

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Таганрогского института  
имени А. П. Чехова (филиала)  
РГЭУ (РИНХ)  
\_\_\_\_\_ С. А. Петрушенко  
«20» мая 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Квантовая физика**

Направление подготовки  
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) программы бакалавриата  
44.03.05.24 Математика и Физика

Для набора 2025 года

Квалификация  
Бакалавр

**КАФЕДРА математики и физики****Распределение часов дисциплины по семестрам / курсам**

| Курс<br>Вид занятий | 4   |     | Итого |     |
|---------------------|-----|-----|-------|-----|
|                     | уп  | рп  |       |     |
| Лекции              | 6   | 6   | 6     | 6   |
| Лабораторные        | 4   | 4   | 4     | 4   |
| Практические        | 8   | 8   | 8     | 8   |
| Итого ауд.          | 18  | 18  | 18    | 18  |
| Контактная работа   | 18  | 18  | 18    | 18  |
| Сам. работа         | 153 | 153 | 153   | 153 |
| Часы на контроль    | 9   | 9   | 9     | 9   |
| Итого               | 180 | 180 | 180   | 180 |

**ОСНОВАНИЕ**

Учебный план утвержден учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 9.

Программу составил(и): канд. физ.-мат.наук, Доц., Киричек В.А.

Зав. кафедрой: Фирсова С.А.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | Целями освоения учебной дисциплины квантовая физика являются формирование личности будущего учителя физики, подготовка бакалавров к преподаванию физики в современной школе, овладение научными методами познания; выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них познавательной потребности |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|          |                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКО-1:   | Способен осуществлять профессиональную деятельность с использованием возможностей цифровой образовательной среды образовательной организации и открытого информационно-образовательного пространства                           |
| ПКО-1.1: | Владеет средствами ИКТ для использования цифровых сервисов и разработки электронных образовательных ресурсов                                                                                                                   |
| ПКО-1.2: | Осуществляет планирование, организацию, контроль и корректировку образовательного процесса с использованием цифровой образовательной среды образовательной организации и открытого информационно-образовательного пространства |
| ПКО-1.3: | Использует ресурсы международных и национальных платформ открытого образования в профессиональной деятельности учителя основного общего и среднего общего образования                                                          |
| ПКО-3:   | Способен реализовывать основные общеобразовательные программы различных уровней и направленности с использованием современных образовательных технологий в соответствии с актуальной нормативной базой                         |
| ПКО-3.1: | Осуществляет обучение учебному предмету на основе использования предметных методик и современных образовательных технологий                                                                                                    |
| ПКО-3.2: | Осуществляет педагогическую поддержку и сопровождение обучающихся в процессе достижения метапредметных, предметных и личностных результатов                                                                                    |
| ПКО-3.3: | Применяет предметные знания при реализации образовательного процесса                                                                                                                                                           |
| ПКО-3.4: | Организует деятельность обучающихся, направленную на развитие интереса к учебному предмету в рамках урочной и внеурочной деятельности                                                                                          |
| ПКО-3.5: | Участвует в проектировании предметной среды образовательной программы                                                                                                                                                          |

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### Знать:

основные понятия, законы квантовой физики, место квантовой механики в общей системе наук и современное состояние её развития, методы теоретического анализа результатов наблюдений и экспериментов, приемы компьютерного моделирования в рамках квантовой физики

#### Уметь:

применять основные законы квантовой механики, анализировать роль основных исторических этапов развития квантовой физики, их вклад в современную науку, анализировать результаты наблюдений и экспериментов, приемы компьютерного моделирования в рамках квантовой физики

#### Владеть:

навыками применения основных законов квантовой механики, навыками анализа концептуальных и теоретических основ квантовой физики, системой знаний о фундаментальных физических законах и теориях в рамках квантовой физики, навыками постановки и проведения эксперимента, нормами техники безопасности в рамках квантовой физики

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Раздел 1. Модуль 1

| №   | Наименование темы, краткое содержание                                                                                                               | Вид занятия / работы / форма ПА | Семестр / Курс | Количество часов | Компетенции                                                                                            |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | 1. Тепловое излучение.<br>Классическое описание излучения абсолютно черного тела.<br>Функция Кирхгофа. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана | Лекционные занятия              | 4              | 6                | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |

|     |                                                                                              |                        |   |    |                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.2 | 2. Тепловое излучение.<br>Формула Рэлея-Джинса.<br>Формула Планка.                           | Самостоятельная работа | 4 | 4  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.3 | Квантовые свойства излучения                                                                 | Практические занятия   | 4 | 4  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.4 | Экспериментальная проверка закона Стефана-Больцмана                                          | Лабораторные занятия   | 4 | 4  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.5 | Экспериментальные основы теплового излучения: разбор теоретического материала, решение задач | Самостоятельная работа | 4 | 28 | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.6 | 3. Внешний фотоэффект.<br>Явление фотоэффекта.<br>Законы Столетова.<br>Уравнение Эйнштейна   | Самостоятельная работа | 4 | 4  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.7 | 4. Внутренний фотоэффект.<br>История открытия. Основные характеристики.                      | Самостоятельная работа | 4 | 2  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.8 | Внешний и внутренний фотоэффект                                                              | Практические занятия   | 4 | 2  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 1.9 | Изучение вентильного фотоэффекта. Опыты Гальвакса, опыты Столетова.                          | Самостоятельная работа | 4 | 8  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4                                             |

|                           |                                                                                                              |                                        |                       |                         | ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3                                                               |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Модуль 2</b> |                                                                                                              |                                        |                       |                         |                                                                                                        |
| <b>№</b>                  | <b>Наименование темы, краткое содержание</b>                                                                 | <b>Вид занятия / работы / форма ПА</b> | <b>Семестр / Курс</b> | <b>Количество часов</b> | <b>Компетенции</b>                                                                                     |
| 2.1                       | Давление света                                                                                               | Практические занятия                   | 4                     | 2                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.2                       | Изучение давления света. Опыты Лебедева.                                                                     | Самостоятельная работа                 | 4                     | 8                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.3                       | Основные понятия квантовой физики.<br>(Разбор теоретического материала, решение задач)                       | Самостоятельная работа                 | 4                     | 24                      | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.4                       | 5. Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона                                                        | Самостоятельная работа                 | 4                     | 6                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.5                       | 6. Опыты Резерфорда по рассеиванию альфа-частиц.<br>Вывод формулы Резерфорда.                                | Самостоятельная работа                 | 4                     | 6                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.6                       | 7. Постулаты Бора.<br>Водородоподобные атомы. Доказательство постулатов Бора.                                | Самостоятельная работа                 | 4                     | 4                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.7                       | 8. Волны де Бройля.<br>Статистическое толкование волн де Бройля и соотношение неопределенностей Гейзенберга. | Самостоятельная работа                 | 4                     | 6                       | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4                                             |

|      |                                                                              |                        |   |    |                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                              |                        |   |    | ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3                                                               |
| 2.8  | Решение задач на формулу Резерфорда                                          | Самостоятельная работа | 4 | 4  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.9  | Подготовка к промежуточной аттестации                                        | Экзамен                | 4 | 9  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.10 | Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона.                          | Самостоятельная работа | 4 | 10 | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.11 | Волны де Бройля.                                                             | Самостоятельная работа | 4 | 5  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.12 | Изучение теоретического и практического материала при подготовке к экзамену. | Самостоятельная работа | 4 | 26 | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |
| 2.13 | Подготовка и изучение теоретического материала к лабораторным работам        | Самостоятельная работа | 4 | 8  | ПКО-1<br>ПКО-3<br>ПКО-3.1<br>ПКО-3.2<br>ПКО-3.3<br>ПКО-3.4<br>ПКО-3.5<br>ПКО-1.1<br>ПКО-1.2<br>ПКО-1.3 |

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Структура и содержание фонда оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Учебные, научные и методические издания

|   | Авторы,<br>составители | Заглавие                                                                                | Издательство, год                                                                     | Библиотека /<br>Количество                                                                                                  |
|---|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Иродов                 | Задачи по квантовой физике                                                              | М.: БИНОМ. Лаб. знаний: Физматлит, 2002                                               |                                                                                                                             |
| 2 | Сивухин                | Оптика: учеб. пособие                                                                   | М.: Физматлит, 2005                                                                   |                                                                                                                             |
| 3 | Сивухин Д. В.          | Общий курс физики: учебное пособие                                                      | Москва: Физматлит, 2009                                                               | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82998">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=82998</a>   |
| 4 | Шпольский Э. В.        | Атомная физика                                                                          | Москва Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949 | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=213904">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=213904</a> |
| 5 |                        | Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки: журнал        | Пенза: Пензенский государственный университет, 2013                                   | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=237428">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=237428</a> |
| 6 | Сивухин Д. В.          | Общий курс физики: учебное пособие                                                      | Москва: Физматлит, 2014                                                               | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275610">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275610</a> |
| 7 | Шпольский Э. В.        | Атомная физика: монография                                                              | Москва: Наука, 1974                                                                   | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499394">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=499394</a> |
| 8 |                        | Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки: журнал | Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2020                                   | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=595904">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=595904</a> |

#### 5.1. Учебные, научные и методические издания

|   | Авторы,<br>составители | Заглавие                                             | Издательство, год | Библиотека /<br>Количество                                                                                                  |
|---|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Гейзенберг В.          | Введение в единую полевою теорию элементарных частиц | Москва: Мир, 1968 | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483268">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=483268</a> |

#### 5.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Естествознание - справочник естественных наук: Астрономия, Химия, Биология, Физика, Науки о Земле  
<http://naturalscience.ru/>

#### 5.3. Перечень программного обеспечения

OpenOffice

#### 5.4. Учебно-методические материалы для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости по заявлению обучающегося с ограниченными возможностями здоровья учебно-методические материалы предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям здоровья и восприятия информации. Для лиц с нарушениями зрения: в форме аудиофайла; в печатной форме увеличенным шрифтом. Для лиц с нарушениями слуха: в форме электронного документа; в печатной форме. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в форме электронного документа; в печатной форме.

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Помещения для всех видов работ, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения:

- столы, стулья;
- персональный компьютер / ноутбук (переносной);
- проектор;
- экран / интерактивная доска.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, рабочие места в которых оборудованы необходимыми лицензионными и/или свободно распространяемыми программными средствами и выходом в Интернет, и/или в специализированных лабораториях, предусмотренных образовательной программой.

### 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

# 1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

## 2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций:

| ЗУН,<br>составляющие<br>компетенцию                                                                                                                                                                                                                                        | Показатели<br>оценивания                                                                                                                      | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                           | Средства<br>оценивания                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| ПКО – 1 : способен осуществлять профессиональную деятельность с использованием возможностей цифровой образовательной среды образовательной организации и открытого информационно-образовательного пространства                                                             |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |
| З место квантовой физики в общей системе наук и современное состояние её развития<br>У анализировать роль основных исторических этапов развития квантовой физики, их вклад в современную науку<br>В навыками анализа концептуальных и теоретических основ квантовой физики | поиск и сбор необходимой литературы, использование современных информационно-коммуникационных технологий и глобальных информационных ресурсов | полнота и содержательность ответа; умение приводить примеры; умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям; соответствие представленной в ответах информации материалам лекции и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет | тест, опрос, защита интеллект-карты              |
| ПКО-3: Способен реализовывать основные общеобразовательные программы различных уровней и направленности с использованием современных образовательных технологий в соответствии с актуальной нормативной базой                                                              |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |
| З основные законы квантовой физики<br>У корректно проецировать представления и результаты квантовой физики, применять полученные знания на практике<br>В системой знаний о                                                                                                 | поиск и сбор необходимой литературы, использование современных информационно-коммуникационных технологий и глобальных информационных          | полнота и содержательность ответа; умение приводить примеры; умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям; соответствие представленной в ответах информации материалам лекции и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет | тест, опрос, защита интеллект-карты, лаб. работы |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| фундаментальных физических законах и теориях в рамках квантовой физики                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ресурсов                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |
| 3 методы теоретического анализа результатов наблюдений и экспериментов, приемами компьютерного моделирования<br>У анализировать результаты наблюдений и экспериментов, приемами компьютерного моделирования в рамках квантовой физики<br>В методами теоретического анализа результатов наблюдений и экспериментов, приемами компьютерного моделирования | поиск и сбор необходимой литературы, использование современных информационно-коммуникационных технологий и глобальных информационных ресурсов | полнота и содержательность ответа; умение приводить примеры; умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям; соответствие представленной в ответах информации материалам лекции и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет | тест, опрос, защита интеллект-карты, лаб. работы |

### Шкалы оценивания:

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация осуществляется в рамках накопительной системы в 100-балльной шкале:

- Форма контроля – экзамен
- 84-100 баллов (оценка «отлично»)
- 67-83 баллов (оценка «хорошо»)
- 50-66 баллов (оценка «удовлетворительно»)
- 0-49 баллов (оценка «неудовлетворительно»)

## 2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### Вопросы к экзамену

1. Тепловое излучение. Проблема теплового излучения.
2. Корпускулярное и волновое описание микрообъекта. Нестационарное уравнение Шредингера для свободного микрообъекта.

1. Классическое описание излучения абсолютно черного тела Рэлеем.
2. Корпускулярное и волновое описание микрообъектов. Нестационарное уравнение Шредингера для микрообъекта в силовом поле.

1. Классическое описание излучения абсолютно черного тела Вином.
2. Описание движения микрообъекта стоячей волной. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния.

1. Классическое описание излучения абсолютно черного тела Джинсом
2. Волновая функция. Интерпретация волновой функции и нормировка.

1. Квантовое описание излучения абсолютно черного тела Планком. Формула Планка.
2. Необходимость введения операторов в квантовой физике. Операторы. Собственные функции и собственные значения.

1. Квантовое описание излучения абсолютно черного тела Планком. Обоснование формулы Планка.
2. Самосопряженные эрмитовы операторы и необходимость их введения в квантовой физике.
1. Поглощение и усиление электромагнитного излучения веществом.
2. Частица в потенциальной "яме" полубесконечной глубины. Случай  $E > U_0$ . Расчет  $E$ .

1. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотоэффект.
2. Частица в потенциальной "яме" полубесконечной глубины. Случай  $E < U_0$ . Расчет  $E$ .
1. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Эффект Комптона.
2. Плотность вероятности для частицы в потенциальной "яме" полубесконечной глубины. Случай  $E < U_0$ .

1. Экспериментальные обоснования структуры атомов. Модели атома Томсона и Резерфорда.
2. Частицы в потенциальной "яме" бесконечной глубины

1. Проблема устойчивости атома а в модели атома Резерфорда.
2. Прохождение частицы через потенциальный барьер.

1. Спектры излучения атома водорода.
2. Физические явления, связанные с туннельным эффектом.

1. Постулаты Бора и их обоснование.
2. Линейный гармонический осциллятор. Постановка задачи. Асимптотическое решение.

1. Теория Бора и ее сравнение с экспериментом.
2. Линейный гармонический осциллятор. Решение задачи для волновой функции в виде степенного ряда. Квантование энергии.

1. Корпускулярно-волновой дуализм микрообъектов. Волны де Бройля. Опыты Девиссона и Джермера.
2. Движение частицы в центральном поле. Постановка задачи.

1. Статистическое толкование волн де Бройля, дифракция микрообъектов от одной щели, соотношение неопределенностей.

## 2. Момент импульса в квантовой механике.

### Тесты письменные

по дисциплине «Квантовая механика»

#### 1. Банк тестов по темам

Экспериментальные основы квантовой механики. Основные понятия квантовой механики. Уравнение Шредингера. Общие свойства одномерного движения. Движение в центрально-симметричных полях. Спин электрона. Молекула водорода. Границы применимости квантовой механики.

#### 1. Фотоэффект – это явление выбивания из металла под действием света

а) электронов б) протонов в) нейтронов г) фотонов.

#### 2. Эффект Комптона – это явление

- а) увеличения длины волны в отраженном свете
- б) уменьшение длины волны в отраженном свете
- в) увеличения частоты в отраженном свете
- г) уменьшение частоты в отраженном свете

#### 3. При дифракции света на двух близко расположенных щелях ( $d$ -расстояние между щелями, $\varphi$ - угол отклонения, $\lambda$ - длина волны)

I  $d \sin \varphi = n\lambda$  -а) условие максимума

б) условие минимума;

II  $d \sin \varphi = (n + \frac{1}{2})\lambda$  - а) условие максимума

б) условие минимума;

#### III дифракционные максимумы по освещенности

- а) почти одинаковые
- б) уменьшаются по мере удаления от щелей
- в) уменьшаются по мере удаления от щелей

#### 4. Абсолютно черное тело – это тело, которое

- а) полностью отражает всю падающую энергию излучения

- б) частично отражает, частично поглощает
- в) полностью поглощает падающую энергию излучения

**5. Волна де Бройля – это**

- а) электромагнитная волна
- б) звуковая волна
- в) волна вероятности нахождения микрообъекта в некоторой области пространства

**6. Неравенство Гейзенберга имеет вид:**

- а)  $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$
- б)  $\Delta x \Delta p_x \leq \frac{\hbar}{2}$
- в)  $\Delta y \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$
- г)  $\Delta x \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2}$

**7. Неопределенность динамических переменных в квантовой механике есть**

- а) следствие ошибки измерительного прибора
- б) следствие учета волновых свойств микрообъектов
- в) следствие взаимодействия измерительного микрообъекта и измерительного макроприбора

**8. Уравнение Шредингера есть**

- а) результат обобщения экспериментальных данных
- б) чисто теоретический результат
- в) результат только экспериментальных исследований

**9. Волновая функция**

- а) не имеет физического смысла
- б) имеет физический смысл
- в) квадрат волновой функции имеет физический смысл
- г) произведение волновой функции на комплексно сопряженную ей имеет физический смысл

**10. Волновая функция**

- а) действительная функция действительного переменного
- б) мнимая функция действительного переменного
- в) комплексная функция действительного переменного
- г) действительная или комплексная функция действительного переменного

**11. При движении микрообъекта в потенциальной прямоугольной «яме» полубесконечной глубины полная энергия микрообъекта**

- а) не квантуется
- б) принимает только дискретные значения
- в) имеет как непрерывный, так и дискретный спектры значений

**12. При взаимодействии микрообъекта энергии  $E$  с прямоугольным потенциальным барьером высоты  $U_0$   $E < U_0$  При этом**

- а) отражается от потенциального барьера
- б) микрообъект частично отражается, частично проникает в барьер
- в) микрообъект проникает в барьер
- г) микрообъект проходит без изменения движения.

**13. Центральнo-симметричным полем называется поле, потенциальная энергия которого определяется видом:**

- а)  $U(x)$
- б)  $U(x, y)$
- в)  $U(r, \theta, \varphi)$
- г)  $U(r)$ ,

где  $x, y, z$  – декартовы,  $r, \theta, \varphi$  – сферические координаты.

**14. Движение электрона в поле ядра атома водорода характеризуется**

- а) одним квантовым числом
- б) двумя квантовыми числами
- в) тремя квантовыми числами
- г) четырьмя квантовыми числами

**15. При движении микрообъект в центрально-симметричном поле главное квантовое число характеризует**

- а) полную энергию микрообъекта
- б) орбитальный момент импульса
- в) проекцию момента импульса на ось
- г) спин

**16. При движении электрона в атоме водорода его полная энергия может быть**

- а) как положительной, так и отрицательной
- б) только положительной
- в) только отрицательной
- г) нулевой

#### Вариант II

**1. Явление выбивания электронов под действием света называется**

- а) люминесценцией
- б) фотоэффектом
- в) эффектом Комптона
- г) эффектом Вавилова-Черенкова

**2. Увеличение длины волны света при отражении от вещества называется**

- а) фотоэффектом
- б) эффектом Комптона
- в) эффектом Вавилова-Черенкова
- г) люминесценцией

**3. При дифракции света от одной щели ( $d$ -расстояние между щелями,  $\varphi$  - угол отклонения,  $\lambda$  - длина волны)**

**I**  $d \sin \varphi = n\lambda$  - а) условие максимума

б) условие минимума;

**II**  $d \sin \varphi = (n + \frac{1}{2})\lambda$  - а) условие максимума

б) условие минимума;

**III дифракционные максимумы по освещенности**

а) почти одинаковые

б) уменьшаются по мере удаления от щелей

в) уменьшаются по мере удаления от щелей

**4. Тело, которое поглощает все падающие на него лучи света, называется**

а) абсолютно белым

б) серым

в) абсолютно черным

г) зеркальным

**5. Волна вероятности нахождения микрообъекта в некоторой области пространства называется**

а) гравитационной волной

б) электромагнитной волной

в) волной де Бройля

г) звуковой волной

**6.  $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$  есть неравенство**

а) Гейзенберга

б) Шредингера

в) Ландау

г) Борна

**7. Учет волновых свойств микрообъектов приводит к неопределенности**

а) физических величин, характеризующих движение микрообъектов

б) динамических переменных

в) массы

г) заряда

**8. Основным уравнением нерелятивистской квантовой механики как обобщением экспериментальных данных является уравнение**

- а) Эйнштейна
- б) Дирака
- в) Шредингера
- г) Клейна-Гордона

**9. Произведение волновой функции на комплексно-сопряженную есть**

- а) массовая плотность
- б) плотность вероятности
- в) плотность энергии
- г) плотность тока

**10. Волновая функция, характеризующая движение микрообъекта может быть**

- а) только действительной
- б) только мнимой
- в) и действительной, и мнимой
- г) и действительной, и комплексной

**11. При движении микрообъекта в потенциальной прямоугольной “яме” бесконечной глубины полная энергия**

- а) имеет непрерывный спектр значений
- б) принимает только дискретные значения
- в) имеет смешанный спектр значений (непрерывный и дискретный)

**12. При взаимодействии микрообъекта энергии  $E$  с прямоугольным потенциальным барьером высоты  $U_0$  ( $E > U_0$ )**

- а) микрообъект отражается
- б) микрообъект частично отражается, частично проникает в барьер
- в) микрообъект проникает сквозь барьер
- г) микрообъект проходит без изменения движения

**13. Потенциальное поле задано в виде формул**

- а)  $U(y)$
- б)  $U(z,y)$
- в)  $U(x,y,z)$
- г)  $U(r, \varphi)$

д)  $U(r)$

где  $x, y, z$  – декартовы,  $r, \theta, \varphi$  – сферические координаты.

Какое из этих полей центрально-симметричное ?

**14. При движении микрообъекта в центрально-симметричном поле задана его полная энергия. Каким квантовым числом характеризуется эта динамическая переменная?**

- а) главным квантовым числом
- б) орбитальным квантовым числом
- в) магнитным квантовым числом
- г) спиновым квантовым числом

**15. При движении электрона в поле ядра атома водорода орбитальное квантовое число характеризует**

- а) полную энергию электрона
- б) орбитальным момент импульса
- в) проекцию момента импульса на ось
- г) спин электрона

**16. При движении электрона в атоме водорода его орбитальный момент импульса может быть**

- а) только положительным
- б) только отрицательным
- в) как положительным, так и отрицательным
- г) нулевым

## **2. Инструкция по выполнению**

Обвести кружок верные ответы либо дать письменные ответы на вопросы в бланке теста.

### **Инструкция по выполнению**

Обвести кружок верные ответы либо дать письменные ответы на вопросы в бланке теста.

**Критерии оценивания** Максимальное количество баллов по тесту – 16. За каждый правильный ответ – 2 балла.

## Опрос

Опрос во время занятий. Ответы на вопросы преподавателя, правильная самостоятельная постановка вопросов, решение задач у доски

### Примеры вопросов для опроса

1. Каким образом М. Планку удалось получить согласующийся с экспериментом закон распределения энергии равновесного электромагнитного поля по частотам излучения абсолютно черного тела?
2. В чем состоит простейшая теория фотоэффекта А. Эйнштейна?
3. Расскажите об основных положениях теории атома водорода по Н. Бору.
4. В чем сущность оптико-механической аналогии? Сформулируйте постулат де Бройля и расскажите об опытах по дифракции электронов.
5. Как можно получить уравнение Шредингера? В чем смысл волновой функции по М. Борну?
6. Назовите операторы квантовой механики и укажите их основные свойства.
7. Уравнение собственных значений. Ортонормированность волновых функций. Что такое полная система волновых функций?
8. Напишите уравнение Якоби и сделайте предельный переход от уравнения Шредингера к уравнению Якоби при  $\hbar \rightarrow 0$ .
9. Уравнение непрерывности в квантовой теории. Вектор плотности потока материи.
10. Уравнение Шредингера в одномерном случае. Потенциальная яма с бесконечной высотой стенок.
11. Туннельный эффект и его проявления.
12. Что такое спин электрона? Какие изменения он вносит в уравнение энергии?
13. Принцип неразличимости одинаковых частиц и его математическое выражения.
14. Принцип Паули. Значение этого принципа для понимания структуры электронных оболочек атома.
15. Что такое эффективное сечение столкновений микрочастиц? Какими бывают столкновения?
16. Расскажите о принципах квантования электромагнитного поля.

### Критерии оценивания Максимальное количество баллов по опросу– 25.

25 баллов - студент активно участвует в работе, правильно отвечает на вопросы, сам задает уместные вопросы преподавателю, решает задачи без помощи или с минимальной помощью преподавателя.

0 баллов – студент не участвует в работе группы.

1-24 баллов – промежуточные варианты

### Защита индивидуальных интеллект-карт

Студенты самостоятельно дома составляют красочные и содержательные интеллект-карты по темам курса, используя конспекты лекций и рекомендованную литературу. Презентуют группе.

### Критерии оценивания

Максимальное количество баллов по индивидуальным интеллект-картам– 7.

7 баллов - карты содержат все необходимые графики, формулы, рисунки в их логической взаимосвязи; студент верно отвечает на вопросы по карте;

0 баллов – карта отсутствуют либо они присутствуют, но студент демонстрирует неудовлетворительные знания по её содержанию.

1-6 баллов – промежуточные варианты

## Лабораторный практикум

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины  | Наименование лабораторных работ                               |
|-------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1     | 3                                        | 4                                                             |
| 1.    |                                          | Техника безопасности при выполнении лабораторных работ        |
| 2.    | 1. Квантовые и волновые свойства веществ | Опыты Франка и Герца                                          |
| 3.    | 2. Квантовые свойства излучения.         | Изучение внешнего фотоэффекта и определение постоянной Планка |
| 4.    | 3.Элементы квантовой механики            | Характеристики лазерного излучения                            |
|       | <b>ИТОГО:</b>                            |                                                               |

**Критерии оценивания** Максимальное количество баллов по лабораторному практикуму - – 36 (по 12 баллов за 1 практикум).

*36 баллов - студент полностью выполнил практикум защитил его.*

*0 баллов – студент не выполнял лабораторные работы*

*1-35 баллов – промежуточные варианты*

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания по освоению дисциплины «Квантовая механика» адресованы студентам всех форм обучения.

Учебным планом по направлению подготовки «44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» предусмотрены следующие виды занятий:

- ☐ лекции;
- ☐ практические занятия.
- ☐ лабораторные работы;

В ходе лекционных занятий рассматриваются теоретические вопросы естествознания, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям.

В ходе практических занятий углубляются и закрепляются знания студентов по ряду рассмотренных на лекциях вопросов, развиваются навыки ориентирования в современных тенденциях развития естествознания.

При подготовке к практическим занятиям каждый студент должен:

- изучить рекомендованную учебную литературу;
- изучить конспекты лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме.

По согласованию с преподавателем студент может подготовить реферат, доклад или сообщение по теме занятия. В процессе подготовки к практическим занятиям студенты могут воспользоваться консультациями преподавателя.

Вопросы, не рассмотренные на лекциях и практических занятиях, должны быть изучены студентами в ходе самостоятельной работы. Контроль самостоятельной работы студентов над учебной программой курса осуществляется в ходе занятий методом устного опроса или посредством тестирования. В ходе самостоятельной работы каждый студент обязан прочитать основную и по возможности дополнительную литературу по изучаемой теме, дополнить конспекты лекций недостающим материалом, выписками из рекомендованных первоисточников. Выделить непонятные термины, найти их значение в энциклопедических словарях.

Студент должен готовиться к предстоящему практическому занятию по всем, обозначенным в рабочей программе дисциплины вопросам.

При реализации различных видов учебной работы используются разнообразные (в т.ч. интерактивные) методы обучения, в частности:

- интерактивная доска для подготовки и проведения лекционных занятий;
- передача студентам учебного материала в электронном виде на электронном носителе.

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться электронной библиотекой ВУЗа <http://library.rsue.ru/>. Также обучающиеся могут взять на дом необходимую литературу на абонементе вузовской библиотеки или воспользоваться читальными залами вуза.

Самостоятельная работа студента является чрезвычайно важной формой изучения программного материала. Она вырабатывает умение работать с литературой, отбирать, кратко, но ёмко излагать основную суть теоретического материала, решать задачи. Крепки только те знания, которые получены в результате упорного, кропотливого самостоятельного труда. Для лучшего усвоения теоретического материала рекомендуется читать одни и те же разделы учебного пособия два раза: первый раз быстро для ознакомления с материалом, второй раз медленно для более вдумчивого изучения и лучшего запоминания. При втором прочтении рекомендуется вести краткий конспект. Желательно использовать общую тетрадь для лекций, чтобы, по возможности, вместить в неё весь программный материал. Вторую тетрадь рекомендуется использовать для практикума по решению задач.

Составление конспекта мобилизует внимание, помогает обнаружить и выделить главное в тексте. Чередование чтения с письмом развивает все виды памяти, повышает работоспособность и снижает усталость. Ведение конспекта является одновременно и формой контроля качества усвоения материала, ибо, не осознав прочитанного трудно выделить, сформулировать и записать основную мысль.

При ведении конспекта желательно оставлять справа широкие поля, до трети страницы, чтобы было куда дописать интересные мысли или выводы после изучения аналогичных разделов из других пособий. По ведению конспекта целесообразно периодически консультироваться с преподавателем.

В конспект нужно записывать только самое главное. Записи в нем по возможности должны быть краткие и лаконичные. Наиболее важные места нужно выделять другим цветом, формулы нужно записывать в отдельной строке чтобы не сливались с текстом. По хорошему конспекту можно легко и быстро, в течение нескольких дней, перед экзаменом, восстановить в памяти изученный материал, повторить его, найти необходимую справку.

Перед повторным чтением и конспектированием рекомендуется попробовать воспроизвести материал по памяти. Даже если эта попытка не увенчается успехом, при последующем чтении и конспектировании материала внимание будет активизировано именно на пропущенном или недостаточно понятном фрагменте. В результате материал будет усвоен более глубоко и основательно.