

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.01.02 Квантовая теория твердого тела

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., профессор, М.М.Коршунов

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель - изучение квантовой теории твёрдых тел, которое включает получение студентами следующих навыков: владение основами современной квантовой теории твёрдого тела, без которой невозможно творческое использование в практической деятельности уже известных физических явлений в твёрдых телах, восприятие, а тем более, генерация новых физических идей; освоение достижений квантовомеханического описания электронной и колебательной систем кристалла, на которых базируются термодинамика, явления переноса и сверхпроводимость в твёрдых телах; умение решать задачи квантовой теории твёрдого тела.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности, в частности:

- освоить применение методов квантовой теории поля в физике твёрдого тела;
- изучить подходы к описанию электронной и фононной систем кристалла;
- овладеть основами описания термодинамики, явлений переноса и сверхпроводимости в твёрдых телах;
- использовать полученные знания при изучении других дисциплин и проведении научных исследований.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства</b>	
ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знать основы описания термодинамики, явлений переноса и сверхпроводимости в твёрдых телах уметь применять методы квантовой теории поля в физике твёрдого тела владеть различными подходами описания электронной и фононной систем кристалла
ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	знать перспективы научных исследований в области теории конденсированного состояния вещества уметь использовать полученные знания при изучении других дисциплин и проведении научных исследований  владеть способностью обосновывать перспективы научных исследований в области теории конденсированного состояния вещества

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.							
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
						Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
				Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Электроны в твёрдом теле</b>											
		1. Твёрдое тело – основные понятия, классификация, используемые подходы.		2							
		2. Твёрдое тело – основные понятия, классификация, используемые подходы.				2					
		3. Система коллективизированных электронов в металле. Обратная решётка, зона Бриллюэна. Теорема Блоха. Плотность состояний.		2							
		4. Система коллективизированных электронов в металле. Обратная решётка, зона Бриллюэна. Теорема Блоха. Плотность состояний.				2					
		5. Зоны электронов в кристалле, экстремумы дисперсии электронов на границе зоны Бриллюэна.		2							
		6. Зоны электронов в кристалле, экстремумы дисперсии электронов на границе зоны Бриллюэна.				2					

7. Метод сильной связи. Функции Ваннье. Энергетическая дисперсия в одномерном и в трёхмерном случаях.	2							
8. Метод сильной связи. Функции Ваннье. Энергетическая дисперсия в одномерном и в трёхмерном случаях.			2					
9. Модель свободных (слабосвязанных) электронов, теория возмущений, особенности дисперсии электронов в кристалле.	2							
10. Модель свободных (слабосвязанных) электронов, теория возмущений, особенности дисперсии электронов в кристалле.			2					
11. Операторы вторичного квантования, коммутационные соотношения для них, связь со статистикой.	2							
12. Операторы вторичного квантования, коммутационные соотношения для них, связь со статистикой.			2					
13. Функция Грина, физический смысл её полюсов, неприводимая собственно-энергетическая часть, эффективная масса. Спектральная функция.	2							
14. Функция Грина, физический смысл её полюсов, неприводимая собственно-энергетическая часть, эффективная масса. Спектральная функция.			2					
15. Квазичастицы в твёрдом теле. Приближения Хартри и Хартри-Фока. Приближение хаотических фаз.	2							
16. Квазичастицы в твёрдом теле. Приближения Хартри и Хартри-Фока. Приближение хаотических фаз.			2					

17. Самостоятельная работа							10	
<b>2. Фононная подсистема, электрон-фононное взаимодействие и сверхпроводимость</b>								
1. Кванты колебаний в одномерной цепочке одинаковых и различных атомов. Акустические и оптические ветви дисперсии.	2							
2. Кванты колебаний в одномерной цепочке одинаковых и различных атомов. Акустические и оптические ветви дисперсии.			2					
3. Фононы в трёхмерном случае, динамическая матрица. Акустические и оптические ветви дисперсии.	2							
4. Фононы в трёхмерном случае, динамическая матрица. Акустические и оптические ветви дисперсии.			2					
5. Электрон-фононное взаимодействие, его происхождение. Получение гамильтониана взаимодействия из анализа смещений атомов.	2							
6. Электрон-фононное взаимодействие, его происхождение. Получение гамильтониана взаимодействия из анализа смещений атомов.			2					
7. Следствия электрон-фононного взаимодействия в ферми-жидкости, эффективная масса и время жизни квазичастиц. Теорема Мигдала.	2							
8. Следствия электрон-фононного взаимодействия в ферми-жидкости, эффективная масса и время жизни квазичастиц. Теорема Мигдала.			2					
9. Общие свойства сверхпроводников. Нарушение калибровочной инвариантности. Электрон-фононное взаимодействие как источник сверхпроводимости	2							



10. Общие свойства сверхпроводников. Нарушение калибровочной инвариантности. Электрон-фононное взаимодействие как источник сверхпроводимости			2					
11. Теория сверхпроводимости БКШ (Бардина-Купера-Шриффера), $uv$ -преобразование Боголюбова.	2							
12. Теория сверхпроводимости БКШ (Бардина-Купера-Шриффера), $uv$ -преобразование Боголюбова.			2					
13. Самостоятельная работа							10	
<b>3. Кинетические свойства</b>								
1. Явления переноса – уравнение Больцмана, интеграл столкновений. Проводимость в случае рассеяния на примесях, время релаксации.	4							
2. Явления переноса – уравнение Больцмана, интеграл столкновений. Проводимость в случае рассеяния на примесях, время релаксации.			4					
3. Самостоятельная работа							8	
<b>4. Современные методы исследования твёрдых тел</b>								
1. Применение спектроскопии для изучения твёрдого тела – рентгеновское излучение, рассеяние нейтронов.	4							
2. Применение спектроскопии для изучения твёрдого тела – рентгеновское излучение, рассеяние нейтронов.			4					
3. Самостоятельная работа							8	
Всего	36		36				36	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория: в 10 томах : учебное пособие для физических специальностей университетов : допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР?(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
2. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: учебное пособие по физике твердого тела для вузов(Москва: Физико-математическая литература).
3. Рабе К. М., Ан Ч. Г., Трискон Ж.-М., Струков Б. А., Лебедев А. И. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд(Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний).
4. Волков Н. В., Попков С. И. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений): учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»](Красноярск: СФУ).
5. Суздаев И. П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах: [монография](Москва: URSS).
6. Ищенко А. А., Гиричев Г. В., Тарасов Ю. И. Дифракция электронов: структура и динамика свободных молекул и конденсированного состояния вещества: монография(Москва: Физматлит).
7. Савельев И. В. Курс общей физики: Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для студентов вузов по техническим (550000) и технологическим (650000) направлениям: [в 3-х т.](Санкт-Петербург: Лань).
8. Павлов П. В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: учебник для вузов по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"(Москва: Высшая школа).
9. Абрикосов А. А. Основы теории металлов: [учеб. пособие](Москва: ФИЗМАТЛИТ).
10. Садовский М. В. Диаграмматика: лекции по избранным задачам теории конденсированного состояния(Москва: Регулярная и хаотическая динамика).
11. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: СФУ).
12. Овчинников С. Г., Орлов Ю. С. Квантовая теория магнетизма: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [для студентов напр. 010700.62 «Физика», спец. 010701.65 «Физика», 010704.65 «Физика конденсированного состояния вещества»](Красноярск: СФУ).

13. Жабрун И. В., Паклин Н. Н. Симметрии в природе: учебно-методическое пособие [для самостоятельных и практических работ для студентов напр. 011200.68 «Физика»](Красноярск: СФУ).
14. Коршунов М.М., Тогущова Ю.Н. Квантовая теория твердого тела: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...03.04.02.02 Физика конденсированного состояния вещества, 03.04.02.06 Физика магнитных явлений, 16.04.01.01 Физика ультрадисперсных и наноструктур] (Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Дисциплина относится к фундаментальным аналитическим дисциплинам и не требует специального программного обеспечения.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru>).

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного и семинарского типа. Аудитории укомплектованы учебной мебелью, маркерной или меловой доской.