

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ФИЗИКИ

Рабочая программа по дисциплине

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Физика

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Физика»



Бобровский А.П.

Утверждаю

Председатель УМС  И.И. Палкин

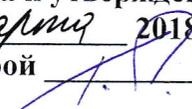
Рекомендована решением

Учебно-методического совета

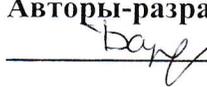
19 июля 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

15 марта 2018 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Бобровский А.П.

Авторы-разработчики:

 Бармасова А. М.

Составитель: Бармасова Анна Михайловна, ст. преп. кафедры физики РГГМУ.

Ответственный редактор: Бобровский А.П. заведующий кафедрой физики РГГМУ.

Рецензент: Букина М.Н., канд. ф.-м. н., доцент каф. Физика -2 СПбГУ

© Бармасова А.М., 2018 г.

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2018.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Квантовая теория» является расширенная подготовка студентов, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в области теоретической физики, необходимыми для выработки правильного представления о явлениях и закономерностях природы, для создания базы освоения общих и специальных дисциплин и всей последующей деятельности после университета.

Основные задачи дисциплины «Квантовая теория»:

- обучить студента теоретическим основам и методам научных знаний об общих законах квантовой физики;
- научить применять полученные теоретические навыки при решении задач;
- выработать навыки работы с математическим аппаратом квантовой механики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Квантовая теория» (Б1.Б.10.4.) для направления «03.03.02 – Физика» относится к базовым дисциплинам цикла Б1, входит в состав модуля «Теоретическая физика» и изучается в шестом семестре после изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред» и «Электродинамика». Она дает теоретическую основу для освоения как курсов данного модуля – «Физика конденсированного состояния», «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика», так и специальных дисциплин – «Теория колебаний и волн», «Теория переноса электромагнитных волн в газах», «Фотохимические процессы в атмосфере» и др.

Курс рассчитан на студентов-физиков, освоивших курсы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм. Оптика», «Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функции комплексного переменного», «Теория вероятностей и математическая статистика».

ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специаль-

ных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-9.

ОПК-2: способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	
Уровень освоения	Признаки проявления
Продвинутый	
Знает	фундаментальные разделы математики, линейной алгебры, методов математической физики, применяемые в квантовой теории
Умеет	использовать методы адекватного физико-математического моделирования к решению конкретных квантовых задач
Владеет	специальными математическими навыками решения задач квантовой теории, анализа полученных решений с учетом границ применимости моделей
ОПК-3:Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
Уровень освоения	Признаки проявления
Продвинутый	
Знает:	физические явления атомной и ядерной физики, не описываемые классической теорией
Умеет:	описывать простейшие квантовомеханические системы с помощью уравнений Шредингера
Владеет:	навыками решения уравнений Шредингера для подобных систем и анализа физического смысла полученных решений
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики	

для освоения профильных физических дисциплин	
Уровень освоения	Признаки проявления
Минимальный	
Знает:	уравнение Шредингера для стационарных и нестационарных состояний, основные положения релятивистской и нерелятивистской квантовой теории
Умеет:	объяснить квантовые явления и эффекты с позиций квантовой физики и указать, какими законами описывается данное явление или эффект
Владеет:	навыками истолковывать смысл квантовых физических величин и понятий
Базовый	
Знает:	принципы описания многочастичных систем
Умеет:	решать одномерные квантовые задачи
Владеет:	навыками определения возможных характеристик водородоподобных атомов
Продвинутый	
Знает:	приближенные и точные методы решения задач квантовой физики
Умеет:	применять методы вычисления свойств сложных атомов,
Владеет:	навыками самостоятельного решения профессиональных задач с применением квантовой теории
ПК-9: способность проектировать, организовывать и анализировать педагогическую деятельность, обеспечивая последовательность изложения материала и междисциплинарные связи физики с другими дисциплинами.	
Уровень освоения	Признаки проявления
Минимальный	
Знает:	взаимосвязь квантовой физики с другими разделами физики и естественными науками
Умеет:	связно построить сообщение (доклад), обеспечивая последовательность изложения материала
Владеет:	навыками сбора и систематизации информации по конкретной физической тематике

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- фундаментальные разделы математики, линейной алгебры, методов математической физики, применяемые в квантовой теории;
- взаимосвязь квантовой физики с другими разделами физики и естественными науками;
- физические явления атомной и ядерной физики, не описываемые классической теорией;
- уравнение Шредингера для стационарных и нестационарных состояний, основные положения релятивистской и нерелятивистской квантовой теории;
- принципы описания многочастичных систем;
- приближенные и точные методы решения задач квантовой физики.

Уметь:

- объяснить квантовые явления и эффекты с позиций квантовой физики и указать, какими законами описывается данное явление или эффект;
- использовать методы адекватного физико-математического моделирования и анализа к решению конкретных квантовых задач;
- описывать простейшие квантовомеханические системы с помощью уравнений Шредингера;
- решать одномерные квантовые задачи;
- применять методы квантовой физики для определения свойств сложных атомов;
- связно построить сообщение (доклад), обеспечивая последовательность изложения материала.

Владеть:

- специальными математическими навыками решения задач квантовой теории, анализа полученных решений с учетом границ применимости моделей;
- навыками решения уравнений Шредингера для простейших систем и анализа физического смысла полученных решений;
- навыками истолковывать смысл квантовых физических величин и понятий;
- навыками самостоятельного решения профессиональных задач с применением квантовой теории;
- навыками определения характеристик водородоподобных атомов;
- навыками сбора и систематизации информации по конкретной физической тематике.

1. Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявления компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
Уровень 1 (минимальный)	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
Уровень 2 (базовый)	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
Уровень 3 (продвинутый)	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Год набора	2015, 2016, 2017, 2018 г.г. набора
Общая трудоемкость дисциплины	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем – всего:	64
лекции	32
практические занятия	32
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	116
Вид промежуточной аттестации (эк-замен)	экзамен

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов число часов занятий в активной или в интерактивной форме – 32 часа.

4.1. Структура дисциплины всех годов набора

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Из них часов в активной и интерактивной форме	Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа			
1	Корпускулярно – волновой дуализм	2	1	14	1	устный опрос, тестовое задание	ОПК-3, ПК-1, ПК-9
2	Математический аппарат квантовой механики	2	3	14	3	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
3	Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера	6	4	14	4	устный опрос, тестовое задание	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-9

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Из них часов в активной и интерактивной форме	Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа			
4	Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	6	6	14	6	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-9
5	Теория момента импульса	4	4	16	4	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
6	Физика атомов и молекул	4	8	16	8	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-9
7	Релятивистская квантовая механика	4	2	14	2	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
8	Задача многих тел	4	4	14	4	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-9
Итого:		32	32	116	32		

4.2. Лекционные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание
Корпускулярно – волновой дуализм	<p><i>1. Лекция (2 часа):</i> Место квантовой физики в современной науке о природе. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Эксперименты, демонстрирующие корпускулярные и волновые свойства микрочастиц. Интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции. Движение волнового пакета. Групповая и фазовая скорости. Соотношение неопределенностей. Принципы: дополненности, соответствия.</p>

Наименование разделов и тем	Содержание
Математический аппарат квантовой механики	<p><i>2. Лекция (2 часа):</i> Свойства гильбертова пространства. Операторы в гильбертовом пространстве: понятие равенства двух операторов, определения коммутатора, антикоммутатора, обратного, линейного, эрмитовского, антиэрмитовского, унитарного, ограниченного, положительно определенного операторов. Спектр линейного самосопряжённого оператора.</p>
Основные положения квантовой механики	<p><i>3-5. Лекция (6 часов):</i> Понятие вероятности, плотности вероятности, потенциальной возможности. Понятие наблюдаемого состояния квантово-механической системы, чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Полный набор физических величин и операторов. Вычисление средних значений физических величин. Соотношения между классической и квантовой механикой. Основные положения квантовой механики. Соотношение неопределённостей. Процедура квантования. Основы теории представлений. Выражение операторов координаты и импульса в координатном представлении. Выражения для операторов кинетической, потенциальной энергии, оператора Гамильтона частицы в потенциальном поле. Оператор эволюции. Статистический оператор. Вид статистического оператора чистого состояния.</p>
Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	<p><i>6-8. Лекция (6 часов):</i> Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнение неразрывности. Гармонический осциллятор. Общие свойства одномерного движения гармонического осциллятора. Операторы рождения, уничтожения, их коммутатор, оператор числа частиц. Выражение гамильтониана гармонического осциллятора через операторы рождения и уничтожения. Прямоугольная потенциальная яма. Прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект. Движение частицы в периодическом поле.</p>
Теория момента импульса	<p><i>9-10. Лекция (4 часа):</i> Коммутационные соотношения. Собственные числа операторов квадрата и z-проекции момента количества движения. Сложение моментов. Орбитальный момент количества движения. Матрицы Паули.</p>
Физика атомов и молекул	<p><i>11-12. Лекция (2 часа):</i> Центральное поле. Движение частицы в центральном поле. Энергетический спектр. Орбитали. Понятие электронного облака. Сферически симметричная потенциальная яма. Движение в кулоновском поле. Дискретный спектр. Волновые функции. Сплошной спектр. Теория возмущений. Невырожденный случай. Случай близких уровней. Случай вырождения. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Папшена-Бака. Линейный и квадратичный эффект Штарка.</p>

Наименование разделов и тем	Содержание
Релятивистская квантовая механика	<i>13-14. Лекция (4 часа):</i> Уравнение Дирака для свободной частицы. Матрицы Дирака и их свойства. Стационарные состояния свободной частицы. «Частицы» и «дырки». Спин. Собственные функции операторов квадрата спина и его z-проекции. Уравнение Дирака для частицы в электромагнитном поле. Уравнение Паули. Магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие.
Задача многих тел	<i>15-16. Лекция (2 часа):</i> Волновая функция и оператор Гамильтона системы многих частиц. Выделение движения центра инерции. Случай двух частиц. Система тождественных частиц. Понятие тождественности частиц. Симметрия волновой функции системы тождественных частиц. Принцип Паули, его точная и приближённая формулировки. Фермионы и бозоны. Полный спин многоэлектронной системы. Метод Хартри-Фока. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь, молекулы. Квантование электромагнитного поля. Общая теория переходов. Вторичное квантование, системы с неопределённым числом частиц. Теория рассеяния.

4.3. Практические занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание и формы проведения
Корпускулярно – волновой дуализм	<i>1. Практическое занятие (1 час):</i> Повторение. Решение задач по атомной физике
Математический аппарат квантовой механики	<i>1-2. Практическое занятие (3 часа):</i> Изучение свойств различных операторов. Исследование операторов на линейность и эрмитовость. Решение задач на нахождение собственных функций операторов.
Основные положения квантовой механики	<i>3-4. Практическое занятие (4 часа):</i> Решение задач на нахождение средних значений операторов
Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	<i>5-7. Практическое занятие (6 часов):</i> Решение задач по вычислению вероятностей нахождения частиц в прямоугольной потенциальной яме. Решение задач по изучению свойств гармонического осциллятора
Теория момента импульса	<i>8-9. Практическое занятие (4 часа):</i> Решение задач по изучению оператора момента количества движения.
Физика атомов и молекул	<i>10-13. Практическое занятие (8 часов):</i> Решение задач по движению частицы в кулоновском поле. Решение задач по движению частицы в электрическом и магнитных полях.
Релятивистская квантовая механика	<i>14. Практическое занятие (2 часа):</i> Решение задач на свободное движение бесспиновой частицы. Античастицы. Матрицы Паули. Уравнение Дирака

Наименование разделов и тем	Содержание и формы проведения
Задача многих тел	15-16 Практическое занятие (4 часа): Решение задач на свойства волновых функций тождественных частиц и их связь со спином, принцип Паули. Теория атома гелия. Строение сложных атомов. Периодическая система элементов Менделеева.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе изучения каждой темы дисциплины и по окончании каждого раздела. Система, сроки и виды контроля доводятся до сведения каждого студента в начале занятий по дисциплине. В рамках текущего контроля оцениваются все виды работы студента, предусмотренные учебной программой по дисциплине.

Формами текущего контроля являются:

- экспресс-опрос в виде «летучки» (проводится после каждой лекции во вступительной части практического занятия);
- проверка выполнения заданий на практические занятия (заданий по решению задач);
- собеседования (индивидуальный опрос) по теме занятия;
- письменное тестирование;

Текущий контроль осуществляется в виде опроса на лекциях, практических занятиях, решении тестовых заданий, проверка домашних заданий.

а). Образцы тестовых заданий текущего контроля

Раздел 1

Корпускулярно-волновой дуализм

1. Какие явления из перечисленных ниже демонстрируют корпускулярные свойства микрочастиц?

1.1 дифракция электронов

1.2 дифракция света

1.3 фотоэффект

2. . Какие явления из перечисленных ниже демонстрируют волновые свойства микрочастиц?

2.1 дифракция нейтронов на фольгах

2.2 дифракция света

2.3 опыт Штерна–Герлаха

Раздел 2

Математический аппарат квантовой механики

3. Два оператора считаются равными, если:

3.1 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области определения

3.2 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области значения

3.3 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области определения и значения

4. Оператор называется неограниченным, если

4.1 $Lf, f \geq M f, f$

4.2 его спектр неограничен

4.3 $Lf, f \leq f, f$

Раздел 3

Основные положения квантовой механики

5. Физический смысл волновой функции заключается в том, что

5.1 она дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства

5.2 квадрат ее модуля дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства

5.3 квадрат ее модуля дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства для дискретно изменяющихся величин

6. Согласно первому постулату

6.1 физическая величина не может быть точно измерена

6.2 физическая величина может принимать комплексные значения

6.3 каждой физической величине сопоставляется линейный самосопряженный оператор

Раздел 4

Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей

7. Стационарное уравнение Шредингера для одномерного гармонического осциллятора имеет вид

$$7.1 \left(-\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta - \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = E\psi$$

$$7.2 \left(-\frac{\hbar^2}{2m_0} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{kx^2}{2} \right) \psi = E\psi$$

$$7.3 \left(-\frac{\hbar^2}{2m_0} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right) \psi = E\psi$$

8. Какие утверждения относительно движения квантовой частицы в поле прямоугольного потенциального барьера неверны?

8.1 спектр энергии дискретный

8.2 невозможно найти частицу за потенциальным барьером

8.3 квантовая частица имеет возможность отразиться от барьера, классическая – нет

8.4 при движении частицы в поле прямоугольного потенциального барьера возможен туннельный эффект

Раздел 5

Теория момента импульса

9 Какие из перечисленных ниже величин одновременно измеримы?

9.1 квадрат момента количества движения и его z-проекция

9.2 x- и z-проекции момента количества движения

9.3 квадраты момента количества движения каждой из двух не взаимодействующих подсистем

9.4 x- и z-проекции момента количества движения системы, состоящей из двух взаимодействующих частей

10 При измерении квадрат момента количества движения оказался равным $6\hbar^2$. Какой может быть его z-проекция?

10.1 $-\hbar$

10.2 $0,5\hbar$

10.3 $6\hbar$

10.4 $7\hbar$

Раздел 6

Физика атомов и молекул

- 11 При движении частицы в центральном поле верны следующие высказывания
- 11.1 спектр энергии не вырожден
 - 11.2 спектр энергии смешанный
 - 11.3 симметрия кулоновского поля выше, чем другого центрального
 - 11.4 возможные значения энергии частицы в центральном поле положительны
- 12 В состоянии 3d электрона в атоме водорода возможны следующие значения квантовых чисел
- 12.1 $n = 1, l = 0, m_l = 0$
 - 12.2 $n = 3, l = 2, m_l = 0$
 - 12.3 $n = 3, l = 1, m_l = -2$
 - 12.4 $n = 2, l = 2, m_l = 0$

Раздел 7

Релятивистская квантовая механика

- 13 Уравнение Дирака для свободной частицы имеет вид

13.1
$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H_D \psi$$

13.2
$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta - \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = E \psi$$

13.3
$$-i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H_D \psi$$

- 14 Какими свойствами обладают матрицы Дирака?

- 14.1 их след равен нулю
- 14.2 их ранг равен 4
- 14.3 они коммутируют
- 14.4 $\alpha_x \alpha_y - \alpha_y \alpha_x = 0$

Раздел 8

Задача многих тел

- 15 Волновая функция для выбранной системы многих частиц
- 15.1 является симметричной

- 15.2 является антисимметричной
- 15.3 не обладает никакой симметрией
- 15.4 может быть как симметричной, так и антисимметричной

- 16 Пятый постулат квантовой механики говорит о том, что
 - 16.1 волновая функция системы тождественных частиц является симметричной по отношению к перестановке любой пары частиц
 - 16.2 волновая функция системы тождественных частиц является антисимметричной по отношению к перестановке любой пары частиц
 - 16.3 волновая функция системы тождественных частиц может быть как симметричной, так и антисимметричной по отношению к перестановке любой пары частиц
 - 16.4 существует особое обменное взаимодействие между неразличимыми частицами

б) Примерный перечень вопросов для опроса на лекциях и практических занятиях по дисциплине «Квантовая теория»

Раздел 2

Математический аппарат квантовой механики

1. Понятие вероятности, плотности вероятности, потенциальной возможности. Понятие состояния квантовомеханической системы, чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Полный набор физических величин и операторов. Вычисление средних значений физических величин.
2. Операторы в гильбертовом пространстве: понятие равенства двух операторов, определения коммутатора, антикоммутатора, обратного, линейного, эрмитовского, антиэрмитовского, унитарного, ограниченного, положительно определённого операторов. Спектр линейного самосопряжённого оператора.

Раздел 3

Основные положения квантовой механики

3. Формулировки четырёх основных положений квантовой механики.
4. Соотношение неопределённостей. Почему у квантовой частицы нет траектории?
5. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнение неразрывности.

Раздел 4

Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моде-

лей

6. Качественный вид спектра энергий для каждой из простейших моделей. Качественное сравнение движения квантовой и классической частиц для каждой из простейших моделей.
7. Понятие туннельного эффекта, надбарьерного отражения. Резонансы.

Раздел 5

Теория момента импульса

8. Определение оператора момента количества движения. Коммутационные соотношения для МКД. Собственные числа оператора квадрата и z-проекции момента количества движения. Орбитальный момент количества движения. Спиновый момент количества движения. Матрицы Паули.

Раздел 6

Физика атомов и молекул

9. Движение частицы в центральном поле и в кулоновском поле: вид уравнения Шредингера и энергетического спектра (дискретного и сплошного). Сферически симметричная потенциальная яма.
10. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Линейный и квадратичный эффект Штарка.

Раздел 7

Релятивистская квантовая механика

11. Уравнение Дирака для свободной частицы. Матрицы Дирака и их свойства. «Частицы» и «дырки». Спин. Уравнение Дирака для частицы в электромагнитном поле. Уравнение Паули. Магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Зарядовое сопряжение. Уравнение Клейна-Фока-Гордона.
12. Квантовая теория рассеяния.
13. Эффективное сечение рассеяния. Временная и стационарная постановка задачи. Стационарное уравнение Шредингера. Выражение амплитуды рассеяния через волновую функцию. Борновское приближение.

Раздел 8

Задача многих тел

14. Волновая функция и оператор Гамильтона системы многих частиц. Выделение движения центра инерции.
15. Понятие тождественности частиц. Симметрия волновой функции системы тождественных частиц. Принцип Паули, его точная и приближённая формулировки. Фермионы и

бозоны.

в) примеры задач для контрольных работ по дисциплине «Квантовая теория»

1. Проверить на эрмитовость и линейность операторы дифференцирования, умножения на независимую переменную, интегральный оператор,.
2. Доказать тождество Якоби для коммутаторов..
3. Доказать свойства оператора проектирования.
4. Найти нормированные волновые функции и значения энергии стационарных состояний частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины a .
5. Определить коэффициент пропускания прямоугольного потенциального барьера шириной a .
6. Найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний плоского гармонического осциллятора.
7. Найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний пространственного ротатора с моментом инерции I .
8. Проверить на эрмитовость и линейность матрицы Паули, матрицы Дирака.
9. Методом теории возмущений найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний атома водорода в электрическом и магнитном полях.
10. Проверить выполнение соотношения неопределенности для координаты и импульса частицы, совершающей линейные гармонические колебания.

г) примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Темы рефератов должны соответствовать дисциплине «квантовая теория».

Также возможны дополнительные темы рефератов.

1. Принцип соответствия в физике
2. Спор Эйнштейна и Бора
3. Принцип дополнительности
4. Элементы теории столкновений
5. Элементы теории излучения
6. Философские проблемы квантовой механики
7. Квантово-полевая картина мира
8. Различные представления квантовой механики
9. Квантовая физика вакуума
10. Многофотонные процессы
11. Биографии де Бройля, Бора, Шредингера, Гейзенберга

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, прочтение предыдущего лекционного материала, выполнение домашних заданий, вычислительных работ, подготовку к практическим занятиям. Необходимые для самостоятельной работы материалы перечислены в п.6 –учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.3. Промежуточный контроль: _____ Экзамен _____

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена в традиционной форме по графику промежуточной аттестации.

ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА ПО КУРСУ «КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ»

*Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
03.03.02 – Физика (академический бакалавриат)*

Экзаменационный билет № 1 **Дисциплина «КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ»**

1. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
2. Момент количества движения. Коммутационные соотношения. Собственные числа операторов квадрата и z-проекции момента количества движения

Экзаменатор _____

Заведующий кафедрой физики _____

Протокол заседания кафедры № от 2018 г.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. - М., изд-во МГУ, 1982. - 280с.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: Учеб. Пособие. - М.: Наука, 1976. - 664с.
3. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. - М.: Наука, 1981. - 648 с.
4. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко Ф.М. Сборник задач по теоретической физике. - М.: Высшая школа, 1984. - 320с.
5. Давыдов А.С. Квантовая механика: Учеб. Пособие. - М.: Наука, 1973. - 704с.
6. Демидович Б.П. Математические основы квантовой механики. СПб.: Изд-во Лань, 2005.
7. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. М.: Высшая школа, 1991. - 175с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория).- М.: Наука, 1974. - 752с.
9. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики, т.2. - М.: Наука, 1971. - 11-496 с.
10. Мессиа А. Квантовая механика, т.1. - М.: Наука, 1978. - 480с.
11. Мессиа А. Квантовая механика, т.2. - М.: Наука, 1979. - 584с.
12. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.5 Квантовая оптика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: Наука, 1998.
13. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. - М.: Наука, 1979. - 528с.
14. Фок В.А. Начала квантовой механики. - М.: Наука, 1976.- 376 с.

б) Дополнительная литература.

1. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. - М.: Мир, 1990. - 720с.
2. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. - М.: Наука, 1979.- 480 с.
3. Елютин П.В., Кривчинков В.Д. Квантовая механика. М.: Наука, 1976. - 334 с.
4. Макки Дж. Лекции по математическим основам квантовой механики. М.: Ино-

странная литература, 1965. - 222с.

5. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, в 2 т. М.: Мир, 1974. Т.1-2.

6. Шифф Л. Квантовая механика. - М.: Иностранная литература, 1959. - 475с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Пакет MS Office, образовательные ресурсы Интернета.

1. <http://pskgu.ru/ebooks/okfizikc.html> Учебные пособия по общей физике.
2. <http://lectoriy.mipt.ru/lecture?category=Physics&lecturer> Видеолекции и открытые образовательные материалы ФизТеха. Лекции по Физике.
3. <http://feynmanlectures.caltech.edu/>- The Feynman Lectures on Physics
4. <http://pskgu.ru/ebooks/tf.html> . Теоретическая Физика.
5. <http://physics.nad.ru/> - физика в анимациях
6. <http://dmitryukts.narod.ru/kopilka/video.html>- опыты по физике.
7. <https://sites.google.com/site/rggmustud/> Актуальная информация для студентов, проходящих обучение физике в РГГМУ.
8. <http://www.alleng.ru/>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки физических законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. 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.
Практические занятия	Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно- теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач, решить задачи заданные на дом (не менее пяти типовых задач). Главным содержанием практических занятий является активная работа каждого студента по применению физических понятий, законов и моделей к конкретным задачам, в том числе прикладного характера. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями. Для закрепления навыков дома решаются задачи, заданные преподавателем по пройденной теме. Для ведения записей на практических занятиях обычно заводят отдельную тетрадь. Для закрепления полученных практических навы-

	<p>ков после изучения темы проводится тестирование. Тестовые задания выполняются в виде решения индивидуальных задач во внеаудиторное время и сдаются преподавателю на проверку. Проверенные тесты хранятся у преподавателя до завершения изучения дисциплины.</p> <p>Логическая связь лекций и практических занятий заключается в том, что информация, полученная на лекции, в процессе самостоятельной работы на практическом занятии осмысливается и перерабатывается, при помощи преподавателя анализируется до мельчайших подробностей, после чего прочно усваивается.</p>
Внеаудиторная работа	<p>представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> –самостоятельное изучение разделов дисциплины; –подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; –выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий.
Подготовка к экзамену	<p>Экзамен имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ.</p> <p>Подготовка к экзамену предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы.</p>

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Корпускулярно – волновой дуализм	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Математический аппарат квантовой механики	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Основные положения кван-	Лекции, практические заня-	Microsoft Windows

товой механики	тия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Теория момента импульса	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Физика атомов и молекул	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Релятивистская квантовая механика	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru
Задача многих тел	Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, тестирование самостоятельная работа студентов	Microsoft Windows Microsoft Office: Word, Excel PowerPoint; ЭБС РГГМУ https://bibliotech.esstu.ru

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебные поточные аудитории;
2. Аудитория для самостоятельной работы
3. Мультимедийная техника и презентации.
4. Электронно-библиотечная система РГГМУ <https://bibliotech.esstu.ru>