



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Общий факультет (Фрязино)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.  
Фрязино

\_\_\_\_\_ Макарова Л.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**  
**Квантовая механика**

|                        |                                                                     |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Читающее подразделение | <b>кафедра общенаучных дисциплин</b>                                |
| Направление            | <b>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</b>                       |
| Направленность         | <b>Проектирование и технология электронных приборов и устройств</b> |
| Квалификация           | <b>бакалавр</b>                                                     |
| Форма обучения         | <b>очная</b>                                                        |
| Общая трудоемкость     | <b>4 з.е.</b>                                                       |

**Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам**

| Семестр | Зачётные единицы | Распределение часов |        |              |              |                        |                                                        |          | Формы промежуточной аттестации |
|---------|------------------|---------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|--------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|
|         |                  | Всего               | Лекции | Лабораторные | Практические | Самостоятельная работа | Контактная работа в период практики и (или) аттестации | Контроль |                                |
| 4       | 4                | 144                 | 32     | 0            | 32           | 44                     | 2,35                                                   | 33,65    | Экзамен                        |

Программу составил(и):

*канд. физ.-мат. наук, доцент, Пархоменко Михаил Павлович* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Квантовая механика**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**кафедра общенаучных дисциплин**

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щучкин Григорий Григорьевич \_\_\_\_\_



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Квантовая механика» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

|                     |                                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| Направление:        | 11.03.04 Электроника и наноэлектроника                       |
| Направленность:     | Проектирование и технология электронных приборов и устройств |
| Блок:               | Дисциплины (модули)                                          |
| Часть:              | Обязательная часть                                           |
| Общая трудоемкость: | 4 з.е. (144 акад. час.).                                     |

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

**УК-1** - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

**ОПК-1** - Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

**ОПК-2** - Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ОПК-2** : Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

**ОПК-2.1** : Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи

**Знать:**

- методы нахождения и критического анализа информации

**Уметь:**

- применять на практике методы нахождения и критического анализа информации

**ОПК-2.2** : Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки

**Знать:**

- достоинства и недостатки методов решения задач по квантовой механике

**Уметь:**

- оценивать возможность того или иного метода решения в конкретной задаче

**ОПК-1** : Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

**ОПК-1.1** : Осваивает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

**Знать:**

- основные законы квантовой механики

**Уметь:**

- применять основные физические законы для решения задач по квантовой механике

**ОПК-1.2 : Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера****Знать:**

- математические методы для решения задач по квантовой механике

**Уметь:**

- применять математические методы для решения задач по квантовой механике

**УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач****УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.****Знать:**

- Методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике

**Уметь:**

- Искать и обрабатывать информацию по квантовой механике

**Владеть:**

- Методами поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике

**УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применяет системный подход для решения поставленных задач****Знать:**

- Практическое применение методик поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике

**Уметь:**

- Осуществлять критический анализ и синтез информации по квантовой механике, полученной из разных источников

**Владеть:**

- Применением системного подхода для решения задач квантовой механики

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН****Знать:**

- математические методы для решения задач по квантовой механике
- основные законы квантовой механики
- достоинства и недостатки методов решения задач по квантовой механике
- методы нахождения и критического анализа информации
- Практическое применение методик поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике
- Методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике

**Уметь:**

- применять математические методы для решения задач по квантовой механике
- Искать и обрабатывать информацию по квантовой механике
- применять на практике методы нахождения и критического анализа информации

- Осуществлять критический анализ и синтез информации по квантовой механике, полученной из разных источников
- применять основные физические законы для решения задач по квантовой механике
- оценивать возможность того или иного метода решения в конкретной задаче

**Владеть:**

- Методами поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в квантовой механике
- Применением системного подхода для решения задач квантовой механики

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

| Код занятия                             | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Сем. | Часов | Компетенции                                        |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------------------------------------------|
| <b>1. Основы теории относительности</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |       |                                                    |
| 1.1                                     | <b>Специальная теория относительности (Лек).</b> Релятивистская кинематика. Опыт Майкельсона. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоранца и следствие из преобразований (одновременность событий, длина тел, длительность событий в разных системах отсчета). Релятивистский закон сложения скоростей. | 4    | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.2                                     | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач по кинематике СТО                                                                                                                                                                                                                                                    | 4    | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.3                                     | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                                                  | 4    | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.4                                     | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                                                  | 4    | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.5                                     | <b>Релятивистская динамика теории относительности (Лек).</b> Релятивистский импульс. Релятивистская масса. Закон сохранения импульса в релятивистской динамике. Основной закон релятивистской динамики. Закон взаимосвязи массы и энергии.                                                                                      | 4    | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.6                                     | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач по динамике СТО                                                                                                                                                                                                                                                      | 4    | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 1.7                                     | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                                                  | 4    | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |

|                                    |                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------|
| <b>1.8</b>                         | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2. Тепловое излучение</b>       |                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
| <b>2.1</b>                         | <b>Тепловое излучение и его характеристики. (Лек).</b> Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело.                                                          | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.2</b>                         | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на тепловое излучение                                                                    | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.3</b>                         | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.4</b>                         | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.5</b>                         | <b>Тепловое излучение (Лек).</b> Законы Стефана - Больцмана и смещение Вина. Формула Рэлея - Джинса. Формула Планка. Оптическая пирометрия. Пирометры. | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.6</b>                         | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на тепловое излучение                                                                    | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.7</b>                         | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>2.8</b>                         | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>3. Квантовые свойства света</b> |                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
| <b>3.1</b>                         | <b>Квантовые свойства света. (Лек).</b> Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Тормозное рентгеновское излучение. Опыт Боте. Фотоны.                 | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>3.2</b>                         | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на фотоэффект                                                                            | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>3.3</b>                         | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |

|                         |                                                                                                                                                                                                                 |   |       |                                                    |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------|
| 3.4                     | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                               | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 3.5                     | <b>Квантовые свойства света (продолжение). (Лек).</b> Эффект Комптона и его элементарная теория. Давление света.                                                                                                | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 3.6                     | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на эффект Комптона                                                                                                                                | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 3.7                     | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                  | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 3.8                     | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                               | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>4. Теория частиц</b> |                                                                                                                                                                                                                 |   |       |                                                    |
| 4.1                     | <b>Боровская теория строения атома. (Лек).</b><br>Ядерная модель атома. Линейчатый спектр атома водорода. Опыты Франка и Герца. Постулаты Бора. Боровская модель атома водорода.                                | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.2                     | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на постулаты Бора                                                                                                                                 | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.3                     | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                  | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.4                     | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                               | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.5                     | <b>Волновые свойства частиц. (Лек).</b> Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение. Длина волны де Бройля. Парадоксальное поведение микрочастиц. Соотношение неопределенностей (теория и примеры). | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.6                     | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на соотношение неопределенностей                                                                                                                  | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 4.7                     | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                  | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |



|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------|
| 4.8                            | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>5. Уравнение Шрёдингера</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
| 5.1                            | <b>Уравнение Шрёдингера. (Лек).</b> Волновая функция и её статистический смысл. Стандартные условия волновой функции. Движение свободной частицы.                                                                                                                                                                                      | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.2                            | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Решение задач на волновые свойства частиц                                                                                                                                                                                                                                              | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.3                            | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.4                            | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.5                            | <b>Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими стенками. (Лек).</b> Решение уравнения Шрёдингера для стационарных состояний: потенциальная энергия и граничные условия. Решение уравнения Шрёдингера внутри ямы. Квантование энергии. Собственные функции. Плотность вероятности обнаружения частицы. | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.6                            | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Частица в "потенциальной яме" – решение задач                                                                                                                                                                                                                                          | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.7                            | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.8                            | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.9                            | <b>Туннельный эффект. (Лек).</b> Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Коэффициент прохождения и отражения частицы. Примеры туннельного эффекта Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.                                                                                                                     | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.10                           | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b><br>Движение частицы сквозь потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения                                                                                                                                                                                                     | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------|
| 5.11                                      | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 5.12                                      | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>6. Физические величины и операторы</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |       |                                                    |
| 6.1                                       | <b>Многоэлектронные атомы. (Лек).</b> Принцип запрета Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Принцип тождественности элементарных частиц.                                                                                                              | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.2                                       | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на принцип запрета Паули                                                                                                                                                                                    | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.3                                       | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.4                                       | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.5                                       | <b>Представление физических величин операторами. (Лек).</b> Средние значения физических величин. Некоторые свойства операторов. Основные постулаты квантовой теории. Собственные состояния. Оператор полной энергии частицы – гамильтониан. Оператор момента импульса. | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.6                                       | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на среднее значение физических величин оператора. Алгебра операторов                                                                                                                                        | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.7                                       | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.8                                       | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b> Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                         | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.9                                       | <b>Квантование момента импульса (Лек).</b> Момент импульса, модуль момента импульса, проекция момента импульса. Ротатор.                                                                                                                                               | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.10                                      | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на момент импульса микрочастиц                                                                                                                                                                              | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |       |                                                    |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------------------------------------------|
| 6.11                                         | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                           | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.12                                         | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                              | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.13                                         | <b>Атом водорода в квантовой механике. (Лек).</b> Квантовые числа. Главное квантовое число. Орбитальное квантовое число. Магнитное квантовое число. Опыт О. Штерна и В. Герлаха. Гипотеза о спине электрона. Спектр. 1S – состояние электрона в атоме водорода. Спиновое квантовое число. Фермионы и бозоны | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.14                                         | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на квантовые числа                                                                                                                                                                                                                               | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.15                                         | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                           | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 6.16                                         | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                              | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>7. Лазеры</b>                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |       |                                                    |
| 7.1                                          | <b>Лазеры. (Лек).</b> Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучение. Оптический квантовый генератор – лазер. Применение лазеров.                                                                                                                                                                           | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 7.2                                          | <b>Выполнение практических заданий (Пр).</b> Решение задач на спонтанное и вынужденное излучение                                                                                                                                                                                                            | 4 | 2     | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 7.3                                          | <b>Выполнение домашнего задания (Ср).</b> Решение задач на пройденную тему по варианту выданным преподавателем                                                                                                                                                                                              | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| 7.4                                          | <b>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср).</b><br>Повторение пройденного материала                                                                                                                                                                                                                           | 4 | 1,375 | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2 |
| <b>8. Промежуточная аттестация (экзамен)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |       |                                                    |
| 8.1                                          | <b>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Экзамен).</b>                                                                                                                                                                                                                                               | 4 | 33,65 | УК-1.1, УК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2 |
| 8.2                                          | <b>Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).</b>                                                                                                                                                                                                                         | 4 | 2,35  | УК-1.1, УК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2 |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Квантовая механика», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

### 5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Опыт Майкельсона. Постулаты специальной теории относительности.
2. Волновая функция и её статистический смысл. Уравнение Шредингера. Движение свободной частицы.
3. Преобразования Лоренца. Одновременность событий в разных системах отсчёта.
4. Соотношение неопределённостей.
5. Преобразования Лоренца. Длительность событий в разных системах отсчёта.
6. Гипотеза де Бройля. Длина волны де Бройля. Опыт Дэвиссона и Джермера.
7. Преобразования Лоренца. Длина тел в разных системах отсчёта.
8. Опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода.
9. Релятивистский импульс и релятивистская масса. Закон сохранения импульса в релятивистской динамике. Основной закон релятивистской динамики материальной точки.
10. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.
11. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Закон взаимосвязи массы и энергии. Связь между энергией и импульсом.
12. Ядерная модель атома. Линейчатый спектр атома водорода. Постулаты Бора.
13. Основные характеристики теплового излучения. Закон Кирхгофа.
14. Волновая функция и её статистический смысл. уравнение Шредингера. Движение свободной частицы.
15. Законы Стефана - Больцмана и смещения Вина. Формула Релея - Джинса.
16. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.
17. Формула Планка. Вывод закона Стефана - Больцмана.
18. Гипотеза де Бройля. Длина волны де Бройля. Опыт Дэвиссона и Джермера.
19. Формула Планка. Вывод закона смещения Вина и формулы Релея - Джинса.
20. Опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода.
21. Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта - уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
22. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Решение уравнения Шредингера внутри ямы. Квантование волнового числа и энергии. Собственные функции. Плотность вероятности обнаружения частицы.
23. Тормозное рентгеновское излучение. Опыт Боте. Фотоны и их свойства.
24. Эффект Комптона и его элементарная теория.
25. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.
26. Ядерная модель атома. Линейчатый спектр атома водорода. Постулаты Бора.
27. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.
28. Гипотеза де Бройля. Длина волны де Бройля. Опыт Дэвиссона и Джермера.
29. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Спиновое квантовое число.
30. Основные характеристики теплового излучения. Закон Кирхгофа.
31. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек.
32. О периодической системе элементов Д.И. Менделеева.
33. Представление физических величин операторами. Основные постулаты квантовой теории.
34. Тепловое излучение. Законы Стефана - Больцмана и смещение Вина.
35. Квантование момента импульса (момент импульса, модуль момента импульса, проекция момента импульса).
36. Эффект Комптона и его элементарная теория.

### 5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Наименование помещения                                                                                                                                          | Перечень основного оборудования                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации. |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся                                                                                                                | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.            |

### 6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

### 6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 6.3.1. Основная литература

1. Абдуллаев С. Д., Овчинникова И. В., Чен Т. Т. Квантовая механика (лабораторные работы ФПВ-10-10, ФПВ-10-11) [Электронный ресурс]:лаб. практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2019. - – Режим доступа: <http://library.mirea.ru/secret/28082019/2062.iso>
2. Максимова Г. М., Бурдов В. А. Квантовая механика Графена [Электронный ресурс]:учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 37 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/144652>
3. Савельев И. В. Квантовая механика [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/169151>

4. Бурмистрова Н. А. Квантовая механика и квантовая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Саратов: СГУ, 2020. - 68 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/170586>
5. Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 1. Квантовая механика [Электронный ресурс]: Учебник и практикум для вузов. - Москва: Юрайт, 2021. - 183 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/471665>
6. Ефремов Ю. С. Квантовая механика [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2021. - 458 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/472897>
7. Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 2. Квантовая химия [Электронный ресурс]: Учебник и практикум для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 402 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/452845>

#### **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
2. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»  
<https://www.scholar.google.ru>
3. Электроника НТБ - научно-технический журнал  
<http://www.electronics.ru>
4. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями  
<https://www.researchgate.net>
5. База данных Web of Science  
<http://www.webofknowledge.com>

#### **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его

понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

## **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 3E71B80600020002CF46

Владелец: Макарова Людмила Александровна

Действителен с 21.09.2021 по 21.09.2022