки.	ОПК-1

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Разработчик:

 _____ к.ф.-м.н., доцент Зубрицкий С.М.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики
«24» марта 2021 г. Протокол № 6

Зав. кафедрой  _____ д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.