**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

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: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 54 | 54 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Зачет: 3 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 26322

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от « 20 » 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 03.09.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. ЭП _____ В. И. Быков

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП _____ Л. Н. Орликов

Доцент кафедры электронных приборов (ЭП) _____ А. И. Аксенов

Согласована на портале № 26322

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

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

- изучение основ квантовой механики;
- знакомство с некоторыми важными приложениями теории квантовых переходов;
- изучение и освоение специфического математического аппарата квантовой механики;
- изучение методов решения квантово-механических задач, включая некоторые приближенные методы;
- изучение фундаментальных результатов квантовой теории.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Квантовая механика» (Б1.В.ОД.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Методы математической физики.

Последующими дисциплинами являются: Приборы квантовой электроники и фотоники, Физика, Физика конденсированного состояния.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
- ОПК-2 способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;
- ПК-1 способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** физические основы механики, электричества и магнетизма, физики колебаний и волн, квантовой физики, электродинамики, статистической физики и термодинамики, атомной и ядерной физики; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;
- **уметь** применять методы математического анализа и моделирования; применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения;
- **владеть** методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств .

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| Лекции | 20 | 20 |
| Практические занятия | 18 | 18 |

Согласована на портале № 26322

| | | |
|---|---|---|
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| Подготовка к контрольным работам | 10 | 10 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18 | 18 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Пр. зан. | Лаб. раб., | Сам. раб., | Всего (без экз) | Учебные компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | | | |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики | 4 | 4 | 4 | 12 | 24 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| 2 Элементы теории представлений. Матричная форма квантовой механики. | 2 | 2 | 0 | 6 | 10 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| 3 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | 4 | 4 | 4 | 12 | 24 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| 4 Туннельный эффект; гармонический осциллятор | 4 | 4 | 4 | 12 | 24 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| 5 Атом водорода; спин | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| Итого за семестр | 20 | 18 | 16 | 54 | 108 | |
| Итого | 20 | 18 | 16 | 54 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Учебные компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 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 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Элементы теории представлений. Матричная форма квантовой механики. | Понятие о теории представлений. Вектор состояния. Совектор состояния. Гильбертово пространство. Оператор вматричной форме. | 2 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 26322

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 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 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 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 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Атом водорода; спин | Электрон в атоме водорода. Квантовые числа. Собственный момент электрона. Магнитный собственный момент.Многоэлектронный атом. Таблица Менделеева. | 6 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 Математика | + | + | + | + | + |
| 2 Методы математической физики | + | + | + | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 Приборы квантовой электроники и фотоники | | | + | + | + |
| 2 Физика | + | + | + | + | |
| 3 Физика конденсированного состояния | + | + | | + | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Практ. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

Согласована на портале № 26322

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-2 | + | + | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (часы) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики | Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и проверка формулы Эйнштейна. | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Проверка соотношения неопределённостей для фотонов | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Туннельный эффект; гармонический осциллятор | Туннельный эффект в вырожденном p-n – переходе | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Атом водорода; спин | Исследование спектра атома водорода | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (часы) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики | Тепловое излучение. Фотоэффект. Волна де Бройля | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Элементы теории представлений. Матричная форма квантовой механики. | Вектор состояния. Совектор состояния. Матричная форма операторов. | 2 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Основные постулаты | Свойства операторов. Дифракция электрона. | 4 | ОПК-1, |

Согласована на портале № 26322

| | | | |
|---|---|---|---|
| квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Итого | 4 | ОПК-2, ПК-1 |
| 4 Туннельный эффект; гармонический осциллятор | Частица в яме. Прохождение частицы через барьер. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Атом водорода; спин | Атом водорода. Квантовые числа. Спин. | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| 1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 2 Элементы теории представлений. Матричная форма квантовой механики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |

Согласована на портале № 26322

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Итого | 12 | | |
| 4 Туннельный эффект; гармонический осциллятор | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 5 Атом водорода; спин | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| Итого | | 54 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 5 | 7 | 8 | 20 |
| Контрольная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Опрос на занятиях | 5 | 7 | 8 | 20 |
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 30 | 34 | 36 | 100 |
| Нарастающим итогом | 30 | 64 | 100 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Согласована на портале № 26322

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | 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 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. 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.)

### 12.2. 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.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. 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:

Согласована на портале № 26322

Методические указания к лабораторной работе / Федоров М. В., Бурдовицин В. А. - 2009. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/851, дата обращения: 16.05.2018.

3. Исследование спектра атома водорода: Методические указания к лабораторной работе / Захаров Н. А., Кириллов А. М. - 2011. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/917, дата обращения: 16.05.2018.

4. Галанский В.Л. Проверка соотношения неопределённостей для фотонов: руководство к лабораторным работам для студентов всех специальностей / В. Л. Галанский, А. Л. Магазинников. – Томск: ТУСУР, 2005. - 9 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

5. Туннельный эффект в вырожденном p–n – переходе: Руководство к лабораторной работе / Федоров М. В., Лячин А. В. - 2009. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/852, дата обращения: 16.05.2018.

#### 12.3.2. 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.

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

1. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. 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;

Согласована на портале № 26322

- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### 13.1.3. 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.);
- Осциллограф С 1-93;
- Источник питания ТВ-1;
- Источник питания Б5-43;
- Генератор импульсов Г5-54 (3 шт.);
- Генератор импульсов Г5-56;
- Вольтметр В7-78/1;
- Мультиметр FLUKE 8845A;
- Осциллограф TEKTRONIX TDS 2012C;
- Источник питания Mastech HY 3002D-2;
- Лабораторные стенды: «Электрооптический эффект» (2 шт.), «Фазовый портрет»;
- Компьютер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Windows
– OpenOffice

### 13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

### 13.2. 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.

Согласована на портале № 26322

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 зрениями** 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.

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

| | |
|---|---|
| 1. Электрон в атоме водорода находится p-состоянии. Максимально возможное значение полного момента импульса электрона равно | $\frac{\hbar}{2}\sqrt{15};$ |
| | $\frac{\hbar}{2}\sqrt{3};$ |
| | $\frac{\hbar}{2}.$ |
| | 0 |
| 2. Гипотеза де Бройля выражается соотношениями | $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p};$ |
| | $\omega = \frac{E}{\hbar};$ |
| | $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega};$ |
| | $\omega = \frac{E_n - E_m}{\hbar}.$ |

| | |
|---|---|
| 3. В квантовой механике физическая величина характеризуется не числовым значением, а оператором. Оператор – это: | функция, которая осуществляет связь одних чисел с другими числами; |
| | правило, с помощью которого каждой функции из некоторого множества функций сопоставляется функция из того же или некоторого другого множества функций; |
| | числовое значение физической величины, которой ставится в соответствие данный оператор. |
| | |

Согласована на портале № 26322

| | |
|---|---|
| 4. Стационарное уравнение Шредингера для водородоподобного атома имеет вид | $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$ |
| | $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ze^2}{r}\right)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$ |

| | |
|---|---|
| 5. Собственными значениями энергии уравнения $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2}=E\Psi$ для свободно движущейся частицы, являются | $E=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2;$ |
| | $E=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega;$ |
| | $E=-\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\frac{m_e z^2e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2};$ |
| | $E=\frac{k^2\hbar^2}{2m}.$ |

| | |
|---|---|
| 6. Кратность вырождения энергетического уровня с квантовым числом *n* с учетом спина равна | $2n^2$ |
| | $n^2$ |
| | $n$ |
| | $2n+1$ |

| | |
|---|---|
| 7. Утверждение: «в любом квантовом состоянии может находиться не более одного электрона» получило название | принципа неопределенности; |
| | принципа суперпозиции состояний; |
| | принципа Паули; |
| | комбинационного принципа Ритца; |
| | принципа минимума энергии. |

| | |
|---|---|
| 8. Какое из приведенных ниже уравнений представляет временное уравнение Шредингера? | $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$ |
| | $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
| | $\hat{H}\Psi=E\Psi;$ |
| | $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0.$ |

| | |
|---|---|
| 9. Оператор $\hat{A}$ называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций *u* и *v* | $\hat{A}(a_1u+a_2v)=a_1\hat{A}u+a_2\hat{A};$ |
| | $\int v^*\hat{A}udV=\int u\hat{A}^*v^*dV;$ |
| | $\int u_n^*v_m dV=0\ (m\neq n);$ |
| | $\int u_n^*v_m dV=1\ (m=n).$ |

Согласована на портале № 26322

| 10. Собственные функции: $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{l}}\sin\left(\frac{\pi n x}{l}\right)$ является решением уравнения | $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
|---|---|
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$ |

| 11. Собственными значениями энергии уравнения $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0$ для частицы в потенциальной яме являются | $E=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2;$ |
|---|---|
| | $E=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega;$ |
| | $E=-\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2};$ |
| | $E=\frac{k^2\hbar^2}{2m}.$ |

| 12. Максимальное число электронов в состоянии с $n=4$ равно | 8 |
|---|---|
| | 18 |
| | 32 |
| | 50 |

| 13. Существование у атомов дискретных энергетических уровней было экспериментально установлено в опытах | Штерна и Герлаха; |
|---|---|
| | Франка и Герца; |
| | Резерфорда; |
| | Ленарда и Томсона. |

| 14. Собственные функции $\psi(x,t)=A\exp\left(\frac{i}{\hbar}(px-Et)\right)$ являются решением уравнения | $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
|---|---|
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
| | $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$ |

| 15. Решение какого из приведенных ниже уравнений Шредингера приводит к собственным значениям энергии $E_n=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega$? | $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U\right)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t};$ |
|---|---|
| | $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$ |
| | $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$ |

Согласована на портале № 26322

| | |
|---|---|
| 16. Максимально возможная проекция момента импульса орбитального движения электрона, находящегося в атоме в *d*-состоянии, на направление внешнего магнитного поля равна | $\hbar$; |
| | $\hbar\sqrt{6}$; |
| | $2\hbar$. |
| | $3\hbar$ |

| | |
|---|---|
| 17. Длина волны де Бройля для заряженной частицы, ускоренной электрическим полем, определяется по формуле | $\frac{2\pi\hbar}{p}$; |
| | $\frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2mT}}$; |
| | $\frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2meU}}$; |
| | $\frac{2\pi\hbar}{mv}$. |

| | |
|---|---|
| 18. Экспериментальные доказательства волновых свойств у микрочастиц были получены в опытах | Томсона и Тартаковского |
| | Франка и Герца |
| | Фабриканта, Бибермана, Сушкина |
| | Девиссона и Джермера |

| | |
|---|---|
| 19. Среднее значение физической величины находится в квантовой механике по формуле | $< A >= \sum_1^n \lambda_n \lvert a_n \rvert^2$; |
| | $\hat{A}\Psi_n = \lambda_n \Psi_n$; |
| | $< \hat{A} >= \int \Psi^* \hat{A} \Psi dV$. |
| | $< A >= \sum_1^n A_n P_n$; |

| | |
|---|---|
| 20. Собственными значениями энергии уравнения $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Psi}{dx^2} = E\Psi$ для свободно движущейся частицы, являются | $E = \frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2$; |
| | $E = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$; |
| | $E = -\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 \frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2}$; |
| | $E = \frac{k^2\hbar^2}{2m}$. |

### 14.1.2. Темы контрольных работ

1. Возникновение квантовой механики. Движение в поле центральной силы Математический аппарат квантовой механики. Основные постулаты квантовой механики

2. Стационарное уравнение Шредингера. Временное уравнение Шредингера Туннельный эффект Гармонический осциллятор.

3. Теория квантовых переходов. Спин. Излучение атомными системами Молекулы.

Согласована на портале № 26322

### 14.1.3. Темы опросов на занятиях

Фотоэффект. Эффект Комптона. Волны де Бройля. Правило квантования Бора – Зоммерфельда. Атом Бора.

Соотношение неопределенностей. Операторы. Средние значения физических величин. Коммутационные соотношения.

Одномерные задачи на отыскание собственных чисел энергии и волновых функций. Скачок потенциала

Отражение и прохождение волн. Бесконечная потенциальная яма.

Конечная потенциальная яма. Дискретный и непрерывный спектры значений энергии. Резонансы.

Прохождение прямоугольного потенциального барьера. Коэффициент прозрачности потенциального барьера

Определение значений энергии и волновых функций частицы в сферически симметричной потенциальной яме

Атом водорода и водородоподобные атомы. Излучение характеристических спектров атомными системами.

### 14.1.4. Вопросы на самоподготовку

Теория Бора. Элементарная квантовая теория излучения. Черное излучение. Пространственное квантование. Иллюстрации к соотношению неопределенностей. Одномерные задачи на отыскание собственных чисел энергии и волновых функций. Прохождение прямоугольного потенциального барьера. Собственные значения и собственные функции оператора Гамильтона гармонического осциллятора Энергетический спектр и волновые функции частицы в сферически симметричной потенциальной яме непрямоугольной формы. Вероятность перехода в единицу времени. Излучение характеристических линейчатых спектров атомами. Движение в кулоновском поле.

### 14.1.5. Темы лабораторных работ

Внешний фотоэффект. Изучение закона Столетова и проверка формулы Эйнштейна.

Проверка соотношения неопределённостей для фотонов

Туннельный эффект в вырожденном p-n – переходе

Исследование спектра атома водорода

### 14.1.6. Зачёт

Корпускулярно-волновой дуализм света. Гипотеза де Бройля. Волновая функция де Бройля. Операторы и их свойства в квантовой механике. Физический смысл волновой функции. Постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками. Прохождение частицы через барьер. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор. Электрон в атоме водорода. Квантовые числа. Собственный момент электрона. Магнитный собственный момент. Многоэлектронный атом. Таблица Менделеева. Понятие о теории представлений. Вектор состояния. Совектор состояния. Гильбертово пространство. Оператор в матричной форме.

## 14.2. 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 14.

Согласована на портале № 26322

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. 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.

Согласована на портале № 26322