

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Квантовая теория твердых тел

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор-консультант Кочелаев Б.И. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Boris.Kochelaev@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Yurii.Proshin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения квантовой теории твердых тел, современные способы описания их основных свойств и явлений, в них происходящих

Должен уметь:

выводить формулы для вычисления микроскопических и макроскопических характеристик твердых тел и их отклика на внешние воздействия

Должен владеть:

навыками вычисления основных характеристик твердых тел

Должен демонстрировать способность и готовность:

способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;

способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин;

готовность к дальнейшему обучению.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.07.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) на 288 часа(ов).

Контактная работа - 174 часа(ов), в том числе лекции - 64 часа(ов), практические занятия - 108 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 78 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Электрон в периодическом поле	7	8	0	12	0	0	0	14
2.	Тема 2. Кинетические свойства металлов	7	6	0	10	0	0	0	14
3.	Тема 3. Парамагнетизм и диамагнетизм металлов	7	6	0	10	0	0	0	8
4.	Тема 4. Электродинамика металлов	7	6	0	10	0	0	0	8
5.	Тема 5. Магнитное упорядочение	7	8	0	12	0	0	0	11
6.	Тема 6. Колебания кристаллической решетки	8	6	0	8	0	0	0	3
7.	Тема 7. Взаимодействие фононов с фотонами, нейтронами и между собой	8	6	0	10	0	0	0	3
8.	Тема 8. Электрон-фононное взаимодействие	8	6	0	10	0	0	0	3
9.	Тема 9. Сверхпроводимость	8	6	0	10	0	0	0	3
10.	Тема 10. Электродинамика сверхпроводников	8	6	0	14	0	0	0	3
11.	Тема 11. Физика полупроводников	8	0	0	2	0	0	0	8
	Итого		64	0	108	0	0	0	78

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Электрон в периодическом поле

Введение. Теорема Блоха. Общие свойства функций Блоха.

Зонная структура уровней энергии. Приближение слабой связи. Приближение сильной связи. Скорость и ускорение электрона в кристалле. Статистика электронов, поверхность Ферми. Зависимость химического потенциала от температуры. Теплоемкость электронов проводимости.

Типы межатомных связей в твердых телах. Зонная структура в некристаллических телах.

Тема 2. Кинетические свойства металлов

Электрон как волновой пакет. Скорость и ускорение. Явления переноса и кинетическое уравнение Больцмана. Кинетическое уравнение для электронов в кристалле. Рассеяние электронов проводимости на акустических колебаниях решетки и на примесях. Время релаксации электронов проводимости.

Эффект Холла.

Магнетосопротивление в двухзонной модели

Ферми-жидкость Ландау

Тема 3. Парамагнетизм и диамагнетизм металлов

Свободный электрон в магнитном поле. Спиновый парамагнетизм Паули. Парамагнитная восприимчивость (восприимчивость Паули).

Квантование орбитального движения электронов проводимости в магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Диамагнитная восприимчивость. Парамагнетизм электронов проводимости в металлах. Эффект де Гааза - ван Альфена. Эффект де Гааза - ван Альфена как метод исследования поверхности Ферми.

Тема 4. Электродинамика металлов

Нормальный скин-эффект. Аномальный скин-эффект. Распространение электромагнитных волн в присутствии постоянного магнитного поля. Циклотронный резонанс. Резонанс на локализованных спинах в металлах. Спиновый резонанс электронов проводимости. Диэлектрическая проницаемость металлов. Квантовая теория диэлектрической проницаемости. Плазменные колебания. Экранирование заряженной примеси. Эффект Кондо.

Тема 5. Магнитное упорядочение

Обменное взаимодействие Гайзенберга. Молекулярное поле в приближении хаотических фаз. Простые примеры ферро- и антиферромагнетиков. Спиновая корреляционная длина. Спиновые волны в ферромагнетике. Намагниченность ферромагнетика. Спиновые волны в антиферромагнетике. Намагниченность антиферромагнетика. Косвенное обменное взаимодействие локализованных спинов через электроны проводимости.

Тема 6. Колебания кристаллической решетки

Колебания одноатомной цепочки. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустическая и оптическая ветви. Колебания трехмерной решетки. Общие свойства нормальных координат. Колебания кристаллической решетки ионных кристаллов. Квантовая теория колебаний кристаллической решетки. Теплоемкость решетки. Температура Дебая, частота Дебая. Функция распределения частот.

Тема 7. Взаимодействие фононов с фотонами, нейтронами и между собой

Электромагнитные волны в ионном кристалле. Квантование электромагнитного поля в диэлектрической среде. Квантовая теория поляритонов. Рассеяние нейтронов на колебаниях решетки. Инфракрасное поглощение света оптическими фононами. Рассеяние света на фононах (манделштам-бриллюэновское рассеяние света на акустических фононах. Комбинационное рассеяние света на оптических фононах). Рассеяние рентгеновских лучей на фононах с большим волновым вектором. Фононная теплопроводность. Тепловое расширение твердых тел.

Тема 8. Электрон-фононное взаимодействие

Полярны в ковалентных кристаллах. Полярны в ионных кристаллах. Электрон-фононное взаимодействие в металлах. Перенормировка эффективной массы электрона, обусловленная испусканием и последующим поглощением электроном виртуального фонона, соответствующая диаграмма. Вклад фононов в электросопротивление металлов. Взаимодействие электронов через поле фононов. Гамильтониан электрон-фононного взаимодействия.

Тема 9. Сверхпроводимость

Основные свойства сверхпроводников. Эффективное взаимодействие электронов через поле фононов. Пара Купера. Энергия связи. Эффективный гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Каноническое преобразование Боголюбова. Спектр элементарных возбуждений. Уравнение самосогласования. Энергетическая щель, температура перехода в сверхпроводящее состояние.

Тема 10. Электродинамика сверхпроводников

Сверхпроводник в магнитном поле. Феноменологическая теория Гинзбурга и Ландау.

Вывод уравнений Гинзбурга-Ландау. Два масштаба длины в сверхпроводнике и эффект близости. Квантование магнитного потока. Два рода сверхпроводников. Критические магнитные поля сверхпроводников 2-го рода. Два характерных масштаба длины - глубина проникновения магнитного поля и длина когерентности. Параметр Гинзбурга-Ландау. Квантование магнитного потока. Двумерная решетка Абрикосова квантованных вихрей. Эффекты Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые интерферометры. Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП).

Тема 11. Физика полупроводников

Собственные полупроводники. Доноры и акцепторы в полупроводниках. Локализованные состояния вблизи примеси. Населенность примесных уровней. Равновесная концентрация носителей тока в примесном полупроводнике. Равновесный p - n переход. Выпрямитель на p - n переходе. Транзистор на двух p - n переходах. Применения полупроводников в оптоэлектронике. Лазер на p - n переходе.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека Library Genesis - <http://gen.lib.rus.ec>

методические материалы кафедры ТФ -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: <ul style="list-style-type: none"> - Понять и запомнить все новые определения. - Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. - Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>Подготовка к практическому занятию. В работе студентов можно выделить три составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач, 3) разбор лекционного материала предстоящего практического занятия. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>
самостоятельная работа	<p>Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.</p> <p>- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.</p> <p>Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучать по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.</p>
зачет	<p>Подготовка к зачету (7 семестр). Это своеобразный коллоквиум по первой половине курса. Залогом успешной сдачи всех зачетов являются систематические, добросовестные занятия студента. Однако это не исключает необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи зачетов. Специфической задачей работы студента в период зачетной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение семестра. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>В основу повторения должна быть положена только программа. Не следует повторять ни по билетам, ни по контрольным вопросам. Повторение по билетам нарушает систему знаний и ведет к механическому заучиванию, к 'натаскиванию'. Повторение по различного рода контрольным вопросам приводит к пропускам и пробелам в знаниях и к недоработке иногда весьма важных разделов программы. Повторение - процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций и практических занятий, видео лекций и практических занятий, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты - вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки. Само повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника. Закончив работу над темой (главой), необходимо ответить на вопросы учебника или выполнить задания, а самое лучшее - воспроизвести весь материал.</p> <p>Консультации, которые проводятся для студентов в период зачетной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить 'общий', поверхностный характер и не принесет нужного результата.</p> <p>Очень важно не пропускать занятия (лекции, а особенно практические занятия). Необходимо активно участвовать в работе семинаров (выполняйте все требования преподавателя, приходите подготовленными к занятию) и своевременно выполнять контрольные задания, не оставляя переписывание невыполненных заданий на зачеты.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Подготовка к экзамену (8 семестр). Учитывается оценка полученная на зачете в предыдущем семестре. Залогом успешной сдачи всех экзаменов являются систематические, добросовестные занятия студента. Однако это не исключает необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи экзаменов. Специфической задачей работы студента в период экзаменационной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение года. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>В основу повторения должна быть положена только программа. Не следует повторять ни по билетам, ни по контрольным вопросам. Повторение по билетам нарушает систему знаний и ведет к механическому заучиванию, к 'натаскиванию'. Повторение по различного рода контрольным вопросам приводит к пропускам и пробелам в знаниях и к недоработке иногда весьма важных разделов программы. Повторение - процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты - вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки. Само повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника. Закончив работу над темой (главой), необходимо ответить на вопросы учебника или выполнить задания, а самое лучшее - воспроизвести весь материал. Консультации, которые проводятся для студентов в период экзаменационной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить 'общий', поверхностный характер и не принесет нужного результата.</p> <p>Очень важно не пропускать занятия (лекции, а особенно практические занятия). Необходимо активно участвовать в работе семинаров (выполняйте все требования преподавателя, приходите подготовленными к занятию) и своевременно выполнять контрольные работы, не оставлять переписывание невыполненных заданий на зачеты и экзамены.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов : учебное пособие / А. А. Абрикосов. - 2-е изд. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 600 с. - ISBN 978-5-9221-1097-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2093> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 296 с. - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика : учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 136 с. - ISBN 978-5-9221-1277-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2672> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Кочелаев, Б. И. Основы квантовой теории твердого тела : учебное пособие / Б. И. Кочелаев. - 2-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2021. - 288 с. - ISBN 978-5-91559-288-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1870020> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
5. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-507-44520-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/233297> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский ; под редакцией Г. С. Ландсберга. - 5-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021. - Том 9 : Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния - 2021. - 440 с. - ISBN 978-5-9221-1580-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185699> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах : учебное пособие / В. Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 232 с. - ISBN 5-9221-0578-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2156> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Долгополов, В. Т. Взаимодействующие электроны в нормальных металлах. Методы описания Ферми-жидкости : лекции / В. Т. Долгополов. - Черноголовка : ИФТТ РАН!, 2021. - 66 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/198107> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Брандт, Н. Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния : учебное пособие / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский. - 3-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 632 с. - ISBN 978-5-9221-1209-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59598> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1001-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210671> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие / А. И. Ансельм. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 624 с. - ISBN 978-5-8114-0762-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212255> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.