

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горно-Алтайский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО ГАГУ, ГАГУ, Горно-Алтайский государственный университет)

## Квантовая теория

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **кафедра математики, физики и информатики**

Учебный план 03.03.02\_2024\_614.plx  
03.03.02 Физика  
Цифровые технологии в альтернативной энергетике

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	216	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены 7
аудиторные занятия	122	зачеты 6
самостоятельная работа	46,5	
часов на контроль	43,6	

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		7 (4.1)		Итого	
	Неделя		Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	20	20	30	30	50	50
Практические	36	36	36	36	72	72
Консультации (для студента)	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,15	0,15	0,25	0,25	0,4	0,4
Консультации перед экзаменом			1	1	1	1
Итого ауд.	56	56	66	66	122	122
Контактная работа	57,15	57,15	68,75	68,75	125,9	125,9
Сам. работа	42	6	4,5	4,5	46,5	10,5
Часы на контроль	8,85	8,85	34,75	34,75	43,6	43,6
Итого	108	72	108	108	216	180

Программу составил(и):

*к.ф.м.н., доцент, Кыров Владимир Александрович*

Рабочая программа дисциплины

**Квантовая теория**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 891)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 Физика

утвержденного учёным советом вуза от 01.02.2024 протокол № 2.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

**кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от 11.04.2024 протокол № 8

Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
1.1	<i>Цели:</i> Формирование научного мировоззрения и современной физической картины мира. Изучение основных понятий и законов квантовой теории, а также методов решения физических задач, используя математический аппарат квантовой теории.
1.2	<i>Задачи:</i> 1. сформировать представление о волновых свойствах квантовых объектов 2. освоить математический аппарат квантовой теории; 3. ознакомить студентов с основными результатами квантовой теории

<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП</b>	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.23
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Теоретическая физика
2.1.2	Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц
2.1.3	Общая физика
2.1.4	Электродинамика
2.1.5	Математика
2.1.6	Методы математической физики
2.1.7	Оптика
2.1.8	Теоретическая механика. Механика сплошных сред
2.1.9	Дифференциальные уравнения
2.1.10	Теория вероятности и математическая статистика
2.1.11	Электричество и магнетизм
2.1.12	Векторный и тензорный анализ
2.1.13	Математический анализ
2.1.14	Молекулярная физика
2.1.15	Теория функций комплексной переменной
2.1.16	Механика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Теоретическая физика
2.2.2	Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика
2.2.3	Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц

<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
<b>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</b>	
<b>ИД-1.ОПК-1: Знает основные физические законы и математический аппарат, знаком с естественными науками в необходимом для профессиональной деятельности объеме</b>	
Знает основные положения квантовой теории, знаком с точными решениями в квантовой теории и основными приближенными методами квантовой теории	
<b>ИД-2.ОПК-1: Способен решать типовые физические задачи на основе аппарата высшей математики</b>	
Умеет решать типовые задачи по квантовой теории на основе аппарата высшей математики	
<b>ИД-3.ОПК-1: Имеет представление об области применения физических законов и естественно-научных знаний в своей профессиональной деятельности</b>	
Владеет навыками применения результатов квантовой теории в технологии, химии, электронике	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Основы квантовой теории</b>						
1.1	Основные постулаты квантовой теории. /Лек/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.2	Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.3	Соотношение неопределенностей /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.4	Математический аппарат квантовой механики. Операторы квантовой механики /Лек/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.5	Операторы и их действия /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.6	Операторы динамических переменных /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.7	Изменение состояния во времени /Лек/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.8	Уравнение Шредингера /Пр/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.9	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	<b>Раздел 2. Движение частиц в поле сил</b>						
2.1	Одномерная модель свободной частицы. Трехмерное описание свободной частицы. Движение точки в одномерной потенциальной яме. Одномерный потенциальный барьер. Линейный гармонический осциллятор. /Лек/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.2	Нахождение средних и вычисление значений физических величин /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

2.3	Движение точки в одномерной потенциальной яме. /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.4	Одномерный потенциальный барьер. /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.5	Линейный гармонический осциллятор. /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.6	Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле Движение электронов в кулоновском поле ядра. Движение электронов в одновалентных атомах и электронный ток. Квантовые уровни двухатомной молекулы. /Лек/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.7	Частица в сферической потенциальной яме /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.8	Радиальные волновые функции для электрона в атоме водорода /Пр/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.9	Сферические функции. Квантование момента импульса /Пр/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.10	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	<b>Раздел 3. Собственный механический и магнитный моменты (спин)</b>						
3.1	Экспериментальные доказательства существования спина электрона. Оператор спина и спиновые функции. Уравнение Паули. Свойства полного момента импульса. Расщепление спектральных линий в магнитном поле /Лек/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
3.2	Спинные функции. Операторы спина. Уравнение Паули. /Пр/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
3.3	Свойства полного момента импульса. Расщепление спектральных линий в магнитном поле /Пр/	6	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

3.4	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 4. Промежуточная аттестация (зачёт)</b>							
4.1	Подготовка к зачёту /Зачёт/	6	8,85	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
4.2	Контактная работа /КСРАтт/	6	0,15	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 5. Консультации</b>							
5.1	Консультация по дисциплине /Конс/	6	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 6. Теория возмущений</b>							
6.1	Сущность метода теории возмущений. Возмущение в отсутствие вырождения невозмущенного состояния. Возмущение при наличии вырождения. Расщепление энергетических уровней в электрическом и магнитном полях. Теория возмущения для непрерывного спектра. Нестационарная теория возмущений. /Лек/	7	10	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.2	Возмущение в отсутствие вырождения /Пр/	7	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.3	Возмущение при наличии вырождения /Пр/	7	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.4	Расщепление энергетических уровней в электрическом и магнитном полях. /Пр/	7	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.5	Нестационарная теория возмущений. /Пр/	7	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.6	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 7. Теория квантовых переходов между стационарными состояниями.</b>							

7.1	Явление квантового перехода. Вероятность переходов под влиянием возмущения, зависящего от времени. Переходы под влиянием возмущения, не зависящего от времени. Квантовые переходы под влиянием световой волны. Интеркомбинационный запрет /Лек/	7	6	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
7.2	Теория квантовых переходов /Пр/	7	8	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
7.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 8. Система тождественных микрочастиц</b>							
8.1	Принцип тождественности микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Частицы Бозе и частицы Ферми. Принцип Паули. /Лек/	7	6	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
8.2	Система тождественных микрочастиц /Пр/	7	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
8.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 9. Вторичное квантование</b>							
9.1	Вторичное квантование. Теория квантовых переходов и метод вторичного квантования. Столкновение частиц. Газ Ферми – Дирака и газ Бозе-Эйнштейна. /Лек/	7	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
9.2	Вторичное квантование /Пр/	7	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 10. Теория рассеяния</b>							
10.1	Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Борновское приближение. Метод парциальных волн. Неупругое рассеяние. /Лек/	7	2	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
10.2	Теория рассеяния /Пр/	7	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
10.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 11. Релятивистская теория</b>							



11.1	Соотношение неопределенности в релятивистской области. Релятивистское волновое уравнение частицы со спином нуль.. Уравнение Дирака. Спин частиц, описываемых уравнением Дирака. /Лек/	7	4	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
11.2	Релятивистская теория /Пр/	7	6	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
11.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	0,5	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 12. Консультации</b>							
12.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	1,5	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
<b>Раздел 13. Промежуточная аттестация (экзамен)</b>							
13.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	34,75	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
13.2	Контроль СР /КСРАТТ/	7	0,25	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
13.3	Контактная работа /КонсЭк/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Пояснительная записка

1. Назначение фонда оценочных средств. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Квантовая теория».

2. Фонд оценочных средств включает вводный тест, 4 теста текущего контроля, критерии оценивания и вопросы промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена.

### 5.2. Оценочные средства для текущего контроля

Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Вводный тест.  
Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Текущий тест 1.  
Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Текущий тест 2.  
Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Текущий тест 3.  
Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Текущий тест 4.  
Оценочные средства для входного контроля приведены в Приложении -- Критерии оценивания.

### 5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Письменные работы при реализации дисциплины не предусмотрены

### 5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Разделение переменных. Квантовые числа для электрона в атоме водорода
2. Радиальные функции для электрона в атоме водорода. Поведение функций при малых и больших расстояниях от ядра. Зависимость радиальных функций в этих крайних случаях от орбитального и главного квантового чисел.
3. Радиальные функции для электрона в атоме водорода. Вывод рекуррентного соотношения для коэффициентов полинома, входящего в радиальную функцию. Радиальное квантовое число. Главное квантовое число. Зависимость энергии от главного квантового числа.
4. Угловые функции для электрона в атоме водорода. Вращательная кинетическая энергия. Магнитное и орбитальное квантовые числа. Полиномы Лежандра и присоединенные полиномы Лежандра. Смешанные состояния.
5. Понятие спина электрона. Экспериментальные данные для обоснования существования собственного механического момента у электрона. Оператор спина электрона
6. Теория возмущений для невырожденных уровней.
7. Теория возмущений для двух близких уровней
8. Теория возмущений для вырожденных уровней. Правильные функции. Секулярное уравнение.
9. Эффект Штарка в атоме водорода. Секулярное уравнение. Методы расчета матричных элементов для секулярного уравнения. Правильные функции. Поправки к энергии в первом порядке малости.
10. Расщепление спектральных линий в слабом магнитном поле. Причина снятия вырождения

#### Критерии оценивания для зачета

**Зачтено** Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся логически строгие доказательства теорем и выводы формул.

Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся частично логически строгие доказательства теорем и выводы формул.

Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся отдельные выражения вместо доказательств теорем и выводов формул.

**ИЛИ** Даются без четких объяснениями определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся элементы доказательств теорем и выводов формул.

**Не зачтено** Даются без четких объяснениями определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся отдельные выражения вместо доказательств теорем и выводов формул.

#### Вопросы к экзамену

1. Нестационарная теория возмущений. Вероятность перехода между уровнями.
2. Вероятности переходов под влиянием световой волны (оптические переходы).
3. Принцип тождественности частиц. Оператор перестановки. Бозоны и фермионы.
4. Принцип Паули. Волновая функция системы частиц, симметричная и антисимметричная. Волновая функция системы из двух частиц.
5. Спиновая функция двух частиц с полуцелым спином: пара- и ортосостояние.
6. Обменное взаимодействие
7. Многоэлектронные атомы. Энергия основного состояния атома гелия. Энергия ионизации.
8. Постановка задачи для основного состояния ортогелия. Методы расчета интегралов в данной задаче
9. Молекула водорода
10. Постановка вопроса в теории рассеяния. Дифференциальное сечение рассеяния
11. Борновское приближение для нахождения амплитуды рассеяния
12. Метод парциальных волн для вычисления амплитуды рассеяния
13. Упругое рассеяние тождественных частиц
14. Сущность метода вторичного квантования
15. Свойства операторов «рождения» и «уничтожения» для частиц Бозе и Ферми.
16. Вывод уравнения Дирака и его отличие от уравнения Шредингера
17. Спин частиц, описываемых уравнением Дирака
18. Решение уравнения Дирака для свободной частицы.
19. Плотность вероятности и поток вероятности в теории Дирака.
20. Релятивистское уравнение для частиц со спином нуль. Уравнение Клейна – Фока - Гордона

#### Критерии оценивания для экзамена

**5(отлично)** Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся логически строгие доказательства теорем и выводы формул.

**4(хорошо)** Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся частично

логически строгие доказательства теорем и выводы формул.

3(удовл.) Даются с объяснениями все определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся отдельные выражения вместо доказательств теорем и выводов формул.

ИЛИ Даются без четких объяснениями определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся элементы доказательств теорем и выводов формул.

2(неудовл.) Даются без четких объяснениями определения, утверждения теорем, формулы. Приводятся отдельные выражения вместо доказательств теорем и выводов формул.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Савельев И.В.	Основы теоретической физики. Т.2. Квантовая механика: в 2-х т.: учебник	Санкт-Петербург: Лань, 2016	

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Иродов И.Е.	Задачи по квантовой физике: учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: ФИЗМАТЛИТ, 2001	
Л2.2	Грашин А.Ф.	Квантовая механика: учебное пособие	Москва: Просвещение, 1974	
Л2.3	Друкарев Г.Ф.	Квантовая механика: учебное пособие	Ленинград: ЛГУ, 1988	
Л2.4	Серова Ф.Г., Янкина А.А.	Сборник задач по теоретической физике: квантовая механика, статистическая физика: учебное пособие для вузов	Москва: Просвещение, 1979	
Л2.5	Палкин А.М.	Рабочая программа, методические указания и рекомендации по курсу теоретическая физика (квантовая теория): методические указания и рекомендации по специальности 010701 Физика	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010	<a href="http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=499:rabochaya-programma-metodicheskie-ukazaniya-i-rekomendatsii-po-kursu-teoreticheskaya-fizika-kvantovaya-teoriya&amp;catid=6:physics&amp;Itemid=164">http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=499:rabochaya-programma-metodicheskie-ukazaniya-i-rekomendatsii-po-kursu-teoreticheskaya-fizika-kvantovaya-teoriya&amp;catid=6:physics&amp;Itemid=164</a>
Л2.6	Магазинников А.Л., Мухачёв В. А.	Введение в квантовую механику: учебник для вузов	Томск: Эль Контент, 2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/13860.html">http://www.iprbookshop.ru/13860.html</a>

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	MS Office
6.3.1.2	MatLab
6.3.1.3	MS WINDOWS
6.3.1.4	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ
6.3.1.5	NVDA
6.3.1.6	Яндекс.Браузер
6.3.1.7	LibreOffice
6.3.1.8	РЕД ОС

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Межвузовская электронная библиотека
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks
6.3.2.3	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	проблемная лекция
--	-------------------

	презентация	
	дискуссия	

### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Номер аудитории	Назначение	Основное оснащение
220 Б1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя
214 Б1	Кабинет методики преподавания физики. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, мультимедиапроектор, компьютер, экран, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя
211 Б1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для самостоятельной работы	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), компьютеры с доступом к Интернет
214 Б1	Кабинет методики преподавания физики. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, мультимедиапроектор, компьютер, экран, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя
211 Б1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для самостоятельной работы	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), компьютеры с доступом к Интернет
220 Б1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя

### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекции, с одной стороны – это одна из основных форм учебных занятий в высших учебных заведениях, представляющая собой систематическое, последовательное устное изложение преподавателем определенного раздела конкретной науки или учебной дисциплины, с другой – это особая форма самостоятельной работы с учебным материалом. Лекция не заменяет собой книгу, она только подталкивает к ней, раскрывая тему, проблему, выделяя главное, существенное, на что следует обратить внимание, указывает пути, которым нужно следовать, добиваясь глубокого понимания поставленной проблемы, а не общей картины.

Работа на лекции – это сложный процесс, который включает в себя такие элементы как слушание, осмысление и собственно конспектирование. Для того, чтобы лекция выполнила свое назначение, важно подготовиться к ней и ее записи

еще до прихода преподавателя в аудиторию. Без этого дальнейшее восприятие лекции становится сложным. Лекция в университете рассчитана на подготовленную аудиторию. Преподаватель излагает любой вопрос, ориентируясь на те знания, которые должны быть у студентов, усвоивших материал всех предыдущих лекций. Важно научиться слушать преподавателя во время лекции, поддерживать непрерывное внимание к выступающему. Однако, одного слушания недостаточно. Необходимо фиксировать, записывать тот поток информации, который сообщается во время лекции – научиться вести конспект лекции, где формулировались бы наиболее важные моменты, основные положения, излагаемые лектором. Для ведения конспекта лекции следует использовать тетрадь. Ведение конспекта на листочках не рекомендуется, поскольку они не так удобны в использовании и часто теряются. При оформлении конспекта лекции необходимо оставлять поля, где студент может записать свои собственные мысли, возникающие параллельно с мыслями, высказанными лектором, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе слушания, чтобы получить на них ответы при самостоятельной проработке материала лекции, при изучении рекомендованной литературы или непосредственно у преподавателя в конце лекции. Составляя конспект лекции, следует оставлять значительный интервал между строчками. Это связано с тем, что иногда возникает необходимость вписать в первоначальный текст лекции одну или несколько строчек, имеющих принципиальное значение и почерпнутых из других источников. Расстояние между строками необходимо также для подчеркивания слов или целых групп слов (такое подчеркивание вызывается необходимостью привлечь внимание к данному месту в тексте при повторном чтении). Обычно подчеркивают определения, выводы.

Также важно полностью без всяких изменений вносить в тетрадь схемы, таблицы, чертежи и т.п., если они предполагаются в лекции. Для того, чтобы совместить механическую запись с почти дословным фиксированием наиболее важных положений, можно использовать системы условных сокращений. В первую очередь сокращаются длинные слова и те, что повторяются в речи лектора чаще всего. При этом само сокращение должно быть по возможности кратким.

Семинарские (практические) занятия Самостоятельная работа студентов по подготовке к семинарскому (практическому) занятию должна начинаться с ознакомления с планом семинарского (практического) занятия, который включает в себя вопросы, выносимые на обсуждение, рекомендации по подготовке к семинару (практическому занятию), рекомендуемую литературу к теме. Изучение материала следует начать с просмотра конспектов лекций. Восстановив в памяти материал, студент приводит в систему основные положения темы, вопросы темы, выделяя в ней главное и новое, на что обращалось внимание в лекции. Затем следует внимательно прочитать соответствующую главу учебника.

Для более углубленного изучения вопросов рекомендуется конспектирование основной и дополнительной литературы. Читая рекомендованную литературу, не стоит пассивно принимать к сведению все написанное, следует анализировать текст, думать над ним, этому способствуют записи по ходу чтения, которые превращают чтение в процесс. Записи могут вестись в различной форме: развернутых и простых планов, выписок (тезисов), аннотаций и конспектов.

Подобрав, отработав материал и усвоив его, студент должен начать непосредственную подготовку своего выступления на семинарском (практическом) занятии для чего следует продумать, как ответить на каждый вопрос темы.

По каждому вопросу плана занятий необходимо подготовиться к устному сообщению (5-10 мин.), быть готовым принять участие в обсуждении и дополнении докладов и сообщений (до 5 мин.).

Выступление на семинарском (практическом) занятии должно удовлетворять следующим требованиям: в нем излагаются теоретические подходы к рассматриваемому вопросу, дается анализ принципов, законов, понятий и категорий; теоретические положения подкрепляются фактами, примерами, выступление должно быть аргументированным.

Самостоятельная работа обучающихся – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Объем самостоятельной работы определяется учебным планом основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), рабочей программой дисциплины (модуля).

Самостоятельная работа организуется и проводится с целью формирования компетенций, понимаемых как способность применять знания, умения и личностные качества для успешной практической деятельности, в том числе:

- формирования умений по поиску и использованию нормативной, правовой, справочной и специальной литературы, а также других источников информации;
- качественного освоения и систематизации полученных теоретических знаний, их углубления и расширения по применению на уровне межпредметных связей;
- формирования умения применять полученные знания на практике (в профессиональной деятельности) и закрепления практических умений обучающихся;
- развития познавательных способностей, формирования самостоятельности мышления обучающихся;
- совершенствования речевых способностей обучающихся;
- формирования необходимого уровня мотивации обучающихся к систематической работе для получения знаний, умений и владений в период учебного семестра, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования способностей к саморазвитию (самопознанию, самоопределению, самообразованию, самосовершенствованию, самореализации и саморегуляции);
- развития научно-исследовательских навыков;
- развития навыков межличностных отношений.

К самостоятельной работе по дисциплине (модулю) относятся: проработка теоретического материала дисциплины (модуля); подготовка к семинарским и практическим занятиям, в т.ч. подготовка к текущему контролю успеваемости обучающихся (текущая аттестация); подготовка к лабораторным работам; подготовка к промежуточной аттестации (зачётам, экзаменам).

Виды, формы и объемы самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины (модуля) определяются:

- содержанием компетенций, формируемых дисциплиной (модулем);
- спецификой дисциплины (модуля), применяемыми образовательными технологиями;
- трудоемкостью СР, предусмотренной учебным планом;
- уровнем высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура), на котором реализуется ОПОП;
- степенью подготовленности обучающихся.