

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра физики**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института технологий и  
инженерной механики  
«Могильная Е.П.  
2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ»**

По направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Квантовая теория» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. – 15 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Квантовая теория» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

д. т. н., профессор, заведующий кафедрой физики Корсунов К.А.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры физики  
«18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  Корсунов К.А.

Переутверждена: «  »    20   г., протокол №   

Директор института технологий и инженерной механики  Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии  
института технологий и инженерной механики  Ясуник С.Н.

© Корсунов К.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью освоения дисциплины «Квантовая теория» является изложение основных положений квантовой теории, необходимых для понимания закономерностей, присущих явлениям микромира, и изучение математического аппарата, позволяющего адекватно описывать эти явления.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у студентов представлений о квантовых свойствах материи, проявляющих себя на микроскопических пространственных масштабах;
- дополнение и углубление уже имеющихся у обучающихся знаний об отдельных разделах квантовой механики, полученных в ходе предшествующего обучения в вузе;
- выяснение физического смысла законов и понятий, дальнейшее развитие у обучающихся навыков физического мышления, умения решать конкретные задачи, используя имеющиеся теоретические знания;
- расширение фундаментальной базы физических знаний, дающей основу для дальнейшего более глубокого и детализированного изучения всех разделов теоретической физики.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Квантовая теория» относится к вариативной части модуля профессиональных дисциплин. Для овладения дисциплиной требуется знание таких дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Колебания и волны», «Теоретическая механика. Механика сплошных сред», «Электродинамика» и др.

Дисциплина реализуется кафедрой физики.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                            | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                       | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1<br>Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной | ПК-1.1. Знает теоретические основы физических методов исследования и методы анализа свойств физических систем разного уровня организации.                           | Знать: основные представления атомной физики и основные эксперименты, приведшие к созданию квантовой механики; теоретические основы, основные понятия, законы и модели квантовой теории; предысторию тематики исследования. |
|                                                                                                                                                           | ПК-1.2. Знает методы экспериментальных исследований в физике, возможности и области использования аппаратуры и оборудования для выполнения физических исследований. | Уметь: применять теоретический материал к решению задач квантовой физики; применять знания в области квантовой физики для анализа физических явлений и процессов в                                                          |

|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | ПК-1.3. Умеет осуществлять выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование.<br>ПК-1.4. Владеет навыками использования современных методов исследования в выбранной области. | сложных системах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                         | Владеть навыками: решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; использования специализированных методов решения задач квантовой физики и междисциплинарных задач; использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследованиях математических моделей квантовой физики. |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                                                     | Объем часов (зач. ед.)    |                           |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                        | Очная форма               |                           | Заочная форма           |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | <b>180</b><br>(5 зач. ед) | <b>Не предусмотрена</b> |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                | <b>68</b>                 | <b>84</b>                 | <b>-</b>                |
| <b>в том числе:</b>                                                                                                                                                                                                                    |                           |                           |                         |
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 34                        | 42                        | -                       |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -                         | -                         | -                       |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | 34                        | 42                        | -                       |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | -                         | -                         | -                       |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                                                                                                                      | -                         | -                         | -                       |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -                         | -                         | -                       |
| <b>Самостоятельная работа студента / форма контактной работы</b>                                                                                                                                                                       | <b>40/0</b>               | <b>69/27</b>              | <b>--</b>               |
| Форма аттестация                                                                                                                                                                                                                       | Зачет                     | Экзамен                   |                         |

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

#### Семестр 6

#### Тема 1. Предпосылки создания квантовой механики.

Введение. Ньютонова механика и классическая электромагнитная теория. Излучение абсолютно черного тела. Теплоемкость твердых тел и фотоэффект. Импульс фотона и комптоновское рассеяние. Волновая природа частиц. Атом водорода и теория Бора.

#### Тема 2. Математический аппарат квантовой механики.

Математические свойства операторов. Собственные функции и собственные числа оператора. Эрмитовы операторы. Ортогональность собственных функций эрмитовых операторов и действительность его собственных чисел. Нормировка

собственных функций. Полнота набора собственных функций. Дираковские обозначения.

### **Тема 3. Основные постулаты квантовой механики.**

Основные постулаты квантовой механики. Среднее значение физической величины. Конкретный вид операторов основных физических величин. Перестановочные соотношения. Физический смысл волновой функции. Собственные функции оператора энергии. Стационарное уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей. Полное уравнение Шредингера. Плотность и ток вероятности. Эволюция во времени средних значений операторов физических величин.

### **Тема 4. Одномерные задачи квантовой механики.**

Общие свойства одномерного движения. Свободная частица. Бесконечная потенциальная яма. Конечная потенциальная яма. Конечный потенциальный барьер. Туннелирование частиц. Четность. Гармонический осциллятор. Операторы рождения и уничтожения.

### **Тема 5. Частица в сферически симметричном поле.**

Операторы момента количества движения частицы. Собственные функции и собственные операторы проекции момента количества движения. Собственные функции и собственные числа оператора квадрата момента количества движения. Частица в сферически-симметричном потенциальном поле. Атом водорода. Поправка на конечность массы ядра. Гибридизация волновых функций и химическая связь в молекулах.

### **Тема 6. Матричная формулировка квантовой механики.**

Основы алгебра матриц. Преобразование квадратных матриц. Диагонализация квадратной матрицы. Представление операторов физических величин матрицами. Отыскания собственных функций и собственных чисел операторов. Матричные элементы матриц операторов момента количества движения. Сложение моментов количества движения.

## *Семестр 7*

### **Тема 7. Теория возмущений.**

Возмущения, не зависящие от времени. Секулярное уравнение. Возмущения, зависящие от времени. Переходы в непрерывном спектре. Промежуточные состояния. Соотношение неопределенностей для энергии.

### **Тема 8. Спин. Тожественность частиц.**

Гипотеза вращающегося электрона. Принцип тождественности одинаковых частиц. Оператор спина. Квантовая механика электрона со спином. Принцип Паули. Полный момент импульса электрона в атоме. Спин-орбитальное взаимодействие. Сдвиг уровней энергии атомного водорода. Дублеты щелочных металлов. Сложный эффект Зеемана в слабом и сильном полях. Поляризация электронов. Частица в магнитном поле. Атом гелия.

### **Тема 9. Атом.**

Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Тонкая структура атомных уровней. Периодическая система элементов Менделеева. Строение отдельных периодов системы Менделеева. Магнитные свойства атомов. Рентгеновские термы. Атом в электрическом поле. Возбужденные атомы.

#### **Тема 10.** Двухатомная молекула.

Электронные термы двухатомной молекулы. Пересечение электронных термов. Валентность. Колебательная и вращательная структура термов двухатомной молекулы. Параводород и ортоводород. Ван-дер-Ваальсовы силы.

#### **Тема 11.** Взаимодействие электромагнитного излучения с атомной системой.

Квантование мод электромагнитного поля. Излучение абсолютно черного тела. Индуцированные переходы атомной системы в столкновительном режиме. Квантовомеханический вывод формулы для скорости спонтанных переходов.

### **4.3. Лекции**

| №<br>п/п                      | Название темы                                                 | Объем часов |               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|                               |                                                               | Очная форма | Заочная форма |
|                               | Семестр 6                                                     |             |               |
| 1                             | Предпосылки создания квантовой механики                       | 4           | -             |
| 2                             | Математический аппарат квантовой механики                     | 6           | -             |
| 3                             | Основные постулаты квантовой механики                         | 6           | -             |
| 4                             | Одномерные задачи квантовой механики                          | 6           | -             |
| 5                             | Частица в сферически симметричном поле                        | 6           | -             |
| 6                             | Матричная формулировка квантовой механики                     | 6           | -             |
| <b>Итого:</b>                 |                                                               | <b>34</b>   | -             |
|                               | Семестр 7                                                     |             |               |
| 7                             | Теория возмущений                                             | 8           | -             |
| 8                             | Спин. Тождественность частиц                                  | 8           | -             |
| 9                             | Атом                                                          | 8           | -             |
| 10                            | Двухатомная молекула                                          | 8           | -             |
| 11                            | Взаимодействие электромагнитного излучения с атомной системой | 10          | -             |
| <b>Итого:</b>                 |                                                               | <b>42</b>   | -             |
| <b>Всего за два семестра:</b> |                                                               | <b>76</b>   | -             |

### **4.4. Практические занятия**

| №<br>п/п      | Название темы                                       | Объем часов |               |
|---------------|-----------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                     | Очная форма | Заочная форма |
|               | Семестр 6                                           |             |               |
| 1             | Квантовые свойства света и волновые свойства частиц | 4           | -             |
| 2             | Математический аппарат квантовой механики           | 6           | -             |
| 3             | Основные постулаты квантовой механики               | 4           | -             |
| 4             | Соотношение неопределенностей                       | 4           | -             |
| 5             | Частица в потенциальной яме                         | 4           | -             |
| 6             | Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер     | 6           | -             |
| 7             | Линейный гармонический осциллятор                   | 6           | -             |
| <b>Итого:</b> |                                                     | <b>34</b>   |               |
|               | Семестр 7                                           |             |               |
| 8             | Теория возмущений.                                  | 8           | -             |
| 9             | Спин. Тождественность частиц.                       | 8           | -             |

|                               |                                                                |           |   |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|---|
| 10                            | Атом.                                                          | 8         | - |
| 11                            | Двухатомная молекула.                                          | 8         | - |
| 12                            | Взаимодействие электромагнитного излучения с атомной системой. | 10        | - |
| <b>Итого:</b>                 |                                                                | <b>42</b> | - |
| <b>Всего за два семестра:</b> |                                                                | <b>76</b> | - |

#### 4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Квантовая теория» не предполагаются учебным планом

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п                      | Название темы                                                 | Вид СРС                                                                         | Объем часов |               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|                               |                                                               |                                                                                 | Очная форма | Заочная форма |
| 1                             | Предпосылки создания квантовой механики                       | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 2                             | Математический аппарат квантовой механики                     | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 3                             | Основные постулаты квантовой механики                         | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 4                             | Одномерные задачи квантовой механики                          | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 5                             | Частица в сферически симметричном поле                        | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 6                             | Матричная формулировка квантовой механики                     | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 7                             | Теория возмущений                                             | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 8                             | Спин. Тождественность частиц                                  | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 9                             | Атом                                                          | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 10                            | Двухатомная молекула                                          | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 10          | -             |
| 11                            | Взаимодействие электромагнитного излучения с атомной системой | Изучение дополнительной литературы по данной теме. Выполнение домашнего задания | 9           | -             |
| <b>Всего за два семестра:</b> |                                                               |                                                                                 | <b>109</b>  | -             |

#### 4.7. Курсовые работы по дисциплине «Квантовая теория» не предполагаются учебным планом

### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения

(технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Давыдов А.С. Квантовая механика. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. – 704 с.
2. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. – М.: МГУ, 2011. – 311 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Наука, 1989. – 511 с.
2. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика. – М.: Физматлит, 2001. – 304 с.
3. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Т.1; Т.2. – М.: Мир, 1974.
4. Галицкий В.М., Карнаков Б.М. Задачи по квантовой механике. – М.: Наука, 1992.
5. Давыдов А.С. Квантовая механика. – М.: Наука, 1973. – 650 с.
6. Бом Д. Квантовая теория. – М.: Наука, 1965. – 523 с.
7. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Наука, 2012. – 540 с.
8. Боум А. Квантовая механика. – М.: Мир, 1990. – 462 с.
9. Дирак П. Принципы квантовой механики. – М.: Наука, 1979. – 312 с.

### **г) Интернет-ресурсы:**

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

## Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

## Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## 7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Механика» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

### Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение    | Ссылки                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет             | Libre Office 6.3.1                    | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>                                                              |
| Операционная система      | UBUNTU 19.04                          | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                                                                                          |
| Браузер                   | Firefox Mozilla                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Браузер                   | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                                                                                   |
| Почтовый клиент           | Mozilla Thunderbird                   | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                                                                                 |
| Файл-менеджер             | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор                 | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Графический редактор      | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF              | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Аудиоплеер                | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |

## 8. Оценочные средства по дисциплине «Квантовая теория»

### Паспорт

#### оценочных средств по учебной дисциплине «Квантовая теория»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                                                                                                                                                                                                  | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики                        | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | ПК-1                           | Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4                                | Тема 1. Предпосылки создания квантовой механики                         | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 2. Математический аппарат квантовой механики                       | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 3. Основные постулаты квантовой механики                           | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 4. Одномерные задачи квантовой механики                            | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 5. Частица в сферически симметричном поле                          | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 6. Матричная формулировка квантовой механики                       | 6                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 7. Теория возмущений                                               | 7                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 8. Спин. Тождественность частиц                                    | 7                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 9. Атом                                                            | 7                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 10. Двухатомная молекула                                           | 7                                     |
|       |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | Тема 11. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомной системой. | 7                                     |

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Перечень планируемых результатов                                                                                                                              | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства           |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1.    | ПК-1<br>ПК-1.1,<br>ПК-1.2,     | <b>Знать:</b> основные представления атомной физики и основные эксперименты, приведшие к созданию квантовой механики; теоретические основы, основные понятия, | Темы 1–11                              | Вопросы экзаменационных работ, контрольные |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ПК-1.3,<br>ПК-1.4 | <p>законы и модели квантовой теории; предысторию тематики исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретический материал к решению задач квантовой физики; применять знания в области квантовой физики для анализа физических явлений и процессов в сложных системах.</p> <p><b>Владеть</b> навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; использования специализированных методов решения задач квантовой физики и междисциплинарных задач; использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследованиях математических моделей квантовой физики.</p> | е работы. |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

### Фонды оценочных средств по дисциплине «Квантовая теория»

#### Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

##### Теоретические вопросы:

- 1 Ньютонова механика и классическая электромагнитная теория.
- 2 Излучение абсолютно черного тела.
- 3 Теплоемкость твердых тел.
- 4 Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
- 5 Импульс фотона и комптоновское рассеяние.
- 6 Волновая природа частиц.
- 7 Атом водорода и теория Бора.
- 8 Математические свойства операторов. Собственные функции и собственные числа оператора.
- 9 Эрмитовы операторы. Ортогональность собственных функций эрмитовых операторов и действительность его собственных чисел.
- 10 Нормировка собственных функций.
- 11 Полнота набора собственных функций.
- 12 Дираковские обозначения.
- 13 Основные постулаты квантовой механики.
- 14 Среднее значение физической величины.
- 15 Конкретный вид операторов основных физических величин.
- 16 Перестановочные соотношения.
- 17 Физический смысл волновой функции.
- 18 Собственные функции оператора энергии.
- 19 Стационарное уравнение Шредингера.
- 20 Соотношение неопределенностей.
- 21 Полное уравнение Шредингера.
- 22 Плотность и ток вероятности.
- 23 Эволюция во времени средних значений операторов физических величин.
- 24 Общие свойства одномерного движения. Свободная частица.

- 25 Бесконечная потенциальная яма.
- 26 Конечная потенциальная яма.
- 27 Конечный потенциальный барьер. Туннелирование частиц.
- 28 Четность.
- 29 Гармонический осциллятор.
- 30 Операторы рождения и уничтожения.
- 31 Операторы момента количества движения частицы. Собственные функции и собственные операторы проекции момента количества движения.
- 32 Собственные функции и собственные числа оператора квадрата момента количества движения.
- 33 Частица в сферически-симметричном потенциальном поле.
- 34 Атом водорода. Поправка на конечность массы ядра.
- 35 Гибридизация волновых функций и химическая связь в молекулах.
- 36 Основы алгебра матриц. Преобразование квадратных матриц. Диагонализация квадратной матрицы.
- 37 Представление операторов физических величин матрицами.
- 38 Отыскания собственных функций и собственных чисел операторов.
- 39 Матричные элементы матриц операторов момента количества движения.
- 40 Сложение моментов количества движения.

### **Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («зачет»)**

| Шкала оценивания | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено          | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
|                  | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
|                  | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |
| не зачтено       | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                            |

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)**

#### **Теоретические вопросы:**

1. Возмущения, не зависящие от времени. Секулярное уравнение.

2. Возмущения, зависящие от времени.
3. Переходы в непрерывном спектре.
4. Промежуточные состояния.
5. Соотношение неопределенностей для энергии.
6. Гипотеза вращающегося электрона.
7. Принцип тождественности одинаковых частиц.
8. Оператор спина.
9. Квантовая механика электрона со спином.
10. Принцип Паули.
11. Полный момент импульса электрона в атоме.
12. Спин-орбитальное взаимодействие.
13. Сдвиг уровней энергии атомного водорода. Дублеты щелочных металлов.
14. Сложный эффект Зеемана в слабом и сильном полях.
15. Поляризация электронов.
16. Частица в магнитном поле.
17. Атом гелия.
18. Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Тонкая структура атомных уровней.
19. Периодическая система элементов Менделеева. Строение отдельных периодов системы Менделеева.
20. Магнитные свойства атомов.
21. Рентгеновские термы.
22. Атом в электрическом поле. Возбужденные атомы.
23. Электронные термы двухатомной молекулы. Пересечение электронных термов.
24. Валентность.
25. Колебательная и вращательная структура термов двухатомной молекулы.
26. Параводород и ортоводород.
27. Ван-дер-Ваальсовы силы.
28. Квантование мод электромагнитного поля.
29. Излучение абсолютно черного тела.
30. Индуцированные переходы атомной системы в столкновительном режиме.
31. Квантовомеханический вывод формулы для скорости спонтанных переходов

### **Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)**

| Шкала оценивания | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)      | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)       | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и                                                                                  |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | навыками при выполнении практических задач.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.         |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы |

## Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений | Дата и номер протокола<br>заседания кафедры (кафедр),<br>на котором были<br>рассмотрены и одобрены<br>изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой)<br>заведующего кафедрой<br>(заведующих кафедрами) |
|----------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                            |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                            |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                            |
|          |                                |                                                                                                                              |                                                                            |