

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_2020_610.plx
03.03.02 Физика
Фундаментальная физика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	288	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены 7
аудиторные занятия	108	зачеты 6
самостоятельная работа	133,2	
часов на контроль	43,6	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	6 (3.2)		7 (4.1)		Итого	
	Неделя		18 2/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	18	18	18	18	36	36
Практические	36	36	36	36	72	72
Консультации (для студента)	0,9	0,9	0,9	0,9	1,8	1,8
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
В том числе инт.	18	18	18	18	36	36
Итого ауд.	54	54	54	54	108	108
Контактная работа	55,05	55,05	56,15	56,15	111,2	111,2
Сам. работа	44,1	44,1	89,1	89,1	133,2	133,2
Часы на контроль	8,85	8,85	34,75	34,75	43,6	43,6
Итого	108	108	180	180	288	288

Программу составил(и):
к.т.н., доцент, Гвоздарев А.Ю.



Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014г. №937)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 Физика

утвержденного учёным советом вуза от 30.01.2020 протокол № 1.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 14.05.2020 № 9

Зав. кафедрой Раенко Елена Александровна



Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 8 июня 2023 г. № 11
И.о. зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
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
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Теоретическая физика
2.2.2	Геомагнитные измерения
2.2.3	Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика
2.2.4	Физика конденсированного состояния вещества

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-2: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

Знать:

- основные понятия, принципы, законы и методы квантовой теории;
- точные решения квантовой теории.

Уметь:

решать задачи квантовой теории

Владеть:

методами решения задач по квантовой теории

ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Знать:

- основные понятия, принципы, законы и методы квантовой теории;
- роль квантовой теории в формировании физической, естественнонаучной и научной картины мира;

Уметь:

- решать задачи методами квантовой теории (в пределах содержания программы);
- использовать полученные знания, а также учебную и справочную литературу для самостоятельного изучения дисциплин, базирующихся на понятиях и принципах квантовой теории;

- анализировать различные теории, модели, принципы и законы по курсу квантовой теории;
- грамотно использовать в своей деятельности профессиональную лексику и понятийный аппарат квантовой теории.

Владеть:

понятийным аппаратом квантовой теории

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
Раздел 1. Основы квантовой теории							
1.1	Основные постулаты квантовой теории. /Лек/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
1.2	Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.3	Соотношение неопределенностей /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	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	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
1.5	Операторы и их действия /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.6	Операторы динамических переменных /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.7	Изменение состояния во времени /Лек/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
1.8	Уравнение Шредингера /Пр/	6	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.9	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	8	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.10	Анализ материала лекций /Ср/	6	3	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
Раздел 2. Движение частиц в поле сил							
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	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.2	Нахождение средних и вычисление значений физических величин /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	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	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.4	Одномерный потенциальный барьер. /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.5	Линейный гармонический осциллятор. /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	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	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.7	Частица в сферической потенциальной яме /Пр/	6	2	ОПК-3 ОПК-2	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	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.9	Сферические функции. Квантование момента импульса /Пр/	6	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.10	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	14	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
2.11	Анализ материала лекций /Ср/	6	7,1	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 3. Собственный механический и магнитный моменты (спин)						
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	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
3.2	Спиновые функции. Операторы спина. Уравнение Паули. /Пр/	6	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
3.3	Свойства полного момента импульса. Расщепление спектральных линий в магнитном поле /Пр/	6	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
3.4	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	8	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
3.5	Анализ материала лекций /Ср/	6	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 4. Консультации						

4.1	Консультация по дисциплине /Конс/	6	0,9	ОПК-3 ОПК -2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 5. Промежуточная аттестация (зачёт)						
5.1	Подготовка к зачёту /Зачёт/	6	8,85	ОПК-3 ОПК -2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
5.2	Контактная работа /КСРАТТ/	6	0,15	ОПК-3 ОПК -2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 6. Теория возмущений						
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	6	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.2	Возмущение в отсутствие вырождения /Пр/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.3	Возмущение при наличии вырождения /Пр/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	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	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.5	Нестационарная теория возмущений. /Пр/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.6	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	14	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
6.7	Анализ материала лекций /Ср/	7	12	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 7. Теория квантовых переходов между стационарными состояниями.						
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	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
7.2	Теория квантовых переходов /Пр/	7	8	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
7.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	12	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

7.4	Анализ материала лекций /Ср/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 8. Система тождественных микрочастиц						
8.1	Принцип тождественности микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Частицы Бозе и частицы Ферми. Принцип Паули. /Лек/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
8.2	Система тождественных микрочастиц /Пр/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
8.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	6	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
8.4	Анализ материала лекций /Ср/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 9. Вторичное квантование						
9.1	Вторичное квантование. Теория квантовых переходов и метод вторичного квантования. Столкновение частиц. Газ Ферми – Дирака и газ Бозе-Эйнштейна. /Лек/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
9.2	Вторичное квантование /Пр/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
9.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	6	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
9.4	Анализ материала лекций /Ср/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 10. Теория рассеяния						
10.1	Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Борновское приближение. Метод частичных волн. Неупругое рассеяние. /Лек/	7	2	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
10.2	Теория рассеяния /Пр/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
10.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	6	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
10.4	Анализ материала лекций /Ср/	7	4	ОПК-3 ОПК -2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
	Раздел 11. Релятивистская теория						

11.1	Соотношение неопределенности в релятивистской области. Релятивистское волновое уравнение частицы со спином нуль.. Уравнение Дирака. Спин частиц, описываемых уравнением Дирака. /Лек/	7	4	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
11.2	Релятивистская теория /Пр/	7	6	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
11.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	9,1	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
11.4	Анализ материала лекций /Ср/	7	8	ОПК-3 ОПК-2	Л1.1 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
Раздел 12. Консультации							
12.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	0,9	ОПК-3 ОПК-2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
Раздел 13. Промежуточная аттестация (экзамен)							
13.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	34,75	ОПК-3 ОПК-2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
13.2	Контроль СР /КСРАтт/	7	0,25	ОПК-3 ОПК-2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
13.3	Контактная работа /КонсЭк/	7	1	ОПК-3 ОПК-2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Пояснительная записка

Формируется отдельным документом в соответствии с Положением о фонде оценочных средств в ГАГУ

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

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

Примеры тестовых задач

Вариант 1.

1. Определите, какой квантовый объект описывает волновая функция

$$\psi = A \exp(-\sqrt{2m(U_0 - E)} x / \hbar)$$

2. При отражении от потенциального барьера формируется волновая функция вида

$$\psi = 4/5 e^{i p / \hbar x} + 3/5 e^{-i p / \hbar x}$$

3. Определите коэффициент отражения от барьера.

Во сколько раз меняется энергия и импульс квантового объекта в прямоугольной потенциальной яме бесконечной глубины при переходе с первого уровня на второй.

Вариант 1

1. Определите вероятность обнаружения электрона в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины l на участке при $n=2$.

2. Как меняется электронная плотность вблизи ядра атома водорода при увеличении орбитального числа?

3. Сравните частоты собственных колебаний молекулы водорода и молекулы дейтерия, если у дейтерия масса ядра в два раза больше. Запишите волновую функцию для основного состояния квантового осциллятора.

4. Запишите волновую функцию для системы из двух фермионов, находящихся в основном состоянии в сферически симметричной бесконечно глубокой потенциальной яме.

5. Запишите матричный элемент для расчёта поправки к энергии основного состояния атома водорода в электрическом поле

Самостоятельные работы

Приложение В

№ Темы

Содержания задач

1. Волны де Бройля 1. Вычислить дебройлевскую длину волны частицы, движущейся со скоростью $v = 1 \text{ мм/с}$. с диаметром 1 мкм , с массой $m = 10^{-15} \text{ кг}$.

Ответ. $\lambda = 6.6 \cdot 10^{-16} \text{ м}$.

2. Вычислить дебройлевскую длину волны нейтрона, имеющий скорость v , соответствующей средней энергии теплового движения при температуре $T = 300 \text{ К}$. Масса нейтрона $m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Ответ. $\lambda = 1.4 \text{ \AA}$.

2. Соотношение неопределенностей 3. Электрон с кинетической энергией $E = \text{эВ}$ локализован в области размером $L = 1 \text{ мкм}$. Оценить относительную неопределенность его скорости v .

Ответ. $\Delta v/v \approx \hbar/L^2 E m = 10^{-4}$

4. Частица массы m локализован в области размером L . Оценить кинетическую энергию частицы, при которой ее относительная неопределенность будет 0.01 .

Ответ. $E = 8.104 \hbar^2 / mL^2$.

3. Операторы и их действия. 5. Найти результат действия оператора d^2/dx^2 на функцию $\cos x$.

6. Найти собственные значения оператора $A = -\hbar^2/d^2x^2$, принадлежащее собственной функции $\Psi = \sin 2x$.

4. Операторы динамических переменных 7. Является ли $\exp(imx)\cos$ собственной функцией оператора Δ ?

8. Коммутируют ли между собой операторы проекций момента импульсов L_x и L_z ?

5. Уравнение Шредингера. 9. Показать, что производная по времени от оператора проекции момента импульса L_x равна оператору проекции внешних сил т.е.

$$d L_x / dt = L_x = -(\partial U / \partial Z - \partial U / \partial y)$$

10. Частица находится в состоянии, описываемое собственной функцией оператора \hat{A} , который явно не зависит от времени. Показать, что соответствующее собственное значение A этого оператора будет сохраняться во времени, если оператор \hat{A} коммутирует с гамильтонианом \hat{H} .

6. Матрицы и действия над ними. 11. Матричный элемент $M_{kn} = \int \psi_k^*(x) \psi_n(x) dx$. Ответить: 1) является ли матричный элемент функцией x и 2) показать, что в общем случае $k_n \neq M_{kn}$

12. Записать уравнение Шредингера для стационарных состояний в « E – представлении», если спектр оператора дискретный.

13. Матричный элемент $M_{kn} = \int \psi_k^*(x) \psi_n(x) dx$. Ответить: 1) является ли матричный элемент функцией x и 2) показать, что в общем случае $k_n \neq M_{kn}$

7. Нахождение средних значений 14. Вычислить среднее значение импульса частицы в потенциальном яме.

Ответ: нуль.

15. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно не проницаемыми стенками ($0 < x < a$), ($0 < y < b$). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области $0 < x < a/3$.

8. Вычисление значений физических величин.

16. Частица движется в поле с потенциалом $U(r) = A/ra$, где $0 < a < 2$ и $A < 0$. Возможно ли при этом $E > 0$?

17. Найти возможные значения энергии частицы с массой m , находящейся в сферически симметричной потенциальной яме $U(r) = 0$ при $r < r_0$ и $U(r) = \infty$ для случая, когда движение частицы описывается волновой функцией ψ , зависящей только от r .

Ответ. $E_n = \hbar^2 \pi^2 / 2mr_0^2 n^2$

9. Теория возмущений 18. Невозмущенный уровень E_0 двукратно вырожден. Найти поправку к значению энергии $\epsilon = E_0 - E_0k$.

19. Записать систему уравнений $(E_0 m + w m \beta m - E(0)) C(0) m \beta + \sum W m \beta m \alpha C(0) n \alpha$
 $\alpha \neq \beta$

10. Задача многих тел 20. Атом находится в четном состоянии с моментом импульса $L = 0$. Пусть энергетически возможен распад этого атома на свободный электрон и ион, остающийся в нечетном состоянии с тем же значением

момента импульса $L = 0$. Показать, что закон сохранения четности запрещает такой процесс.

21. Можно ли утверждать, что закон сохранения четности вытекает из закона сохранения момента импульса?

11. Двухатомная молекула. 22. Найти энергию, необходимую для возбуждения молекулы H_2 на первый вращательный уровень и угловую скорость вращения.

Ответ: 15 мэВ и $3.3 \cdot 10^{13}$ рад/с.

23. Найти температуры, при которых средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул H_2 и N_2 равна их вращательной энергии в состоянии с вращательным квантовым числом $j = 1$

Ответ: 118 и 3.9 К

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Энергия и импульс световых квантов. Квантовое единство корпускулярно – волнового дуализма.
2. Излучение абсолютно черного тела. Гипотеза Планка.
3. Эффект Комптона
4. Волны де Бройля. Групповая скорость. Дифракция микрочастиц.
5. Статистическое толкование волн де Бройля.
6. Вероятность местоположения микрочастицы.
7. Принцип суперпозиции. Вероятность импульса микрочастицы.
8. Средние значения функций от координат и функций от импульсов.
9. Понятие статистического ансамбля квантовой механики. Соотношение неопределенностей.
10. Понятия полного набора величин и полного измерения. Редукция волнового пакета.
11. Понятие оператора. Свойства операторов.
12. Собственные значения и собственные функции операторов и их физический смысл.
13. Свойства собственных значений и собственных функций операторов.
14. Операторы координаты и импульса микрочастицы. Оператор момента импульса микрочастицы.
15. Оператор энергии и функции Гамильтона. Гамильтониан.
16. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике.
17. Оператор смещение во времени. Стационарные состояния.
18. Уравнение Шредингера для стационарного состояния.
19. Производные операторов по времени. Квантовая скобка Пуассона.
20. Переход от квантовых уравнений к уравнениям Ньютона.
21. Различные представления состояния квантовых систем. Различные представления операторов, изображающих механические величины.
22. Матрицы и действия над ними.
23. Определение среднего значения и спектра величины, представляемой оператором в матричной форме.
24. Уравнение Шредингера и зависимость операторов от времени в матричной форме.
25. Унитарные преобразования. Унитарное преобразование от одного момента времени к другому.
26. Одномерная модель свободной частицы. Трехмерная модель свободной частицы.
27. Движение точки в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Одномерный потенциальный барьер. Туннельный эффект.
28. Линейный гармонический осциллятор.
29. Понятие центрального поля. Уравнение Шредингера для частиц в центральном поле.
30. Движение электрона в кулоновском поле ядра.
31. Движение электрона в одновалентных атомах.
32. Токи в атомах. Магнетон.
33. Спин электрона. Оператор спина электрона.
34. Спиновые функции. Собственный магнитный момент электрона.
35. Уравнение Паули.
36. Расщепление спектральных линий в магнитном поле.
37. Движение спина в переменном магнитном поле.
38. Свойство полного момента импульса.
39. Сущность метода теории возмущений.
40. Возмущение в отсутствие вырождения.
41. Возмущение при наличии вырождения.
42. Нестационарная теория возмущений.
43. Явление квантового перехода.
44. Вероятности переходов под влиянием возмущения, зависящего от времени.
45. Переходы под влиянием возмущения, не зависящего от времени.
46. Закон сохранения полного импульса системы микрочастиц.
47. Связь законов сохранения с симметрией пространства и времени.

48. Система микрочастиц, совершающих малые колебания.
 49. Принцип тождественности микрочастиц.
 50. Симметричные и антисимметричные состояния.
 51. Частицы Бозе и частицы Ферми. Принцип Паули.
 52. Волновые функции для системы частиц Ферми и частиц Бозе.
 53. Квантовая механика атома и периодическая система элементов Менделеева.
 54. Метод вторичного квантования. Операторы «рождения» и «уничтожения».
 55. Метод вторичного квантования для частиц Ферми и частиц Бозе.
 56. Теория квантовых переходов и метод вторичного квантования.
 57. Постановка вопроса в теории рассеяния. Дифференциальное сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния
 58. Понятие упругого и неупругого рассеяний. Расчет упругого рассеяния методом Борна
 59. Рассеяние при малых энергиях. Рассеяние одинаковых частиц.
 60. Соотношения неопределенности в релятивистской области
 61. Релятивистское волновое уравнение для частиц со спином нуль.
 62. Уравнение Дирака. Матрица Дирака. Плотность вероятности и поток вероятности.
 Задачи для самостоятельных работ
 Тестовые задачи

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	http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=499:rabochaya-programma-metodicheskie-ukazaniya-i-rekomendatsii-po-kursu-teoreticheskaya-fizika-kvantovaya-teoriya&catid=6:physics&Itemid=164
Л2.6	Магазинников А.Л., Мухачёв В. А.	Введение в квантовую механику: учебник для вузов	Томск: Эль Контент, 2012	http://www.iprbookshop.ru/13860.html

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

6.3.2 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
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

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. Подобрать, отработать 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.

Лабораторные работы являются основными видами учебных занятий, направленными на экспериментальное (практическое) подтверждение теоретических положений и формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе лабораторной работы как вида учебного занятия студенты выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

При выполнении обучающимися лабораторных работ значимым компонентом становятся практические задания с использованием компьютерной техники, лабораторно - приборного оборудования и др. Выполнение студентами лабораторных работ проводится с целью: формирования умений, практического опыта (в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, и на основании перечня формируемых компетенций, установленными рабочей программой дисциплины), обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний, совершенствования умений применять полученные знания на практике.

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что в ходе выполнения заданий у студентов формируются умения и практический опыт работы с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, программами и др., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов - их теоретической готовности к выполнению задания.

Формы организации студентов при проведении лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется группами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Текущий контроль учебных достижений по результатам выполнения лабораторных работ проводится в соответствии с системой оценивания (рейтинговой, накопительной и др.), а также формами и методами (как традиционными, так и инновационными, включая компьютерные технологии), указанными в рабочей программе дисциплины (модуля). Текущий контроль проводится в пределах учебного времени, отведенного рабочим учебным планом на освоение дисциплины, результаты заносятся в журнал учебных занятий.

Объем времени, отводимый на выполнение лабораторных работ, планируется в соответствии с учебным планом ОПОП.

Перечень лабораторных работ в РПД, а также количество часов на их проведение должны обеспечивать реализацию требований к знаниям, умениям и практическому опыту студента по дисциплине (модулю) соответствующей ОПОП.

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;
- степени подготовленности обучающихся.

Курсовая работа является самостоятельным творческим письменным научным видом деятельности студента по разработке конкретной темы. Она отражает приобретенные студентом теоретические знания и практические навыки. Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно под руководством преподавателя.

Курсовая работа, наряду с экзаменами и зачетами, является одной из форм контроля (аттестации), позволяющей определить степень подготовленности будущего специалиста. Курсовые работы защищаются студентами по окончании изучения указанных дисциплин, определенных учебным планом.

Оформление работы должно соответствовать требованиям. Объем курсовой работы: 25–30 страниц. Список литературы и Приложения в объем работы не входят. Курсовая работа должна содержать: титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы, приложение (при необходимости). Курсовая работа подлежит рецензированию руководителем курсовой работы. Рецензия является официальным документом и прикладывается к курсовой работе.

Тематика курсовых работ разрабатывается в соответствии с учебным планом. Руководитель курсовой работы лишь помогает студенту определить основные направления работы, очертить её контуры, указывает те источники, на которые следует обратить главное внимание, разъясняет, где отыскать необходимые книги.

Составленный список источников научной информации, подлежащий изучению, следует показать руководителю курсовой работы.

Курсовая работа состоит из глав и параграфов. Вне зависимости от решаемых задач и выбранных подходов структура работы должна содержать: титульный лист, содержание, введение, основную часть; заключение; список литературы; приложение(я).

Во введении необходимо отразить: актуальность; объект; предмет; цель; задачи; методы исследования; структура работы. Основную часть работы рекомендуется разделить на 2 главы, каждая из которых должна включать от двух до четырех параграфов.

Содержание глав и их структура зависит от темы и анализируемого материала.

Первая глава должна иметь обзорно–аналитический характер и, как правило, является теоретической.

Вторая глава по большей части раскрывает насколько это возможно предмет исследования. В ней приводятся практические данные по проблематике темы исследования.

Выводы оформляются в виде некоторого количества пронумерованных абзацев, что придает необходимую стройность изложению изученного материала. В них подводятся итог проведённой работы, непосредственно выводы, вытекающие из всей работы и соответствующие выявленным проблемам, поставленным во введении задачам работы; указывается, с какими трудностями пришлось столкнуться в ходе исследования.

Правила написания и оформления курсовой работы регламентируются Положением о курсовой работе (проекте), утвержденным решением Ученого совета ФГБОУ ВО ГАГУ от 27 апреля 2017 г.