

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

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Избранные главы квантовой физики

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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): доцент, к.н. Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@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
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

содержание избранных глав квантовой физики - квантовой механики и коллективных возбуждений в конденсированных средах.

Должен уметь:

использовать знание избранных глав квантовой физики при анализе различных эффектов в конденсированных средах.

Должен владеть:

методами избранных глав квантовой физики.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 26 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 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. Физические и теоретико-познавательные основы квантовой механики	2	2	0	2	0	0	0	8
2.	Тема 2. Математический аппарат квантовой механики	2	2	0	4	0	0	0	10
3.	Тема 3. Физическое значение операторов	2	4	0	4	0	0	0	12
4.	Тема 4. . Вероятностное толкование квантовой механики	2	2	0	2	0	0	0	10
5.	Тема 5. Простейшие применения квантовой механики	2	4	0	4	0	0	0	12
6.	Тема 6. Вторичное квантование	2	2	0	2	0	0	0	6
7.	Тема 7. Сверхтекучесть жидкого гелия	2	2	0	2	0	0	0	10
8.	Тема 8. Магнетизм диэлектриков	2	4	0	4	0	0	0	10
9.	Тема 9. Сверхпроводимость металлов	2	4	0	4	0	0	0	12
	Итого		26	0	28	0	0	0	90

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Физические и теоретико-познавательные основы квантовой механики

Классический способ описания явлений. Детализация измерения. Возможность одновременного измерения любого количества динамических величин. Соотношения неопределенности Гейзенберга. Невозможность одновременно точного изменения сопряженных динамических величин. Квантовый способ описания явлений. Относительность к средствам наблюдения.

Тема 2. Математический аппарат квантовой механики

Квантовая механика и задачи на линейные операторы. Первый и второй постулаты Бора. Задачи на собственные колебания. Задачи на собственные функции и собственные значения линейных операторов. Линейные операторы и их свойства. Эрмитово сопряженные операторы. Самосопряженные (эрмитовы) операторы. Унитарные операторы.

Тема 3. Физическое значение операторов

Толкование собственных значений оператора. Операторы для координат, импульсов и момента импульса. Квантовое описание состояния системы. Условия возможности одновременного измерения физических величин. Оператор энергии. Изменение состояния системы во времени. Операторы как функции от времени. Волновое и стационарное уравнения Шредингера.

Тема 4. . Вероятностное толкование квантовой механики

Математическое ожидание в теории вероятностей и квантовой механике. Физический смысл квадрата модуля волновой функции. Понятие статистического коллектива в квантовой механике. Назначение понятия состояния, описываемого волновой функцией, в объективном описании всех присущих микрообъекту потенциальных возможностей. Стационарные состояния и их свойства.

Тема 5. Простейшие применения квантовой механики

Свободная частица. Потенциальный порог. Возможность проникновения в область потенциального порога. Потенциальный барьер. Туннельный эффект. Частица в прямоугольной потенциальной яме - энергетический спектр, собственные функции. Гармонический осциллятор - спектр энергии, собственные функции. Нулевая энергия.

Тема 6. Вторичное квантование

Принцип полной тождественности и неразличимости частиц одного сорта. Вектор состояния в обычном представлении. Операторы рождения и уничтожения частиц. Бозоны и фермионы. Одночастичные и двухчастичные векторы состояния. Одночастичные операторы в представлении вторичного квантования. Вторично квантованный оператор кинетической энергии. Двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования.

Тема 7. Сверхтекучесть жидкого гелия

Понятие элементарного возбуждения в квантовой жидкости. Кривая для спектра возбуждений в жидком гелии He4. Критерий сверхтекучести Ландау. Потенциал Юкавы. Эффективный гамильтониан Боголюбова для бозонов с взаимодействиями отталкивания. Спектр элементарных возбуждений. Явление сверхтекучести. Реальный гелий. Вихри в сверхтекучем He4.

Тема 8. Магнетизм диэлектриков

Обменные взаимодействия атомов и спиновые корреляции в парамагнитной фазе. Спонтанное нарушение симметрии. Преобразование Холстейна-Примакова. Спектр спиновых волн в ферромагнетике и антиферромагнетике. Намагниченность ферромагнетика. Магнонная теплоемкость ферромагнетика. Спиновые волны в антиферромагнетике. Намагниченность подрешетки при абсолютном нуле. Низкоразмерный антиферромагнетизм.

Тема 9. Сверхпроводимость металлов

Элементарные возбуждения в нормальном металле. Электрон-фононное взаимодействие. Взаимодействие электронов через поле фононов. Пара Купера. Эффективный гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Элементарные возбуждения, метод Боголюбова. Энергетический спектр элементарных возбуждений и сверхпроводимость. Выражения для энергетической щели при $T=0$ и для температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

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

Дёминов Р.Г., Кочелаев Б.И. Коллективные возбуждения в конденсированных средах. Часть 1 -

<https://kpfu.ru/portal/docs/F1791715032/KVvKS.pdf>

Кочелаев Б.И. Квантовая теория (Конспект лекций) - http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf

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 планируемым результатам 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 (модуля).

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 - E-library - Кафедра теоретической физики МФТИ - https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/

методические материалы кафедры теоретической физики -

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

Открытые видеолекции учебных курсов МГУ - <https://teach-in.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа включает в себя изучение основной литературы, ознакомление с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. Студентам рекомендуется получить в Библиотечно-информационном центре института учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.
экзамен	Для успешной подготовки к экзаменам студенту необходимо посещать лекционные, практические занятия, вести конспектирование учебного материала, изучать основную и дополнительную литературу по курсу предмета. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

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 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.02.01 Избранные главы квантовой физики

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. 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: 12.12.2024). - Режим доступа: по подписке.
2. Деминов, Р. Г. Коллективные возбуждения в конденсированных средах. Часть 1. Формализм вторичного квантования. Коллективные возбуждения в жидком гелии. Конспект лекций / Р. Г. Деминов, Б. И. Кочелаев. - Казань: Казанский университет, 2022. - 32 с. - Текст: электронный. - URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/170882/-1/F_KVvKS.pdf (дата обращения 12.12.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 12.12.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная 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: 12.12.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. 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: 12.12.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах / В. Ф. Гантмахер. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 288 с. - ISBN 978-5-9221-1487-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91178> (дата обращения: 12.12.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.02.01 Избранные главы квантовой физики*

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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.