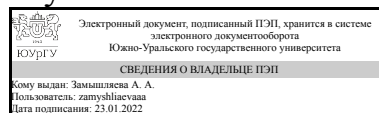


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



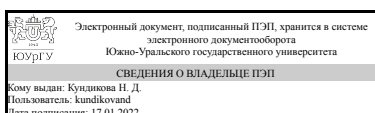
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины В.1.06 Квантовая механика  
для направления 03.03.01 Прикладные математика и физика  
уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат  
профиль подготовки Прикладные математика и физика  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Оптоинформатика

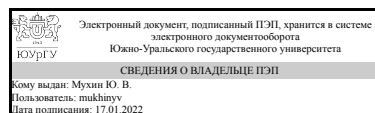
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 06.03.2015 № 158

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доцент



Ю. В. Мухин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Освоение основных понятий, представлений и методов, необходимых для описания движений микроскопических систем, формирование физической картины строения материи на атомном и субатомном уровнях.

## Краткое содержание дисциплины

Курс содержит: 1) изложение математического аппарата, необходимого для адекватной интерпретации опытных фактов о свойствах и поведении микросистем, 2) мотивировку, формулировку и обсуждение основных положений нерелятивистской квантовой механики (аксиом), 3) формулировку квантовых законов движения в картинах Шредингера и Гейзенберга, 4) изложение приближенных методов решения задач квантовой механики (теории возмущений и вариационных методов), 5) рассмотрение квантовой теории момента импульса, имеющего орбитальное происхождение и связанного со спином частиц, 6) изучение особенностей в поведении систем, состоящих из тождественных частиц, 7) дает представления о характере и способах решения задач о рассеянии частиц и о тех изменениях, которые нужно сделать в нерелятивистском варианте теории, чтобы описать движения и релятивистских частиц.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-2 способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности	Знать: Основы теории гильбертовых пространств, необходимые для формулировки аксиомы состояний в квантовой механике.
	Уметь: Конструировать из заданного множества метрическое, линейное или гильбертово пространство. Идентифицировать представленную алгебраическую структуру как метрическое, линейное или гильбертово пространство. Представлять данный элемент гильбертова пространства в виде обобщенного ряда или интеграла Фурье. Строить декартов базис из данного.
	Владеть: Методами математического анализа, линейной алгебры и функционального анализа, необходимыми для оперирования с элементами гильбертова пространства в данной его реализации, функциональной (L2) или дискретной (l2).
ОПК-4 способностью применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов	Знать: Основные понятия квантовой механики: квантовая система, ее состояние, наблюдаемая. Основные положения квантовой механики: аксиому состояний, аксиому наблюдаемых, аксиому о статистической интерпретации, принцип соответствия, принцип тождественности элементарных частиц. Основные подходы к эволюции квантовых

	систем: гейзенберговское и шредингеровское описание динамики квантовых систем. Точно решаемые модели и приближенные методы решения задач квантовой механики.
	Уметь: Идентифицировать задачу как квантовомеханическую. Выделять в изучаемой системе или процессе те части, которые требуют квантовомеханического рассмотрения. Формулировать предъявленную задачу математически. Использовать возможности для упрощения задачи за счет применения оправданных приближений. Выбирать наиболее эффективный аналитический или численный метод решения задачи в ее окончательной формулировке.
	Владеть: Способами оценки правильности найденного решения, его точности и адекватности рассматриваемому физическому явлению. Методами интерпретации результатов квантовомеханических расчетов и экспериментов.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.15 Математический анализ, Б.1.17 Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Б.1.24 Физика лазеров

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.17 Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Знать основные понятия и определения из теории линейных и метрических (в частности, унитарных) пространств. Уметь идентифицировать систему векторов как линейно-независимую и как базис в унитарном пространстве. Владеть техникой смены базиса и построения декартова базиса.
Б.1.15 Математический анализ	Знать основные понятия и определения дифференциального и интегрального исчисления для функций одной или нескольких переменных. Уметь дифференцировать и интегрировать простейшие (табличные) функции. Владеть методами интегрирования сложных функций и правилами их дифференцирования.

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	120	60	60
Подготовка к экзамену	30	0	30
Подготовка к коллоквиумам по теории и подготовка к практическим занятиям/контрольным работам, разделы 3-6	30	0	30
Подготовка к коллоквиумам по теории и подготовка к практическим занятиям/контрольным работам, разделы 1-3	45	45	0
Подготовка к зачету	15	15	0
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Математические основы квантовой механики	16	6	10	0
2	Основные положения квантовой механики	20	6	14	0
3	Квантовая теория момента импульса	24	6	18	0
4	Приближенные методы квантовой механики	18	6	12	0
5	Квантовая механика систем тождественных частиц	8	4	4	0
6	Релятивистская квантовая механика. Теория рассеяния	10	4	6	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Предмет и задачи квантовой механики. Линейные пространства $X$ над полем комплексных чисел $C$ . Унитарные пространства $U(n)$ конечной размерности $n$ , эрмитово скалярное произведение. Гильбертово пространство $H$ . Обобщенный ряд Фурье. $L_2(\Omega)$ и $l_2$ -реализации $H$ . Базисы в $L_2(\Omega)$ при $\dim\Omega=1$ . Базисы в $L_2(\Omega)$ при $\dim\Omega>1$ . $L_2(\Omega)$ как тензорное произведение одномерных подпространств. Реализация $H$ как пространства $l_2$ вектор-столбцов бесконечной размерности. $l_2$ -реализация $H$ как следствие $L_2(\Omega)$ -реализации. Волновая механика Шредингера и матричная механика Гейзенберга.	2
2	1	Алгебра линейных операторов в $H$ . Оператор, эрмитово сопряженный к данному. Самосопряженные и эрмитовы операторы. Антиэрмитовы	2

		операторы. Унитарные операторы. Унитарные преобразования. Задача на собственные значения для линейных операторов в $H$ . Основные теоремы о свойствах собственных значений ( $S_3$ ) и собственных векторов ( $S_B$ ) эрмитовых операторов. Обобщенные решения задачи на $S_3$ . Обобщенная ортогональность $S_B$ . Дельта-образные последовательности и дельта-функция Дирака. Свойства $\delta$ -функции Дирака.	
3	1	Линейные операторы в $L_2(\Omega)$ . Фундаментальные операторы квантовой механики - операторы координаты и импульса. Канонические коммутационные соотношения. Оператор Гамильтона. Задачи на $S_3$ для эрмитовых операторов в $L_2(\Omega)$ , примеры. Линейные операторы в $l_2$ . Интеграл Фурье. Унитарная эквивалентность $L_2(R^3)$ реализаций $H$ . Интегральные операторы, условие их эрмитовости. Оператор Фурье. Координатное и импульсное представления в квантовой механике. Фундаментальные операторы в координатном и импульсном представлениях.	2
4	2	Мотивировка основных положений КМ. Вероятностный характер предсказаний КМ. Дискретные и непрерывные наблюдаемые. Амплитуды вероятностей, состояния квантовой системы и векторы гильбертова пространства. Наблюдаемые и эрмитовы операторы Собственные состояния наблюдаемых. Основные аксиомы КМ: 1) Аксиома состояний, 2) Аксиома наблюдаемых, 3) Аксиома о статистической интерпретации. Принцип суперпозиции. Явление квантовой интерференции. Физический смысл волновых функций ( $\Psi$ ). Полные наборы коммутирующих наблюдаемых. Основные теоремы о наблюдаемых. Теорема о среднем значении наблюдаемой. Теорема о флуктуациях несовместных наблюдаемых – принцип неопределенностей Гейзенберга.	2
5	2	Универсальная алгебра наблюдаемых. Классические и квантовые скобки Пуассона. Алгебра Ли наблюдаемых. Принцип соответствия (дираковская формулировка). Принцип соответствия и перестановочные соотношения для фундаментальных операторов КМ. Явный вид основных операторов КМ - операторов кинетической и потенциальной энергии, момента импульса в координатном и импульсном представлениях. Оператор момента импульса в сферических координатах.	2
6	2	Квантовая динамика в картине Гейзенберга. Физический смысл зависимости наблюдаемых от времени. Интегралы движения. Пример: линейный гармонический осциллятор. Теорема Эренфеста. Контрпример - ангармонический линейный осциллятор. Квантовая динамика в картине Шредингера. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Закон сохранения «квантовой информации». Парадокс ЭПР и квантовая информатика.	2
7	3	Преобразование векторов состояния и наблюдаемых при вращениях. Пассивная точка зрения на вращения: вращения системы координат. Компоненты оператора углового момента как генераторы группы вращений. Оператор поворота на конечный угол. Коммутационные соотношения между компонентами оператора углового момента и компонентами векторной наблюдаемой. Активная точка зрения: вращение вектора состояния. Связь между операторами вращения системы координат и состояния. Свойства операторов компонент углового момента, вытекающие только из коммутационных соотношений. Спектры операторов $l_z, l^2$ . Ограниченность спектра $l_z$ сверху и снизу, дискретность, эквидистантность. Свойство спектра быть целым или полуцелым. Спин частиц. Классификация частиц: бозоны и фермионы. Связь границ спектра с собственными значениями оператора $l^2$ .	2
8	3	Система собственных функций операторов $l^2, l_z$ . Случай орбитального движения. Сферические гармоники. Оператор инверсии и четность состояния. Частицы со спином $1/2$ . Преобразование векторов состояния при вращениях системы координат. Явный вид операторов поворота. Бинарные	2

		преобразования. Спиноры.	
9	3	Сложение угловых моментов. Сложение спиновых моментов двух частиц со спином $\frac{1}{2}$ . Триплетные и синглетные состояния. Пример: атом гелия. Орто- и парасостояния гелия. Сложение орбитального и спинового момента частицы со спином $1/2$ . Полный момент импульса частицы. Общий случай: сложение полных моментов двух подсистем квантовомеханической системы. Коэффициенты Клебша-Гордана.	2
10-11	4	Приближенные методы квантовой механики. Стационарная теория возмущений. Теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденного спектра. Теория возмущений при наличии вырождения. Случай близко расположенных уровней.	4
12	4	Приближенные методы квантовой механики. Теория возмущений Вигнера-Бриллюэна. Теория возмущений, зависящих от времени. Вариационные методы. Метод Ритца-Хиллерааса.	2
13-14	5	Принцип неразличимости частиц в квантовой механике. Оператор перестановки пары частиц, его свойства. Свойства симметрии волновой функции системы тождественных частиц: бозоны и фермионы. Принцип Паули, различные формулировки.	4
15	6	Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака (УД). Матрицы Дирака. Плотность тока вероятности в теории Дирака. Решение УД для свободной частицы. УД для частицы во внешнем поле. Уравнение Паули.	2
16	6	Элементы теории рассеяния. Постановка задачи рассеяния. Дифференциальное сечение упругого рассеяния. Функция Грина. Интегральное уравнение рассеяния. Борновское приближение. Метод парциальных волн.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	1	Аксиомы линейного пространства (ЛП). Характеризация множеств как ЛП. Линейная зависимость и независимость элементов ЛП. Размерность и базис ЛП. Смена базиса. Аксиомы эрмитова скалярного произведения. Норма вектора и метрика пространства. Унитарные пространства. Ортонормированные (декартовы) базисы. Процедура ортогонализации Грамма-Шмидта. Аксиомы гильбертова пространства (ГП). Сходимость последовательности элементов в ГП. Метрическая полнота. Сепарабельность. Функциональная $L_2(\Omega)$ реализация ГП. Декартовы базисы в случае $\dim\Omega=1$ : $\Omega=[0,a]$ и $\Omega=\mathbb{R}$ . Тригонометрические и обобщенные ряды Фурье. Полиномы Эрмита. Случай $\dim\Omega>1$ , примеры базисов, многомерные ряды Фурье. $L_2$ -реализация ГП. $L_2$ -реализация ГП как следствие $L_2(\Omega)$ -реализации ГП.	4
3-4	1	Линейные операторы в ГП. Сопряженные и самосопряженные операторы. Унитарные операторы. Задачи на собственные значения (СЗ) для линейных операторов в ГП. Свойства СЗ и собственных векторов (СВ) эрмитовых операторов. Обобщенная ортогональность и свойства $\delta$ -функции Дирака. Линейные операторы в $L_2(\Omega)$ . Фундаментальные операторы КМ - операторы координаты и импульса, их свойства. Операторы Гамильтона (Г). Задачи на СЗ для оператора Г. Интеграл Фурье. Прямое и обратное преобразования Фурье. Координатное и импульсное представления в КМ. Задача о линейном гармоническом осцилляторе в координатном и импульсном представлениях.	4
5	1	Контрольная работа №1 по разделу 1	2
6-7	2	Основные положения (аксиомы) квантовой механики. Основные теоремы о	4

		средних значениях наблюдаемых. Полные наборы коммутирующих наблюдаемых. Соотношение неопределенностей. Универсальная алгебра наблюдаемых (алгебра Ли). Дираковский принцип соответствия. Явный вид основных наблюдаемых КМ.	
8-9	2	Квантовая динамика, картина Гейзенберга. Задача о линейном гармоническом осцилляторе. Теорема Эренфеста: контрпример - ангармонический осциллятор.	4
10-11	2	Квантовая динамика, картина Шредингера. Уравнение Шредингера (УШ). Стационарное УШ. Пример: свободная частица.	4
12	2	Контрольная работа №2 по разделу 2	2
13-14	3	Оператор момента импульса, коммутационные соотношения для него, следующие из принципа соответствия. Явный вид оператора момента в координатном и импульсном представлении. Оператор момента в сферической системе координат. Преобразование вектора состояний при повороте состояния и системы координат. Компоненты оператора углового момента как генераторы группы вращений.	4
15	3	Спектр операторов $J_2$ и $J_z$ . Общие свойства спектра, следующие из коммутационных соотношений. Общая система собственных функций операторов $J_2$ , $J_z$ в случае орбитального момента. Сферические гармоники. Оператор инверсии и четность состояния.	2
16	3	Контрольная работа №3 по разделам 1-3	2
17-18	3	Сложение угловых моментов: 1) две частицы со спином $1/2$ , классификация состояний на синглетные и триплетные, 2) полный момент импульса частицы со спином $1/2$ , 3) сложение произвольных моментов - общие представления.	4
19-20	3	Преобразование вектора состояния при вращениях системы координат для частиц со спином $1/2$ . Явный вид операторов спина в представлении, в котором операторы $S_2, S_z$ диагональны. Матрицы Паули, их свойства.	4
21	3	Контрольная работа №1(4) по разделу 3	2
22-23	4	Приближенные методы КМ. Теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденного спектра и для случая вырождения. Пример: энергия ионизации атома гелия.	4
24	4	Вариационные методы. Вариационный принцип. Метод Ритца-Хиллерааса для основного состояния системы. Пример: энергия основного состояния атома гелия.	2
25-26	4	Нестационарная теория возмущений. Быстрые и медленные возмущения.	4
27	4	Контрольная работа №2(5) по разделу 4	2
28-29	5	Системы тождественных частиц в квантовой механике. Операторы перестановки частиц. Свойства симметрии векторов состояния по отношению к перестановкам частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Система фермионов. Детерминант Слэтера.	4
30-31	6	Элементы релятивистской квантовой механики. Уравнения Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Теория рассеяния. Дифференциальное сечение рассеяния. Борновское приближение. Метод парциальных волн	4
32	6	Контрольная работа №3(6) по разделам 5-6	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием	Кол-во часов

	разделов, глав, страниц)	
Подготовка к зачету.	См. литературу к практическим занятиям по разделам 1-3.	15
Подготовка к практическим занятиям по разделам 3-6	1) Елютин П.В.,Кривченков В.Д. Квантовая механика с задачами. - М., Физматлит, 2001 г., , глава 4, с. 59-77; глава 6, с. 96-116; глава 9, с.147-176; глава 13, с.223-237 - 300 с. 2) Боум А. Квантовая механика: Основы и приложения. - М., Мир, 1990 г., глава 3, с. 162-196; глава 8, с. 297-307; глава 9, с. 308-332; глава 15, с. 466-490. - 720 с. 3) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 3, Квантовая механика (нерелятивистская теория). Издание 6-е. — М.: Физматлит, 2004 г., глава 4, с. 112-135; глава 6, с. 171-248; глава 8, с. 249-275; глава 9, с.281-290; глава 17, с. 609-616, 622- 630. - 800 с. 4) Мессиа А. Квантовая механика, т.2. – М., Наука, 1978 г., глава 13, с. 13-77, - 583 с.	25
Подготовка к контрольным работам по разделам 1-3	См. литературу к практическим занятиям по разделам 1-3	15
Подготовка к экзамену	См. литературу к практическим занятиям по разделам 1-3 и 3-6.	30
Подготовка к практическим занятиям по теории, разделы 1-3	1) Елютин П.В.,Кривченков В.Д. Квантовая механика с задачами. - М., Физматлит, 2001 г., глава 1, с.5-23; 24-36. - 300 с. 2) Боум А. Квантовая механика: Основы и приложения. - М., Мир, 1990, глава 1, с.8-63. - 720 с. 3) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 3, Квантовая механика (нерелятивистская теория). Издание 6-е. — М.: Физматлит, 2004 г., глава 1, с. 13-39; 44-111. – 800 с. 4) Мессиа А. Квантовая механика, т.2. – М., Наука, 1978 г., глава 13, с. 13-77, 583 с.	10
Подготовка к контрольным работам, разделы 3-6	См. литературу к практическим занятиям по разделам 1-3 и 3-6.	25

## **6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе**

Не предусмотрены

## **Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе**

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет



## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-4 способностью применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов	Контрольные работы	1-6
Все разделы	ОПК-2 способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности	Контрольные работы	1-6
Математические основы квантовой механики	ОПК-2 способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности	зачет	1
Основные положения квантовой механики	ОПК-4 способностью применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов	зачет	2
Квантовая теория момента импульса	ОПК-4 способностью применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов	зачет	3
Все разделы	ОПК-2 способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности	экзамен	1-6
Все разделы	ОПК-4 способностью применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов	экзамен	1-6

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Контрольные работы	Письменная работа №1 (5-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%
Контрольные работы	Письменная работа №2 (5-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%

	2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	
Контрольные работы	Письменная работа №3 (5-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%
Контрольные работы	Письменная работа №4 (6-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%
Контрольные работы	Письменная работа №5 (6-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%
Контрольные работы	Письменная работа №6 (6-й семестр). В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в	Отлично: Рейтинг за работу от 85% Хорошо: Рейтинг за работу от 75% Удовлетворительно: Рейтинг за работу от 60% Неудовлетворительно: Рейтинг за работу менее 60%

	2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес контрольной работы - 1.	
зачет	Зачет может выставляться по результатам текущего контроля, студент может улучшить свой рейтинг, пройдя КМ промежуточной аттестации. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). КМ промежуточной аттестации является письменной работой. В работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Максимальный балл за КМ промежуточной аттестации 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл. Вес письменной работы КМ промежуточной аттестации - 1. Рейтинг по дисциплине рассчитывается по балльно-рейтинговой системе оценивания и включает контрольные работы 1-3 и КМ промежуточной аттестации с соответствующими весовыми коэффициентами.	Зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине от 60% Не зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине менее 60%
экзамен	Экзамен является обязательным контрольным мероприятием промежуточной аттестации. При оценивании результатов промежуточной аттестации используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Оценка промежуточной аттестации включает результаты текущего контроля и результаты экзамена. Экзамен является письменной работой. Максимальное количество баллов за мероприятие - 20. Вес мероприятия - 2. Работа включает 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Каждая из задач оценивается в 4 балла. Если приводится верное решение и верный полный ответ, тогда начисляется 4 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии верного решения начисляются баллы от 2-х до 4-х в зависимости от полноты решения и от верности и полноты ответа: верное решение неверный ответ - 2 балла; верное решение и неполный ответ -3 балла; верное и полное решение и неточный ответ -3 балла; верное решение и полный верный ответ - 4 балла.	Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
--------------	-----------------------------

Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ осеннего семестра.pdf
Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ осеннего семестра.pdf
Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ осеннего семестра.pdf
Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ (весна).pdf
Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ (весна).pdf
Контрольные работы	Варианты задач для контрольных работ (весна).pdf
зачет	Варианты задач для контрольных работ осеннего семестра.pdf
экзамен	Варианты задач для экзамена.pdf

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика Т. 3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория В 10 т.: Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. - 4-е изд., испр. - М.: Наука, 1989. - 768 с.
2. Боум, А. Квантовая механика: основы и приложения Пер. с англ. А. В. Леонидова; Под ред. В. И. Манько. - М.: Мир, 1990. - 720 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Мессиа, А. Квантовая механика Т. 1 В 2-х т. Пер. с фр. В. Т. Хозяинова; Под ред. Л. Д. Фаддеева. - М.: Наука, 1978. - 478 с. ил.
2. Мессиа, А. Квантовая механика Т. 2 В 2-х т. Пер. с фр. П. П. Кулиша; Под ред. Л. Д. Фаддеева. - М.: Наука, 1979. - 583 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Парфенов, П.С. Квантовая механика. Методическое пособие к практикуму по квантовой физике. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 133 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/43453> — Загл. с экрана.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Парфенов, П.С. Квантовая механика. Методическое пособие к практикуму по квантовой физике. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 133 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/43453> — Загл. с экрана.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под редакцией Л. П. Питаевского. — 6-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) — 2021. — 800 с. — ISBN 978-5-9221-0530-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/185658">https://e.lanbook.com/book/185658</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Курс теоретической физики в задачах и упражнениях : учебно-методическое пособие / Ю. Х. Векилов, Ю. М. Кузьмин, С. И. Мухин, Я. М. Муковский. — Москва : МИСИС, 2005. — 285 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/116479">https://e.lanbook.com/book/116479</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система Znanium.com	Белоусов, Ю. М. Задачи по теоретической физике: Учебное пособие/Ю.М.Белоусов, С.Н.Бурмистров, А.И.Тернов - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 584 с. ISBN 978-5-91559-134-8. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/510284">https://znanium.com/catalog/product/510284</a> . – Режим доступа: по подписке.

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено