

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Образовательно-научный институт ядерной энергетики  
и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

“10” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.3 Специальные разделы физики (квантовая физика)**  
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 108 часов/3 з.е.

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: Бирюков В.В., д.т.н., доцент

Нижний Новгород

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 15 июня 2021 г. № 7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 31 мая 2021 г. № 25.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-о-22.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_ Кабанина Н.И.  
(подпись)

## Оглавление

|   |           |
|---|-----------|
| ОГЛАВЛЕНИЕ .....  | 3         |
| <b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1. Цель освоения дисциплины .....   | 4         |
| 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....  | 4         |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>7</b>  |
| 4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....  | 7         |
| 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....  | 8         |
| <b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                        | <b>13</b> |
| <b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>15</b> |
| 6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....   | 15        |
| 6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....   | 15        |
| 6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....  | 15        |
| <b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>16</b> |
| 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) ..... | 16        |
| 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....   | 16        |
| <b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>    | <b>17</b> |
| <b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>   | <b>18</b> |
| 10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....                | 18        |
| 10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....  | 19        |
| 10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....   | 19        |
| 10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....   | 19        |
| <b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>19</b> |
| 11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации .....  | 20        |
| 11.2. Типовые задания для текущего контроля .....   | 21        |

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** формирование у студентов научного мировоззрения и современного физического мышления.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- изучение основных физических явлений и идей, лежащих в основе квантовой физики;
- овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями современной квантовой физики;
- овладение приемами и методами решения конкретных задач квантовой физики;
- формирование представлений о современной физике атомного ядра и элементарных частиц.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) «Специальные разделы физики (квантовая физика)» включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика» и «Практикум по физике» в объеме первого и второго семестров первого курса.

Дисциплина «Специальные разделы физики (квантовая физика)» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электроника», «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства», «Физические основы электроники», «Физическая и квантовая оптика».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей общепрофессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-12 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

| Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно | Семестры формирования компетенций дисциплинами |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <b>ПКС-12</b>   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Дифференциальные уравнения                                |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Информатика (часть 2)                                     |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Специальные разделы физики (квантовая физика)             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Физические основы электроники                             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Уравнения математической физики                           |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Электроника   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Вычислительная техника и информационные технологии        |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Электромагнитные поля и волны                             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Цифровая обработка сигналов                               |  |   |   |   |   |   |   |   |

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |  |  | Оценочные средства            |   |
|---|---|--|--|--|-------------------------------|---|
|   |   |  |  |  | Текущего контроля             | Промежуточной аттестации                  |
| ПКС-12. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно. | ИПКС-12.1 Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере. | <b>Знать:</b><br>- физические основы явлений и объектов квантовой физики;<br>- математический аппарат, используемый для описания процессов и явлений в квантовой физике. | <b>Уметь:</b><br>- создавать математические модели и компьютерные программы для расчёта устройств квантовой электроники. | <b>Владеть:</b><br>- представлением о типах, характеристиках и сферах применения квантовых приборов;<br>- навыками программирования на одном из доступных языков;<br>- навыками работы с системами автоматизированного проектирования. | Результаты контрольных работ. | Вопросы для устного собеседования: билеты |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. или 108 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость в час |                     |
|--|--------------------|---------------------|
|  | Всего час.         | В т.ч. по семестрам |
|  |                    | 4 сем               |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>  | очная              |                     |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану   | <b>108</b>         | <b>108</b>          |
| <b>1. Контактная работа:</b>   | <b>57</b>          | <b>57</b>           |
| <b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>   | <b>51</b>          | <b>51</b>           |
| занятия лекционного типа (Л)   | 34                 | 34                  |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)   | 17                 | 17                  |
| лабораторные работы (ЛР)   | -                  | -                   |
| <b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>  | <b>6</b>           | <b>6</b>            |
| курсовая работа (КР) (консультация, защита)  | -                  | -                   |
| текущий контроль, консультации по дисциплине   | 6                  | 6                   |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)  |                    |                     |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>   | <b>24</b>          | <b>24</b>           |
| курсовая работа (КР) (подготовка)  |                    |                     |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям) | 24                 | 24                  |
| Подготовка к экзамену (контроль)   | <b>27</b>          | <b>27</b>           |

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|--|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|---|
|  |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                       |  |   |
|  |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                       |  |   |
| 4 СЕМЕСТР  |  |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
| ПКС-12<br>ИПКС-12.1  | Раздел 1. Элементы квантовой механики  |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
|  | Тема 1.1. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее статистический смысл.               | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Тема 1.2. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме.   | 4,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Практическое занятие 1. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее статистический смысл. |                     |                          | 2,0                       |   | Подготовка к ПЗ [6.1.3], [6.2.2]      | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».                               |   |
|  | Тема 1.3. Прохождение элементарной частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.                      | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Тема 1.4. Контактная разность потенциалов. Автоэлектронная   | 1,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям                  | Презентации с использованием различных вспомога-   |   |



| Планируемые контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|--|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|---|
|  |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                       |  |   |
|  |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                       |  |   |
|  | эмиссия.  |                     |                          |                           |   | [6.1.1], [6.1.4]                      | тельных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.  |   |
|  | Тема 1.5. Квантово-механический гармонический осциллятор.   | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Практическое занятие 2. Уравнение Шредингера. Частица в потенциальной яме. Прохождение элементарной частицы через потенциальный барьер. |                     |                          | 2,5                       |   | Подготовка к ПЗ [6.1.3], [6.2.2]      | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».                               |   |
|  | Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:   |                     |                          |                           | 6,0   |                                       |  |   |
|  | контрольная работа  |                     |                          | 0,5                       |   |                                       |  |   |
|  | Итого по 1 разделу  | 11,0                |                          | 5,0                       | 6,0   |                                       |  |   |
|  | Раздел 2. Элементы современной физики атомов и молекул.   |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
| ПКС-12<br>ИПКС-12.1  | Тема 2.1. Теория атома водорода по Бору.  | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Тема 2.2. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа.  | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Практическое занятие 3. Теория атома водорода по Бору.  |                     |                          | 3,0                       |   | Подготовка к ПЗ                       | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных   |   |

| Планируемые контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|--|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|---|
|  |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                       |  |   |
|  |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                       |  |   |
|  |   |                     |                          |                           |   | [6.1.3], [6.2.2]                      | студентом у доски); «мозговой штурм».  |   |
|  | Тема 2.3. Спин электрона. Принцип Паули.  | 1,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Тема 2.4. Понятие об энергетических уровнях атомов и молекул. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс. | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Тема 2.5. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовые генераторы.   | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|  | Практическое занятие 4. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа.                                      |                     |                          | 2,5                       |   | Подготовка к ПЗ [6.1.3], [6.2.2]      | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».                               |   |
|  | Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:   |                     |                          |                           | 6,0   |                                       |  |   |
|  | контрольная работа  |                     |                          | 0,5                       |   |                                       |  |   |
|  | Итого по 2 разделу  | 9,0                 |                          | 6,0                       | 6,0   |                                       |  |   |
|  | Раздел 3. Элементы квантовой статистики   |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
| ПКС-12<br>ИПКС-12.1  | Тема 3.1. Фазовое пространство. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Квантовая статистика Ферми-Дирака.           | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |

| Планируемые контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций                          | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                          |                           |   | Вид СРС                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)  |
|---|--|--|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|--|
|   |  | Контактная работа  |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                       |  |  |
|   |  | Лекции, час  | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                       |  |  |
|   | Тема 3.2. Квантовая теория теплоёмкости. Фононы.   | 1,0  |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |  |
|   | Тема 3.3. Выводы квантовой теории электропроводности металлов. Явление сверхпроводимости.                | 1,0  |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |  |
|   | Практическое занятие 5. Состав и характеристика атомного ядра, масса и энергия связи ядра. Ядерные силы. |  |                          | 2,5                       |   | Подготовка к ПЗ [6.3.2], [6.3.3]      | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».                               |  |
|   | Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:  |  |                          |                           | 4,0   |                                       |  |  |
|   | контрольная работа   |  |                          | 0,5                       |   |                                       |  |  |
|   | Итого по 3 разделу   | 4,0  |                          | 3,0                       | 4,0   |                                       |  |  |
|   | Раздел 4. Элементы физики твёрдого тела  |  |                          |                           |   |                                       |  |  |
|   | ПКС-12<br>ИПКС-12.1  | Тема 4.1. Зонная теория твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники согласно зонной теории. | 2,0                      |                           |   |                                       | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4]  | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |
| Тема 4.2. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контакт «металл-полупроводник». Р-п-переход и его применение. |  | 2,0  |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |  |
| Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:   |  |  |                          |                           | 4,0   |                                       |  |  |

| Планируемые контролируемые результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                               | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий  | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|---|
|   |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа студентов (СРС), час |                                       |  |   |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                       |  |   |
|   |  |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
|   | контрольная работа   |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
|   | Итого по 4 разделу   | 4,0                 |                          |                           | 4,0   |                                       |  |   |
| ПКС-12<br>ИПКС-12.1   | Раздел 5. Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц                                |                     |                          |                           |   |                                       |  |   |
|   | Тема 5.1. Состав и характеристика атомного ядра, масса и энергия связи ядра. Ядерные силы.   | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.5] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|   | Тема 5.2. Радиоактивность. Ядерные реакции.  | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.5] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|   | Тема 5.3. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Систематика элементарных частиц. | 2,0                 |                          |                           |   | Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.5] | Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. |   |
|   | Практическое занятие 6. Радиоактивность. Ядерные реакции.                                    |                     |                          | 2,5                       |   | Подготовка к ПЗ [6.1.3], [6.2.2]      | Дискуссия (обсуждение решения задач, выполненных студентом у доски); «мозговой штурм».                               |   |
|   | Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:  |                     |                          |                           | 4,0   |                                       |  |   |
|   | контрольная работа   |                     |                          | 0,5                       |   |                                       |  |   |
|   | Итого по 5 разделу   | 6,0                 |                          | 3,0                       | 4,0   |                                       |  |   |
|   |  | ИТОГО ЗА 4 СЕМЕСТР  | 34,0                     |                           | 17,0  | 24,0                                  |  |   |
|   | ИТОГО по дисциплине  | 34,0                |                          | 17,0                      | 24,0  |                                       |  |   |

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 4 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

| Шкала оценивания | Контрольная неделя  | Зачет   |
|------------------|---------------------|---------|
| $40 < R \leq 50$ | Отлично             | зачет   |
| $30 < R \leq 40$ | Хорошо              |         |
| $20 < R \leq 30$ | Удовлетворительно   |         |
| $0 < R \leq 20$  | Неудовлетворительно | незачет |

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Критерии оценивания результатов обучения   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|
|   |   | Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от тах рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от тах рейтинговой оценки<br>контроля  | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от тах рейтинговой<br>оценки контроля   | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от тах рейтинговой<br>оценки контроля   |
| ПКС-12. Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создавать компьютерные программы с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно. | ИПКС-12.1 Разрабатывает физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере. | Не знает физические основы явлений и объектов квантовой физики и математический аппарат, используемый для описания процессов и явлений в квантовой физике. | Может сформулировать основные законы квантовой физики, допуская ошибки. Слабо знаком с математическим аппаратом, используемым для описания процессов и явлений в квантовой физике. | Может сформулировать основные законы квантовой физики, допуская небольшие неточности. Знаком с математическим аппаратом, используемым для описания процессов и явлений в квантовой физике. | Твёрдо знает физические основы явлений и объектов квантовой физики и математический аппарат, используемый для описания процессов и явлений в квантовой физике. |

Таблица 7 – Критерии оценивания

| Оценка   | Критерии оценивания  |
|--|--|
| Высокий уровень<br>«5»<br>(отлично)              | оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень<br>«4»<br>(хорошо)               | оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.  |
| Пороговый уровень<br>«3» (удовлетворительно)     | оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень<br>«2» (неудовлетворительно) | оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.   |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

- 6.1.1. Савельев, И.В. Курс физики, Т.3/ И.В. Савельев.- СПб.: Лань 2006 и предыдущие издания.
- 6.1.2. Трофимова, Т.И. Курс физики/ Т.И. Трофимова.- М.: Академия, 2006, 2007, 2008.
- 6.1.3. Иродов, И.Е. Задачи по общей Физике/ И.Е. Иродов.- М.: СПб.: Лаб. базовых знаний, 2006 и предыдущие издания.
- 6.1.4. Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы/ И.Е. Иродов.- М.: БИНОМ. Лаб. Знаний, 2007.
- 6.1.5. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Т. 5. Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин.- М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2002.

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

- 6.2.1. Детлаф, А.А. Курс физики/А.А. Детлаф, Б.М. Яворский.- М.:Высш. Школа, 2002.
- 6.2.2. Чертов, А.Г. Задачник по физике/ А.Г. Чертов, А.А. Воробьев.- М.: Физматлит, 2003.
- 6.2.3. Н. Г. Птицина, Н.Г. Сборник вопросов и задач по общей физике/ Н.Г. Птицина и др. Под ред.Е.М.Гершензона.- М. : Академия, 2002.

### 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Специальные разделы физики (квантовая физика)» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Специальные разделы физики (квантовая физика)».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Специальные разделы физики (квантовая физика)».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплина «Специальные разделы физики (квантовая физика)».

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС                            |
|---|----------------------|---|
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |
| 3 | Юрайт                | <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>         |



В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)                  |
|---|---|---|
| 1 | 2   | 3   |
| 1 | База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ                           | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a> |
| 2 | Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем     | <a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>                           |

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
| 1 | ЭБС «Консультант студента»   | озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2 | ЭБС «Лань»   | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3 | ЭБС «Юрайт»  | версия для слабовидящих   |

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Специальные разделы физики (квантовая физика)», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

## **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- экзамен.

### 11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации

#### 11.1.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании четвёртого семестра

1. Элементарная модель атома по Бору.
2. Гипотеза де Бройля. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма элементарных частиц.
3. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
4. Волновая функция и её статистический смысл.
5. Уравнение Шредингера. Квантование энергии.
6. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме
7. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме конечной глубины.
8. Частица в сферически симметричной потенциальной яме конечной глубины.
9. Квантово-механический гармонический осциллятор
10. Прохождение частицы через потенциальный барьер в виде ступени.
11. Прохождение частицы через потенциальный барьер конечной ширины.
12. Туннельный эффект.
13. Образование контактной разности потенциалов.
14. Автоэлектронная эмиссия электронов из металлов.
15. Квантование водородоподобного атома (сферически симметричное состояние).
16. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа.
17. Спин электрона. Мультиплетность спектров.
18. Принцип Паули. Периодическая система химических элементов Менделеева.
19. Ширина спектральных линий.
20. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс.
21. Спонтанные и вынужденные переходы.
22. Квантовые генераторы.
23. Элементы квантовой статистики.
24. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна.
25. Квантовая статистика Ферми-Дирака.
26. Квантовая теория теплоёмкости. Фононы.
27. Вырожденный электронный газ в металлах.
28. Квантовая теория электропроводности.
29. Явление сверхпроводимости. Эффект Джозефсона.
30. Зонная теория твердых тел. Металлы, диэлектрики и полупроводники согласно зонной теории.
31. Собственная проводимость полупроводников.
32. Примесная проводимость полупроводников.
33. Выпрямление на контакте «металл-полупроводник».
34. P-n переход и его применение.
35. Состав и характеристика атомного ядра.
36. Масса и энергия связи ядра.
37. Ядерные силы.
38. Радиоактивность.

- 39. Ядерные реакции.
- 40. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц.
- 41. Систематика элементарных частиц.

## 11.2. Типовые задания для текущего контроля

### 11.2.1. Типовые задания для текущего контроля в 4 семестре

1. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной  $l$  и бесконечно высокими стенками находится в возбуждённом состоянии ( $n = 3$ ). Определить вероятность обнаружения частицы в средней трети ямы.
2. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной  $l$  и бесконечно высокими стенками находится в возбуждённом состоянии ( $n = 3$ ). Определить в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна.
3. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной  $l$  и бесконечно высокими стенками находится в возбуждённом состоянии ( $n = 3$ ). Определить в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна.
4. Определить во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшилось в 4 раза.
5. Во сколько раз меньше нейтронов содержит ядро атома азота с массовым и зарядовым числами 14 и 7, чем ядро цинка с массовым и зарядовым числами 65 и 30?
6. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если  $5/8$  начального количества ядер этого изотопа распалась за время  $t = 849$  с.
7. Имеется 4 г радиоактивного изотопа кобальта. Сколько граммов кобальта распадется за 216 сут, если его период полураспада 72 сут?
8. В ядро атома азота  $N-14$  попадает альфа-частица и остается в нем. При этом образуется ядро некоторого элемента и испускается протон. Каков порядковый номер этого элемента в периодической системе элементов Менделеева?
9. Мощность атомной станции 100 МВт. Расход ядерного горючего  $U-235$  в течение суток составляет 250 г. При делении одного ядра урана выделяется 200 МэВ энергии. Найти КПД этой станции.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИЯЭиТФ

\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
Б1.В.ОД.3 Специальные разделы физики (квантовая физика)**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 2

Семестр 4 \_\_\_\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

Разработчик (и): Бирюков В.В., д.т.н., доцент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.