

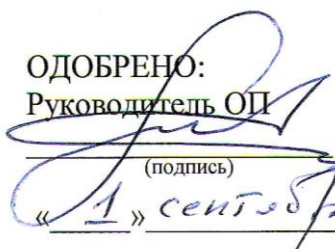


Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:  
Руководитель ОП  
  
(подпись) Л.И. Минсеев  
«1» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
Квантовая теория

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная физика

Иваново



## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Квантовая теория» являются: формирование у студентов представлений о современной квантовой теории и основных физических теориях квантовой механики, о современной физической картине мира и особых свойствах микрообъектов и способах описания их состояния; целостного представления о теоретических моделях квантовой теории и возможности их применения в науке и технике.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

В ходе изучения квантовой теории раскрываются закономерности и способы описания явлений на молекулярном, атомном и субатомном структурных уровнях организации материи. Освоение курса базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных в результате изучения всех предшествующих дисциплин курсов общей и теоретической физики и всех математических дисциплин. Необходимыми условиями освоения дисциплины является понимание основных законов механики, молекулярной физики и электродинамики, а также умение применять основные методы математического анализа, алгебры, теории вероятностей и математической статистики для решения физических задач.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия и законы физики, изучавшиеся в курсах общей и теоретической физики; основные математические методы, применяемые при описании физических процессов и решении физических задач.

Уметь: применять знания, полученные при изучении курсов общей и теоретической физики и высшей математики, для построения физических теорий и решения физических задач.

Владеть: представлениями о структуре и свойствах микрообъектов и их систем; навыками дифференцирования и интегрирования элементарных и специальных функций, решения дифференциальных уравнений.

Освоение дисциплины «Квантовая теория» необходимо как предшествующее для изучения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Физика конденсированного состояния вещества», «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика», «История и методология физики», для прохождения учебной и производственной практик.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

а) универсальные (УК):

б) общепрофессиональные (ОПК):

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

в) профессиональные (ПК):

### **3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: структуру современной квантовой теории и квантовой механики (ОПК-1), постулаты и законы квантовой механики (ОПК-1), структуру и основные положения конкретных квантовых теорий (ОПК-1).

Уметь: применять знания постулатов и законов квантовой механики при описании состояний микрообъектов и их систем (ОПК-1).



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

Иметь практический опыт/Иметь навыки: применения математического аппарата квантовой механики (ОПК-1), навыками применения точных и приближенных методов квантовой механики при описании состояний модельных и наиболее простых встречающихся в природе микроробъектов и их систем (ОПК-1, ОПК-2).

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 академических часа).

##### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
1.	Основные положения квантовой механики	5	2	2 семинар	Письменный опрос, решение задач
2.	Математический аппарат квантовой механики	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач, контрольная работа
3.	Собственные значения и собственные функции физических величин	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
4.	Зависимость физических величин от времени	5	2	2 семинар	Письменный опрос, решение задач
5.	Движение частицы в силовых полях	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач, контрольная работа
6.	Теория возмущений	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
7.	Квазиклассическое приближение	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач, контрольная работа
8.	Теория частиц со спином	5	4	4 семинар	Письменный опрос, решение задач
9.	Системы тождественных частиц	5	4	2 семинар	Письменный опрос, решение задач
10.	Атомы и молекулы	5	4	2 семинар	Письменный опрос, решение задач, контрольная работа
Итого за семестр:			36	32	Экзамен
Итого по дисциплине:			36	32	

##### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

Основные положения квантовой механики

Введение. Состояние. Принцип суперпозиции. Физический смысл волновой функции.

Уравнение Шрёдингера. Плотность потока вероятности.

Математический аппарат квантовой механики

Основные постулаты. Линейные операторы. Представление операторов в матричной форме.

Алгебра операторов. Соотношение неопределённости. Непрерывный спектр. Дираковские обозначения. Преобразования функций и операторов от одного представления к другому.

Собственные значения и собственные функции физических величин

Операторы физических величин. Правила коммутации операторов физических величин.

Собственные функции операторов координаты и импульса. Импульсное и энергетическое



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

представления. Собственные значения и собственные функции оператора углового момента. Чётность.

Зависимость физических величин от времени

Производная оператора по времени. Зависимость от времени матричных элементов.

Движение частицы в силовых полях

Частица в центральном поле сил. Электрон в кулоновском поле. Атом водорода.

Гармонический осциллятор. Операторы уничтожения и рождения.

Теория возмущений

Введение. Возмущения, не зависящие от времени. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения. Возмущения, зависящие от времени.

Квазиклассическое приближение

Предельный переход к классической механике. Граничные условия в точке поворота.

Правила квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение через потенциальный барьер.

Теория частиц со спином

Волновая функция частицы со спином. Операторы спина. Собственные значения и собственные функции операторов спина. Спиноры.

Системы тождественных частиц

Принцип неразличимости одинаковых частиц. Волновая функция для системы частиц.

Принцип Паули. Сложение угловых моментов. Волновая функция системы из двух частиц со спином  $\frac{1}{2}$ . Обменное взаимодействие. Вторичное квантование. Вторичное квантование в случае бозонов. Вторичное квантование в случае фермионов.

Атомы и молекулы

Методы расчёта атомных систем. Атом гелия. Вариационный метод. Метод самосогласованного поля. Метод Томаса-Ферми. Эффект Зеемана. Теория молекул в адиабатическом приближении. Молекула водорода.

## **5. Образовательные технологии**

Образовательные технологии: проблемного обучения, технология развития критического мышления.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения, мультимедиа технологии, технологии визуализации – презентационная графика.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов организуется в форме работы с материалом лекций и учебной литературой, решения учебных задач.

Учебные задачи представлены в «Сборнике задач по квантовой механике» И.И. Гольдмана, доступном в электронной библиотечной системе.

Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

## **7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**Оценочные средства для проведения входного, текущего и итогового контроля:** контрольные работы, письменный опрос, проверка домашних работ.

Контрольные работы проводятся в письменной форме по завершении изучения второго, пятого, седьмого и десятого разделов курса. Студентам предлагается в течение двух академических часов решить несколько учебных задач, правильное выполнение каждой из которых оценивается в один балл. Контрольная работа считается зачтённой в случае, если



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

студент набрал более половины от максимально возможного количества баллов, предусмотренного при выполнении данной контрольной работы.

В начале каждого семинарского занятия проводится письменный опрос по материалу, изложенному на предшествующей данному занятию лекции. Студентам предлагается в течение пяти минут кратко ответить на два теоретических вопроса. Задание считается выполненным, если студент ответил хотя бы на один из двух предложенных вопросов.

Проверка тетрадей с решениями домашних заданий производится на каждом семинарском занятии. Домашнее задание считается выполненным, если студент решил более половины из предложенных задач.

Экзамен проводится в смешанной письменно-устной форме. Студенту предлагается два экзаменационных вопроса: один теоретический вопрос и одна задача. Студент получает отметку «удовлетворительно», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул квантовой теории (ответ на теоретический вопрос без доказательств утверждений). Студент получает отметку «хорошо», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул квантовой теории, применяет знания при решении знакомых учебных задач (ответ на теоретический вопрос с доказательством утверждений). Студент получает отметку «отлично», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, обнаруживает знания основных законов и формул квантовой теории, применяет знания при решении любых учебных задач (ответ на теоретический вопрос с доказательством утверждений и решение предложенной расчётной задачи).

#### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Ведринский, Р.В. Квантовая механика: учебник / Р.В. Ведринский; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2009. - 384 с. - библиогр. с: С. 382. - ISBN 978-5-9275-0706-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240937>

2. Соболев, С.В. Основы нерелятивистской квантовой механики: учебное пособие / С.В. Соболев. - Москва: Физматлит, 2017. - 143 с.: граф. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1710-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485503>

3. Ефремов, Ю.С. Квантовая механика: учебное пособие / Ю.С. Ефремов. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 457 с.: ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4072-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273446>

4. Магазинников, А.Л. Введение в квантовую механику: учебное пособие / А.Л. Магазинников, В.А. Мухачёв. - Томск: Эль Контент, 2010. - 112 с.: ил., табл., схем. - ISBN 978-5-4332-0046-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208685>

5. Медведев, Б.В. Начала теоретической физики: Механика, теория поля, элементы квантовой механики: учебное пособие / Б.В. Медведев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Физматлит, 2007. - 599 с. - ISBN 978-5-9221-0770-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69239\(29.01.2019\)](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69239(29.01.2019)).

6. Квантовая теория: курс лекций / И.В. Копытин, А.С. Корнев, Н.Л. Манаков, М.В. Фролов. - 2-е изд., стер. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2018. - 263 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-9530-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480949>



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

7. Гольдман, И.И. Сборник задач по квантовой механике / И.И. Гольдман, В.Д. Кривченков; под ред. Б.Т. Гейлимана. - Москва: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1957. - 274 с.: ил. - ISBN 978-5-4475-1976-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257398>

Дополнительная литература:

1. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике / З. Флюгге; пер. с англ. под ред. А.А. Соколова; пер. с англ. Б.А. Лысова. - Москва: Мир, 1974. - Т. 1. - 340 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495582>

2. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике / З. Флюгге; пер. с англ. под ред. А.А. Соколова; пер. с англ. Б.А. Лысова. - Москва: Мир, 1974. - Т. 2. - 314 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495583>

3. Алтунин, К.К. Квантовая механика: учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. - 2-е изд. - Москва: Директ-Медиа, 2014. - 86 с. - ISBN 978-5-4475-0324-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240551>

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и Yandex Browser.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: модели, макеты, демонстрационные устройства; электронные пособия (презентации).



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

**Автор рабочей программы дисциплины:** доцент, канд. техн. наук Железнов А.Г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий «30» августа 2021 г., протокол № 1

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ Л.И. Минеев  
(подпись)