

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_2021_611.plx
03.03.02 Физика
Альтернативная энергетика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	180	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены 7
аудиторные занятия	122	зачеты 6
самостоятельная работа	10,6	
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)	0,9	0,9	1,5	1,5	2,4	2,4
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.	56	56	66	66	122	122
Контактная работа	57,05	57,05	68,75	68,75	125,8	125,8
Сам. работа	6,1	6,1	4,5	4,5	10,6	10,6
Часы на контроль	8,85	8,85	34,75	34,75	43,6	43,6

Итого	72	72	108	108	180	180
-------	----	----	-----	-----	-----	-----

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 - 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 10.06.2021 протокол № 7.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 22.06.2021 протокол № 10

Зав. кафедрой Часовских Николай Сергеевич



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
2.2.5	Физические основы электроники

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

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;
ИД-1.ОПК-1: Знает основные физические законы и математический аппарат, знаком с естественными науками в необходимом для профессиональной деятельности объеме
Знает основные положения квантовой теории, знаком с точными решениями в квантовой теории и основными приближенными методами квантовой теории
ИД-2.ОПК-1: Способен решать типовые физические задачи на основе аппарата высшей математики
Способен решать типовые задачи по квантовой теории на основе аппарата высшей математики
ИД-3.ОПК-1: Имеет представление об области применения физических законов и естественно-научных знаний в своей профессиональной деятельности
Имеет представления о применении 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
Раздел 1. Основы квантовой теории							
1.1	Основные постулаты квантовой теории. /Лек/	6	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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.3	Соотношение неопределенностей /Пр/	6	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	4		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
1.5	Операторы и их действия /Пр/	6	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.6	Операторы динамических переменных /Пр/	6	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
1.7	Изменение состояния во времени /Лек/	6	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
1.8	Уравнение Шредингера /Пр/	6	4		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		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		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		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.4	Одномерный потенциальный барьер. /Пр/	6	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	

2.5	Линейный гармонический осциллятор. /Пр/	6	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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.7	Частица в сферической потенциальной яме /Пр/	6	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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
2.9	Сферические функции. Квантование момента импульса /Пр/	6	4		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		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
3.2	Спинные функции. Операторы спина. Уравнение Паули. /Пр/	6	4		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
3.4	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	6	2,1		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	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
	Раздел 5. Промежуточная аттестация (зачёт)						
5.1	Подготовка к зачёту /Зачёт/	6	8,85	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	

5.2	Контактная работа /КСРАТТ/	6	0,15	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		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	10		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.2	Возмущение в отсутствие вырождения /Пр/	7	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.3	Возмущение при наличии вырождения /Пр/	7	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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
6.5	Нестационарная теория возмущений. /Пр/	7	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	1		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	6		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
7.2	Теория квантовых переходов /Пр/	7	8		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
7.3	Решение домашнего задания. Подготовка списка понятий /Ср/	7	1		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	6		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
8.2	Система тождественных микрочастиц /Пр/	7	4		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		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
9.2	Вторичное квантование /Пр/	7	4		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 парциальных волн. Неупругое рассеяние. /Лек/	7	2		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
10.2	Теория рассеяния /Пр/	7	4		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		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	2	
11.2	Релятивистская теория /Пр/	7	6		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		Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6	0	
Раздел 12. Консультации							
12.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	1,5	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
Раздел 13. Промежуточная аттестация (экзамен)							
13.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	34,75	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
13.2	Контроль СР /КСРАтт/	7	0,25	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	

13.3	Контактная работа /КонсЭж/	7	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
------	----------------------------	---	---	--	--	---	--

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Пояснительная записка

Фонд оценочных средств формируется отдельным документом в соответствии с Положением о фонде оценочных средств в Горно-Алтайском государственном университете

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

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

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

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

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

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

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 $v = 1$ мм/с. с диаметром 1 мкм, с массой $m = 10^{-15}$ кг.

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

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

Ответ. $\lambda = 1.4 \text{ \AA}$.

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

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

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

Ответ. $E = 8.104 \hbar^2 / m L^2$.

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

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

4. Операторы динамических переменных 7. Является ли $\exp(imx)\cos$ собственной функцией оператора $\hat{\Delta}$?

8. Коммутируют ли между собой операторы проекций момента импульсов \hat{L}_y и \hat{L}_z ?

5. Уравнение Шредингера. 9. Показать, что производная по времени от оператора проекции момента импульса \hat{L}_x равна оператору проекции внешних сил т.е.

$$d \hat{L}_x / dt = \hat{L}_x = -(\partial U / \partial z - \partial U / \partial y)$$

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 $M_{kn} = \int \psi_k^*(x) \hat{A} \psi_n(x) dx$. 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 $M_{kn} = \int \psi_k^*(x) \hat{A} \psi_n(x) dx$. 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 $U(r) = A/\alpha r$, 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 $(E_0 m + \omega m \beta m - E(0)) C(0) m \beta + \sum W m \beta m \alpha C(0) n \alpha$

$\alpha \neq \beta$

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 3.3.1013 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

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

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)
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>

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.