

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**КАФЕДРА ФИЗИКА**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

\_\_\_\_\_/ Нальгиева М. А.  
от « 21 » 05 2024г.

\_\_\_\_\_/ Кульбужев Б. С.  
от « 21 » 05 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б.1.О.17 Квантовая теория**

*(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))*

**Направление подготовки (бакалавриат)**

**03.03.02 Физика**

*(код, наименование)*

**Направленность**

**Физика**

*(наименование профиля, магистерской программы, специализации)*

**Квалификация выпускника – бакалавр**

**Форма обучения очная**

*(очная, заочная, очно-заочная)*

**Магас, 2024г.**

## 1. Цели освоения дисциплины

- Формирование у студентов представления о квантово-механических закономерностях, лежащих в основе современной физики и ее фундаментальных приложений.
- Формулировка основных принципов квантовой теории.
- Формирование у студента качественных представлений о физической природе явлений, подчиняющихся квантовым закономерностям.
- Развитие умения формулировать и решать задачи квантовой теории, оценивать порядок физической величины.
- Формулировка представлений о границах применимости физических моделей.
- Формирование у студента способности к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии.

Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.

| № п/п                  | Код профессионального стандарта | Наименование области профессиональной деятельности.<br>Наименование профессионального стандарта  |
|------------------------|---------------------------------|--|
| 01 Образование и наука |                                 |  |
| 1.                     | 01.001                          | Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г. №422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа 2016г., регистрационный № 43326 ) |
| 2.                     | 01.003                          | Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016  |

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

| Код и наименование профессионального стандарта   | Обобщенные трудовые функции |   |                      | Трудовые функции                     |        |                                   |
|--|-----------------------------|---|----------------------|--------------------------------------|--------|-----------------------------------|
|  | Код                         | Наименование  | Уровень квалификации | Наименование                         | Код    | Уровень (подуровень) квалификации |
| 01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель) | А                           | Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования | 6                    | Общепедагогическая функция. Обучение | А/01.6 | 6                                 |
|  |                             |   |                      | Воспитательная деятельность          | А/02.6 | 6                                 |
|  |                             |   |                      | Развивающая деятельность             | А/03.6 | 6                                 |

|  |   |  |   |  |        |   |
|--|---|--|---|--|--------|---|
|  | В | Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ | 6 | Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования | В/03.6 | 6 |
|--|---|--|---|--|--------|---|

### Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

| Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда) | Типы задач профессиональной деятельности | Задачи профессиональной деятельности   | Объекты профессиональной деятельности (или области знания)  |
|---|--|--|---|
| 01 Образование  | Педагогический                           | Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО                     | Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО  |
| 06 Связь, информационные и коммуникационные технологии      | Научно-исследовательский                 | Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем | Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях и сферах цифровой экономики |

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Квантовая теория» является обязательной дисциплиной базовой части Б1.О.17.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре

Для освоения дисциплины **необходимы** знания:

☐ математики и физики в объеме, предусмотренном базовым уровнем федерального компонента ГОС среднего (полного) общего образования по математике (утвержден приказом №1089 Министерства образования РФ от 5 марта 2004 года);

☐ следующих разделов дисциплины «Математика», изучаемой параллельно с квантовой механикой в высшем учебном заведении: аналитическая геометрия, векторная и линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения.

### Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Квантовая теория» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

| Код дисциплины | Дисциплины, предшествующие дисциплине «Квантовая теория» | Семестр |
|----------------|--|---------|
| Б1.О.04.01     | Мат.анализ   | 1,2,3   |
| Б1.О.07.01     | Механика   | 1       |
| Б1.О.07.02     | Молекулярная физика                                      | 2       |
| Б1.О.04.05     | Интегральные уравнения и вариационное исчисления         | 5       |
| Б1.О.07.03     | Электричество и магнетизм                                | 3       |
| Б1.О.07.04     | Оптика   | 4       |
| Б1.О.07.05     | Атомная физика   | 5       |
| Б1.О.07.06     | Физика атомного ядра и элементарных частиц               | 6       |
| Б1.О.04.04     | Диф. уравнения   | 4       |

**Таблица 2.2.**

Связь дисциплины «Квантовая теория» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

| Код дисциплины | Дисциплины, следующие за дисциплиной «Квантовая теория» | Семестр |
|----------------|---|---------|
| Б1.В.12        | Физ. кинетика   | 8       |

**Таблица 2.3.**

Связь дисциплины «Квантовая теория» со смежными дисциплинами и сроки их изучения

| Код дисциплины | Смежные дисциплины | Семестр |
|----------------|--------------------|---------|
| Б1.В.09        | Термодинамика      | 6,7     |
| Б1.В.10        | Стат. физика       | 7       |

### 3. Результаты освоения дисциплины «Квантовая теория»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Индикатор достижения компетенции<br>(закрепленный за дисциплиной)  | В результате освоения дисциплины обучающийся должен:   |
|-----------------|---|--|--|
| УК-6            | УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни | УК-6.1.1. <b>Знает</b> основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни<br>УК-6.2.1. <b>Умеет</b> эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения | <b>Знать:</b> Анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие<br><b>Уметь:</b> Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов<br><b>Владеть:</b> При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и |

|       |  |   |   |
|-------|--|---|---|
|       |  | УК-6.3.1.<br><b>Владеет</b> методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни   | суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения  |
| ПК -6 | Способность применять на практике профессиональные знания, теории и методы физических исследований | ПК-6.1. Владеет физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики<br>ПК-6.2 Знает теоретические основные понятия, законы и модели основных разделов физики<br>ПК-6.3. Умеет понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики | Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований.<br>Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований.<br>Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований |

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Квантовая теория»

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

| №<br>п/п | Наименование разделов<br>и тем дисциплины<br>(модуля)                         | семестр | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную<br>работу студентов и трудоемкость |        |                      |                      |                          |                            |                         | Формы текущего<br>контроля успеваемости (по<br>неделям семестра) |             |               |            |                 |                    |                   |                      |
|----------|---|---------|--|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--|-------------|---------------|------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------------|
|          |   |         | Контактная<br>работа   |        |                      |                      |                          | Самостоя<br>тельная работа |                         | Форма промежуточной<br>аттестации (по семестрам)                 |             |               |            |                 |                    |                   |                      |
|          |   |         | Всего  | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Др. виды контакт. работы | Всего                      | Курсовая работа(проект) | Подготовка к экзамену  | Другие виды | Собеседование | Коллоквиум | Проверка тестов | Проверка контролн. | Проверка реферата | Проверка эссе и иных |
| 1.       | Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц | 7       | 2  | 1      | 2                    |                      | 1                        |                            |                         | 1  | 1           | +             |            |                 |                    |                   |                      |
| 2.       | Принцип неопределенности  | 7       | 2  | 1      | 4                    |                      | 1                        |                            |                         | 1  | 2           | +             |            |                 |                    |                   |                      |

|     |  |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  |                 |   |   |   |  |  |
|-----|--|---|----|----|----|--|----|----|--|----|----|--|-----------------|---|---|---|--|--|
| 3.  | Принцип суперпозиции наблюдаемые и состояния                 | 7 | 2  | 1  | 2  |  | 1  |    |  | 1  | 2  |  | +               |   |   |   |  |  |
| 4.  | Чистые и смешанные состояния                                 | 7 | 2  | 1  | 1  |  | 1  |    |  | 1  | 2  |  | +               |   |   |   |  |  |
| 5.  | Эволюция состояний и физических величин                      | 7 | 2  | 1  | 1  |  | 1  |    |  | 1  | 2  |  | +               |   |   |   |  |  |
| 6.  | Соотношения между классической и квантовой механикой         | 7 | 2  | 1  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 | + |   |   |  |  |
| 7.  | Теория представлений   | 7 | 5  | 2  | 2  |  | 2  |    |  | 2  | 2  |  |                 | + |   |   |  |  |
| 8.  | Общие свойства одномерного движения гармонического           | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 9.  | Туннельный эффект  | 7 | 6  | 1  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   |   | + |  |  |
| 10. | Квазиклассическое движение                                   | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 11. | Теория возмущений  | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 2  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 12. | Теория момента   | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 13. | Движение центрально-симметричном поле                        | 7 | 3  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 | + |   |   |  |  |
| 14. | Спин   | 7 | 6  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 15. | Принцип тождественности одинаковых частиц                    | 7 | 3  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 16. | Релятивистская квантовая механика                            | 7 | 6  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  | +               |   |   |   |  |  |
| 17. | Атом   | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   |   | + |  |  |
| 18. | Периодическая система элементов Менделеева                   | 7 | 2  | 1  | 4  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   |   | + |  |  |
| 19. | Химическая связь,  | 7 | 2  | 1  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 20. | Квантование электромагнитного поля                           | 7 | 3  | 1  | 2  |  | 2  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   | + |   |  |  |
| 21. | Общая теория переходов                                       | 7 | 6  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 1  | 2  |  |                 | + |   |   |  |  |
| 22. | Вторичное квантование системы с неопределенным числом частиц | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 1  |    |  | 2  | 2  |  |                 |   |   | + |  |  |
| 23. | Теория рассеяния   | 7 | 4  | 2  | 2  |  | 2  |    |  | 2  | 2  |  | +               |   |   |   |  |  |
|     | Курсовая работа (проект)                                     |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  |                 |   |   |   |  |  |
|     | Общая трудоемкость, в часах                                  | 1 | 68 | 36 | 48 |  | 27 | 85 |  | 40 | 45 |  | Промежуточная   |   |   |   |  |  |
|     |  |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  | Форма           |   |   |   |  |  |
|     |  |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  | Зачет           |   |   |   |  |  |
|     |  |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  | Зачет с оценкой |   |   |   |  |  |
|     |  |   |    |    |    |  |    |    |  |    |    |  | Экзамен         |   |   |   |  |  |

## 4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц.

Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым понятиям. Опыты Резерфорда. Волны де Бройля. Дискретные свойства волн и волновые свойства частиц. Корпускулярно-волновой дуализм.

Тема 2. Принцип неопределенностей.

Невозможность полного описания состояния физ. системы в квантовой механике. Полный набор физических величин. Соотношения неопределенности.

Тема 3. Принцип суперпозиции, наблюдаемые и состояния.

Вероятность местоположения. Условие нормировки. Принцип суперпозиции состояний. Наблюдаемые и состояния в квантовой механике.

Тема 4. Чистые и смешанные состояния.

Волновая функция. Матрица плотности системы.

Тема 5. Эволюция состояний и физических величин.

Тема 6. Соотношения между классической и квантовой механикой.

Теоремы Эренфеста.

Тема 7. Теория представлений.

Представления Гейзенберга и Шредингера. Уравнение Шредингера. Интегралы движения. Стационарные состояния.

Тема 8. Общие свойства одномерного гармонического осциллятора.

Осциллятор по класс. и по квантовой теории. Волновые функции осциллятора. Диаграмма квантовых уровней и потенциальной энергии для осциллятора. Нулевая энергия гармонического осциллятора.

Тема 9. Туннельный эффект.

Частица в прямоугольной потенциальной яме. Движение частицы в поле «прямоугольной ступеньки». Туннельный эффект.

Тема 10. Квазиклассическое движение.

Волновая функция в квазиклассическом случае. Граничные условия в квазиклассическом случае. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Квазиклассическое движение в центрально-симметричном поле.

Тема 11. Теория возмущений.

Возмущения, не зависящие от времени. Возмущения, зависящие от времени. Нестационарная теория возмущения Дирака. Вариационные методы.

Тема 12. Теория момента.

Момент импульса. Собственные значения момента. Собственные функции момента. Сложение моментов.

Тема 13. Движение в центральном симметричном поле.

Движение в центрально-симметричном поле. Сферические волны. Движение в кулоновском поле.

Тема 14. Спин.

Спин. Оператор спина. Волновые функции частиц с произвольным спином. Обращение времени и теорема Крамерса.

Тема 15. Принцип тождественности одинаковых частиц.

Системы из одинаковых частиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.

Тема 16. Релятивистская квантовая механика.

Уравнение Клейна - Гордена- Фока. Уравнение Дирака для свободной частицы и античастицы. Уравнение Паули.

Тема 17. Атом.

Атомные уровни энергии. Состояние электронов в атоме. Водородоподобные уровни энергии. Тонкая структура атомных уровней.

Тема 18. Периодическая система элементов Менделеева.

Общие сведения. Открытие периодического закона Менделеева. Заполнение слоев. Периодичность свойств элементов.

Тема 19. Химическая связь, молекула.

Простейшие молекулы. Основные виды химической связи.

Тема 20. Квантование электромагнитного поля.

Спонтанные и вынужденные переходы. Квантование свободного электромагнитного поля.

#### Тема 21. Общая теория переходов.

Определение вероятностей переходов. Закон распада, форма линии и скорости переходов при распаде изолированного состояния. Соотношение неопределенностей между времени жизни и шириной линии. Прямые и последовательные переходы.

#### Тема 22. Вторичное квантование системы с неопределенным числом частиц.

Вторичное квантование. Теория квантовых переходов и метод вторичного квантования. Статистика Ферми - Дирака и Бозе – Эйнштейна.

#### Тема 23. Теория рассеяния.

Сечение рассеяния. Рассеяние в борновском приближении. Потенциальное и резонансное рассеяние. Рассеяние при высоких энергиях. Многоканальное рассеяние.

### **Темы письменных работ для проведения текущего контроля (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)**

Физические основы квантовой теории.  
Математический аппарат квантовой теории.  
Интегралы движения.  
Движение в центральном поле.  
Теория возмущений для стационарных задач.  
Нестационарные возмущения. Квантовые переходы.  
Коэффициенты Эйнштейна. Квантомеханическое выражение для коэффициентов Эйнштейна.  
Амплитуда и сечение рассеяния в борновском приближении.  
Уравнение Дирака. Спин частиц, описываемых уравнением Дирака.  
Переход от уравнения Дирака к уравнению Паули.  
Метод самосогласованного поля.

### **5. Образовательные технологии**

| № п.п. | Тема программы дисциплины  | Применяемые технологии   |
|--------|--|--|
| 1      | Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Принцип неопределенностей.    | классическое традиционное; лекционное обучение                               |
| 2      | Принцип суперпозиции, наблюдаемые и состояния. Принцип суперпозиции состояний. Чистые и смешанные состояния. | классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные |
| 3      | Эволюция состояний и физических величин. Соотношения между классической и квантовой механикой.               | классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)           |
| 4      | Теория представлений. Общие свойства одномерного гармонического осциллятора. Туннельный эффект.              | классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа       |
| 5      | Квазиклассическое движение. Теория возмущений. Теория момента. Движение в центральном симметричном поле.     | классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение                 |
| 6      | Спин. Принцип тождественности одинаковых частиц. Релятивистская квантовая механика.                          | классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные                |
| 7      | Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь, молекула.                                | классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное                 |



|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | программированное обучение   |
| 8 | Квантование электромагнитного поля. Общая теория переходов.                    | классическое традиционное;<br>лекционное обучение,<br>компьютерное<br>программированное обучение |
| 9 | Вторичное квантование системы с неопределенным числом частиц. Теория рассеяния | классическое традиционное;<br>лекционное обучение,<br>компьютерное<br>программированное обучение |

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

Для получения глубоких и прочных знаний, твёрдых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

В рабочей программе предусмотрена самостоятельная работа для проработки лекционного (теоретического) материала при подготовке к контрольным мероприятиям (в частности к тестированию)

### 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

#### Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

| №№<br>п/п | Наименование работы                | Кол-во<br>часов | Форма<br>контроля                                    |
|-----------|------------------------------------|-----------------|--|
| 1         | Проработка лекционного материала   | 28              | Экзамен  |
| 2         | Подготовка к практическим занятиям | 28              | Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы. |
| 3         | Подготовка к лабораторным работам  | 29              | Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета. |

### 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Квантовая теория».

#### Тестовые задания.

1. Найти уровни энергии в одномерной симметричной потенциальной яме:.

2. Найти вероятность отражения частицы при прохождении над одномерным

потенциальным барьером *при*  $I \times I \ll a$  (энергия частицы больше высоты барьера).

3. Найти уровни энергии и вектора состояния одномерного гармонического осциллятора в постоянном внешнем поле.

4. Найти дифференциальное сечение упругого рассеяния  $\alpha$ - частицы на  $\alpha$ - частице (в системе центра масс).

5. В ВКБ- приближении найти уровни энергии частицы массы  $m$  в потенциальном поле вида.

6. В ВКБ- приближении найти зависимость тока холодной эмиссии электронов с поверхности металла от приложенного электрического поля.

7. Найти S-уровни энергии в сферически- симметричной яме:

8. Найти S- уровни энергии в сферической оболочке

9. Найти вероятность пребывания электрона в классически запрещенной области для водородоподобного атома в основном состоянии.

10. Найти расщепление уровней энергии атома водорода в однородном магнитном поле  $H$

11. Рассчитать расщепление уровня атома водорода с  $n=2$  в слабом однородном электрическом поле.

12. Пусть гамильтониан зависит от  $\lambda$  как от параметра и Показать, что для нормированных на единицу векторов  $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$  имеет место соотношение

13. Определить соотношение интенсивности пятен на экране в опыте Штерна - Герлаха,

если магнитное поле ориентировано по оси  $z$ , а спины электронов падающего пучка ориентированы под углом  $\Theta$  к оси  $z$ .

14. Показать, что если оператор  $A$ - скаляр, то т.е. его матричные элементы диагональны по  $J$  и  $M$  и не зависят от  $M$ .

15. Две частицы со спином  $1/2$  находятся в следующем состоянии: спин первой направлен

вдоль оси  $z$ , а спин второй направлен вдоль оси, составляющей угол  $\Theta$  с осью  $z$ . Найти вероятности обнаружить частицы в синглетном и триплетном состояниях по полному спину.

16. Двухуровневая система с состояниями  $1, 2$ , энергии которых есть  $\epsilon_1, \epsilon_2$ ,

подвергается действию не зависящего от времени возмущения  $W$ . Вычислить вероятность обнаружить то или иное состояние в момент времени  $t$ , если в момент времени  $t=0$  система находилась в основном состоянии.

17. Оценить полную энергию ионизации атома в рамках модели Томаса – Ферми.

18. Разложить электронную конфигурацию  $(np)$  на термы.

19. В борновском приближении вычислить дифференциальное и полное сечение рассеяния на потенциале Юкавы  $V$

20. В борновском приближении найти амплитуду и дифференциальное сечение упругого рассеяния заряженной бесспиновой частицы на сферически-симметричном локализованном распределении заряда  $\rho(r)$ .

21. Вычислить амплитуду упругого рассеяния медленной частицы на потенциальной яме
22. Определить полное сечение упругого рассеяния непроницаемой сферой радиуса  $a$  для медленных частиц, де-бройлевская длина волны которых  $\lambda \gg a$ .
23. Найти дифференциальное сечение упругого рассеяния  $\alpha$ - частицы на  $\alpha$ - частице (в системе центра масс).
24. Указать, между какими уровнями заряженного сферического гармонического осциллятора возможны электромагнитные переходы в дипольном приближении. Вычислить время жизни первого возбужденного состояния осциллятора в этом приближении.

### **Вопросы для подготовки к экзамену.**

1. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым явлениям.
2. Понятие о теории Бора.
3. Гипотезы Планка, Эйнштейна.
4. Волны де Бройля.
5. Корпускулярно-волновой дуализм.
6. Принцип неопределенности.
7. Вероятность местоположения. Условие нормировки.
8. Принцип суперпозиции. Наблюдаемые и состояния.
9. Чистые и смешанные состояния.
10. Эволюция состояний и физических величин.
11. Теоремы Эренфеста.
12. Представления Гейзенберга и Шредингера.
13. Уравнение Шредингера.
14. Интегралы движения.
15. Стационарные состояния.
16. Осциллятор по классической и квантовой теории.
17. Волновые функции осциллятора.
18. Частица в прямоугольной потенциальной яме.
19. Движение частицы в поле прямоугольной ступеньки.
20. Туннельный эффект.
21. Волновая функция в квазиклассическом случае.
22. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
23. Квазиклассическое движение в центрально-симметричном поле.
24. Возмущения, не зависящие от времени. Возмущения, зависящие от времени.
25. Нестационарная теория возмущения Дирака.
26. Теория момента.
27. Движение в центрально – симметричном поле.
28. Сферические волны.
29. Движение в кулоновском поле.
30. Спин. Оператор спина.
31. Волновые свойства с произвольным спином.
32. Принцип тождественности одинаковых частиц.
33. Уравнение Клейна-Гордона-Фока.
34. Уравнение Дирака для свободной частицы и античастицы.
35. Уравнение Паули.
36. Атом.
37. Периодическая система элементов Менделеева.
38. Химическая связь, молекула.

39. Квантование электромагнитного поля.
40. Определение вероятностей переходов. Закон распада, форма линии и скорости переходов при распаде изолированного состояния.
41. Прямые и последовательные переходы.
42. Вторичное квантование системы с неопределенным числом частиц.
43. Рассеяние в борновском приближении.
44. Потенциальное и резонансное рассеяние.

## **7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **7.1. Учебная литература:**

#### **Основная:**

1. Волны материи и квантовая механика. 4-е изд. 2010.
2. Ландау Л. Д. Лифшиц Е. М. «Квантовая механика» изд-е 6, М.: ФИЗ-МАТЛИТ, 2004
3. К. Коэн – Таннудпси, Б. Диу, Ф. Лалоз. «Квантовая механика». Т. 1. Екатеринбург, 2000.
4. Барановский В. И. «Квантовая механика и квантовая химия». 2008.
5. Квантовая механика (Stanford Universiti «Moderdn Phusics: Quantum Mechanics», Stanford, 2008
6. Квантовая механика 4е изд – е М.:2010
7. Квантовая механика. Теория поля. Б. Н. Родимов 2012-12-26
8. Фадеев Л. Д. Якубовский О. А. «Лекции по квантовой механике».

#### **Дополнительная:**

1. Бом Д. «Квантовая теория», М., Наука, 1965.
2. Боум А. «Квантовая механика: основы и приложения», М., Мир, 1990.
3. Гольдман И. И., Кривченков В. Д. «Сборник задач по квантовой механике», М., Гостехиздат. 1957.
4. Флюгге З. «Задачи по квантовой механике» тт. 1, 2., М., Мир, 1974.
5. Тернов И. М., Жуковский В. Ч., Борисов А. В. «Квантовая механика и макроскопические эффекты», М., Изд. М. У., 1993.
6. Блохинцев Д. И. «Основы квантовой механики» М., Наука, 1983.
7. Давыдов А. С. «Квантовая механика» М., Наука 1973.
8. Елютин П. В., Кривченков В. Д. «Квантовая механика с задачами» М., наука, 1976.
9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., «Квантовая механика», М., Наука, 1989.
10. Соколов А. А., Тернов И. М., Жуковский В. Ч. «Квантовая механика», М., Наука, 1979.
11. Галицкий В. М., Карнаков Б. М., Коган В. И., «задачи по квантовой механике» М., Наука, 1972.

#### **Монографическая:**

1. Вейль Г. «Теория групп и квантовая механика» М., Мир, 1997г.
2. Дирак П. А. М. «Принципы квантовой механики» М., Мир, 1978г
3. Паули В. «Принципы волновой механики» М., Гостехиздат, 1948г.

### **7.2 Интернет-ресурсы**

| Название ресурса   | Ссылка/доступ   |
|--|---|
| Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам» | <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a> |

|  |   |
|--|---|
| «Образовательный ресурс России»  | <a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>                             |
| Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА | <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>   |
| Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)                           | <a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>   |
| Русская виртуальная библиотека   | <a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>   |
| Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»                                     | <a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a> |
| Научная электронная библиотека «e-Library»   | <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>                             |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks   | <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>   |
| Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»                    | <a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>   |
| Информационно-правовая система «Консультант-плюс»  | Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ                                    |
| Электронно-библиотечная система «Юрайт»  | <a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>                                   |

### 7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Консультант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (лабораторных и(или) практических), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

|  |  |
|--|--|
| Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 117) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е | Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 28 шт.; скамья-56 шт  |
| Учебная аудитория для семинарских занятий (№115) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е | Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. Учебные пособия по дисциплинам. Тесты рубежного, итогового контроля, наглядные пособия, УМК по дисциплинам |

Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 981.

Программу составил: к.ф-м.н., доцент кафедры «Физика» Торшхоева З.С.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 10 от « 20 » мая 2024 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета  
Протокол № 9 от « 22 » мая 2024 года

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

| Учебный<br>год | Решение<br>кафедры<br>(№ протокола, дата) | Внесенные изменения | Подпись зав.<br>кафедрой |
|----------------|---|---------------------|--------------------------|
|                |   |                     |                          |
|                |   |                     |                          |
|                |   |                     |                          |