МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотонные и квантовые информационные технологии**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83080

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: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.02.
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
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83080

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	знает физические основы механики, электричества и магнетизма, физики колебаний и волн, квантовой физики, электродинамики, статистической физики и термодинамики, атомной и ядерной физики; основы дифференциального и интегрального исчисления, принципы программирования
	ОПК-1.2. Умеет планировать и формулировать задачи исследования, решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	умеет применять методы математического анализа и моделирования; применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач
	ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, математического моделирования различных процессов	владеет методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств
Профессиональные компетенции		
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 фотоники и оптоинформатики

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

Согласована на портале № 83080

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к зачету	24	24
Подготовка к тестированию	16	16
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	16
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	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
4 семестр						
1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики	4	4	8	18	34	ОПК-1, ПК-1
2 Основные постулаты квантовой механики; стационарное уравнение Шредингера; временное уравнение Шредингера	4	4	-	10	18	ОПК-1, ПК-1
3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор	4	4	-	10	18	ОПК-1, ПК-1
4 Атом водорода; спин	6	6	8	18	38	ОПК-1, 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
4 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, ПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 83080

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	ОПК-1, 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	ОПК-1, 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	ОПК-1, 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
4 семестр			
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.

Согласована на портале № 83080

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
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
4 семестр				
1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1, 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	ОПК-1, ПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
	Итого	10		
3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
	Итого	10		

Согласована на портале № 83080

4 Атом водорода; спин	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1, 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.	
ОПК-1	+			+	Зачёт, Тестирование
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
4 семестр				
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.

Согласована на портале № 83080

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	
	60 – 64	E (посредственно)
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: https://e.lanbook.com/book/210197.

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: https://e.lanbook.com/book/210335.

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. (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

Согласована на портале № 83080

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 АКИП-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.;

Согласована на портале № 83080

- 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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)

Согласована на портале № 83080

1 Возникновение квантовой механики. Математический аппарат квантовой механики	ОПК-1, 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	ОПК-1, ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Туннельный эффект; гармонический осциллятор	ОПК-1, ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Атом водорода; спин	ОПК-1, 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 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (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

Согласована на портале № 83080

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 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, 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 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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 p-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;

Согласована на портале № 83080

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) $\nabla^2\Psi+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ze^2}{r}\right)\Psi=0;$

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) $\hat{A}(a_1u+a_2v)=a_1\hat{A}u+a_2\hat{A};$

б) $\int v^*\hat{A}udV=\int u\hat{A}^*v^*dV;$

в) $\int u_n^*v_mdV=0\ \ (m\neq n);$

г) $\int u_n^*v_mdV=1\ \ (m=n)$

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) $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}\left(E-\frac{m\omega^2}{2}x^2\right)\Psi=0;$

Согласована на портале № 83080

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

9. Какой формулой выражаются собственные значения энергии уравнения $\frac{d^2\Psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\Psi=0.$ для частицы в потенциальной яме?я

а) $E=\frac{\pi^2\hbar^2}{2ml^2}n^2;$

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

в) $E=-\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\frac{m_e z^2 e^4}{2\hbar^2}\frac{1}{n^2};$

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;

Согласована на портале № 83080

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;

Согласована на портале № 83080

– 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 № 83080

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №01-25 от «21» 1 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

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

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961

РАЗРАБОТАНО:

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

Согласована на портале № 83080