

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности              | 4 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                     | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия                   | 18        | 18    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 16        | 16    | часов   |
| Лабораторные занятия                   | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа                 | 56        | 56    | часов   |
| Общая трудоемкость                     | 108       | 108   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)     | 3         | 3     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 4       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью освоения курса является изучение основополагающих понятий понимания процессов микромира, касающихся строения атома, молекул, основанных на статистических и вероятностных закономерностях квантовой физики.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. изучение основ квантовой механики.
2. знакомство с некоторыми важными приложениями теории квантовых переходов.
3. изучение и освоение специфического математического аппарата квантовой механики.
4. изучение фундаментальных результатов квантовой теории.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.06.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция  | Индикаторы достижения компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|--|--|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |  |   |
| -  | -  | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |  |   |
| -  | -  | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |  |   |
| ПК-1. Способен строить физические и математические модели и реализовать методики экспериментального измерения характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики и комплексов на их основе | ПК-1.1. Знает основные физические и математические модели элементов и узлов фотоники и оптоинформатики | Знает физические основы механики, электричества и магнетизма, физики колебаний и волн, квантовой физики, электродинамики, статистической физики и термодинамики, атомной и ядерной физики |
|  | ПК-1.2. Умеет проводить исследования характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики        | Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований   |
|  | ПК-1.3. Владеет современными методами расчета и проектирования устройств фотоники и оптоинформатики    | владеет методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств  |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 4 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 52          | 52        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 56          | 56        |
| Подготовка к зачету   | 24          | 24        |
| Подготовка к тестированию   | 16          | 16        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 16          | 16        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 108         | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 3           | 3         |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики                              | 4            | 4             | 8         | 18           | 34                         | ПК-1                    |
| 2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | 4            | 4             | -         | 10           | 18                         | ПК-1                    |
| 3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор  | 4            | 4             | -         | 10           | 18                         | ПК-1                    |
| 4 Атом водорода; спин  | 6            | 6             | 8         | 18           | 38                         | ПК-1                    |
| Итого за семестр   | 18           | 18            | 16        | 56           | 108                        |                         |
| Итого  | 18           | 18            | 16        | 56           | 108                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>                   |  |                                      |                         |

|  |  |    |      |
|--|--|----|------|
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики                              | Корпускулярно-волновой дуализм света. Гипотеза де Бройля. Волновая функция де Бройля. Операторы и их свойства в квантовой механике.  | 4  | ПК-1 |
|  | Итого  | 4  |      |
| 2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Физический смысл волновой функции. Постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей.   | 4  | ПК-1 |
|  | Итого  | 4  |      |
| 3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор  | Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками. Прохождение частицы через барьер. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор | 4  | ПК-1 |
|  | Итого  | 4  |      |
| 4 Атом водорода; спин  | Электрон в атоме водорода. Квантовые числа. Собственный момент электрона. Магнитный собственный момент. Многоэлектронный атом. Таблица Менделеева.   | 6  | ПК-1 |
|  | Итого  | 6  |      |
| Итого за семестр   |  | 18 |      |
| Итого  |  | 18 |      |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Наименование практических занятий (семинаров)               | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики                              | Формула Планка. Постулаты Бора.                             | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Соотношение неопределенностей. Частица в прямоугольной яме. | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор  | Частица и потенциальный барьер. Гармонический осциллятор    | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 4 Атом водорода; спин  | Атом водорода. Орбитальный момент. Магнитный момент. Спин.  | 6               | ПК-1                    |
|  | Итого   | 6               |                         |

|                  |    |  |
|------------------|----|--|
| Итого за семестр | 18 |  |
| Итого            | 18 |  |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Наименование лабораторных работ                  | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>  |  |                 |                         |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики | Фотоэффект. Опыты Столетова.                     | 8               | ПК-1                    |
|   | Итого  | 8               |                         |
| 4 Атом водорода; спин   | Определение ширины запрещенной зоны диэлектрика. | 8               | ПК-1                    |
|   | Итого  | 8               |                         |
| Итого за семестр  |  | 16              |                         |
| Итого   |  | 16              |                         |

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины   | Виды самостоятельной работы                        | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля      |
|--|--|-----------------|-------------------------|---------------------|
| <b>4 семестр</b>   |  |                 |                         |                     |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики                              | Подготовка к зачету                                | 6               | ПК-1                    | Зачёт               |
|  | Подготовка к тестированию                          | 4               | ПК-1                    | Тестирование        |
|  | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8               | ПК-1                    | Лабораторная работа |
|  | Итого  | 18              |                         |                     |
| 2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Подготовка к зачету                                | 6               | ПК-1                    | Зачёт               |
|  | Подготовка к тестированию                          | 4               | ПК-1                    | Тестирование        |
|  | Итого  | 10              |                         |                     |
| 3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор  | Подготовка к зачету                                | 6               | ПК-1                    | Зачёт               |
|  | Подготовка к тестированию                          | 4               | ПК-1                    | Тестирование        |
|  | Итого  | 10              |                         |                     |

|                          |  |    |      |                     |
|--------------------------|--|----|------|---------------------|
| 4 Атом водорода;<br>спин | Подготовка к зачету                                | 6  | ПК-1 | Зачёт               |
|                          | Подготовка к тестированию                          | 4  | ПК-1 | Тестирование        |
|                          | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8  | ПК-1 | Лабораторная работа |
|                          | Итого  | 18 |      |                     |
| Итого за семестр         |  | 56 |      |                     |
| Итого                    |  | 56 |      |                     |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля                           |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
| ПК-1                    | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля           | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>4 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| Зачёт                    | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Лабораторная работа      | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Тестирование             | 10   | 10  | 20  | 40               |
| Итого максимум за период | 30   | 30  | 40  | 100              |
| Нарастающим итогом       | 30   | 60  | 100   | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 – 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 – 89  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 – 84  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 – 74  | D (удовлетворительно)   |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Введение в квантовую механику [Текст] : учебное пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), Факультет дистанционного обучения. - Томск : Эль Контент, 2012. - 112 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

2. Мухачёв В. А. Атомная физика: учеб. пособие / В. А. Мухачёв. – Томск: ТМЦ ДО, 2007. – 116 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.).

3. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: .

### 7.2. Дополнительная литература

1. Основы теоретической физики : учебник для вузов: В 2 т. / И. В. Савельев. - СПб. : Лань, 2005 - Т. 2 : Квантовая механика. - СПб. : Лань, 2005. – 430 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов: В 10 т. – М. : Физматлит, 2004. – Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. : Л. П. Питаевский. – 5-е изд., стереотип. – М. : Физматлит, 2004. – 800 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 41 экз.).

3. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике : полный курс общей физики: Пер. с англ. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – 3-е изд., испр. – М. : УРСС, 2004. – Вып. 8, 9 : Квантовая механика. 523 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

4. Паршаков, А. Н. Введение в квантовую физику : учебное пособие / А. Н. Паршаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: .

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Магазинников А. Л. Введение в квантовую механику: учеб. пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачёв. – Томск: Эль Контент, 2012. – 112 с. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе на стр. 21, 32, 53, 59, 85, 92, 93. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

2. Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и проверка формулы Эйнштейна: Методические указания к лабораторной работе / В. А. Бурдовицин - 2018. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7638>.

3. Определение ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости обратного тока диода: Руководство к лабораторной работе / В. А. Мухачев, М. В. Федоров - 2009. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/855>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах,

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- 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.

#### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

### **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

#### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКПП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";



- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

#### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

#### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|
|------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|

|  |      |                     |                                     |
|--|------|---------------------|-------------------------------------|
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики                              | ПК-1 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|  |      | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|  |      | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | ПК-1 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|  |      | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор  | ПК-1 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|  |      | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Атом водорода; спин  | ПК-1 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|  |      | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|  |      | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.  
Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Электрон в атоме водорода находится р-состоянии. Чему равно максимально возможное значение полного момента импульса электрона?

а)  $\frac{\hbar}{2} \sqrt{15}$

б)  $\frac{\hbar}{2} \sqrt{3}$

в)  $\frac{\hbar}{2}$

г) 0

2. Каким соотношением выражается гипотеза де Бройля?

а)  $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}$

б)  $\omega = \frac{E}{\hbar}$

в)  $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$

г)  $\omega = \frac{E_n - E_m}{\hbar}$

3. В квантовой механике физическая величина характеризуется не числовым значением, а оператором. Что такое оператор? – это:

а) функция, которая осуществляет связь одних чисел с другими числами;

б) правило, с помощью которого каждой функции из некоторого множества функций сопоставляется функция из того же или некоторого другого множества функций;

- в) числовое значение физической величины, которой ставится в соответствие данный оператор;
- г) правило, с помощью которого каждому числу из некоторого множества чисел сопоставляется число из того же или некоторого другого множества чисел.
4. Какой вид имеет стационарное уравнение Шредингера для водородоподобного атома?
- а)  $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U\right)\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
- б)  $\nabla^2\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{ze^2}{r}\right)\Psi = 0;$
- в)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - \frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi = 0;$
- г)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}E\Psi = 0.$
5. Чему равна кратность вырождения энергетического уровня с квантовым числом  $n$  с учетом спина?
- а)  $2n^2$
- б)  $n^2$
- в)  $n$
- г)  $2n+1$
6. Какое из приведенных ниже уравнений представляет временное уравнение Шредингера?
- а)  $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U\right)\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$
- б)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}E\Psi = 0.$
- в)  $\nabla^2\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\Psi = 0;$
- г)  $\hat{H}\Psi = E\Psi;$
7. Оператор  $\hat{A}$  называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций  $u$  и  $v$  выполняется какое равенство?
- а)  $\hat{A}(a_1u + a_2v) = a_1\hat{A}u + a_2\hat{A}v;$
- б)  $\int v^*\hat{A}udV = \int u\hat{A}^*v^*dV;$
- в)  $\int u_n^*v_m dV = 0 \quad (m \neq n);$
- г)  $\int u_n^*v_m dV = 1 \quad (m = n)$
8. Собственные функции:  $\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}}\sin\left(\frac{\pi nx}{l}\right)$  является решением уравнения
- а)  $\nabla^2\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\Psi = 0;$
- б)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\Psi = 0;$
- в)  $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - \frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi = 0;$

$$\text{г) } \frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0.$$

9. Какой формулой выражаются собственные значения энергии уравнения

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0. \text{ для частицы в потенциальной яме?}$$

$$\text{а) } E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2;$$

$$\text{б) } E = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega;$$

$$\text{в) } E = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 \frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2};$$

$$\text{г) } E = \frac{k^2 \hbar^2}{2m}.$$

10. Чему равно максимальное число электронов в состоянии с  $n=4$  ?

а) 8

б) 18

в) 32

г) 50

11. Существование у атомов дискретных энергетических уровней было экспериментально установлено в опытах каких ученых?:

а) Штерна и Герлаха;

б) Франка и Герца;

в) Резерфорда;

г) Ленарда и Томсона.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Корпускулярно-волновой дуализм света
2. Гипотеза де Бройля
3. Волновая функция де Бройля
4. Операторы и их свойства в квантовой механике
5. Физический смысл волновой функции
6. Постулаты квантовой механики
7. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера
8. Соотношение неопределенностей

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Фотоэффект. Опыты Столетова.
2. Определение ширины запрещенной зоны диэлектрика.

### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах;

пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;

- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- 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.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП    | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления     | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                    |              |  |
|--------------------|--------------|--|
| Доцент, каф. ЭП    | А.И. Аксенов | Согласовано,<br>d90d5f87-f1a9-4440-<br>b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано,<br>8afa57b7-3fcf-44bc-<br>922a-3c3f168876e6 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                 |            |  |
|-----------------|------------|--|
| Доцент, каф. ЭП | В.И. Быков | Разработано,<br>059722b9-8e1d-453e-<br>b2d2-c0d528ac8ebd |
|-----------------|------------|--|