

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 25.09.2023 15:15:26

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Квантовая механика

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.03.02 ФИЗИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

23

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	51	51	51	51
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	23	23	23	23
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, старший преподаватель, Галимзянов Тимур Равильевич

Рабочая программа

Квантовая механика

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.03.02 ФИЗИКА, 03.03.02-БФ3-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.03.02 ФИЗИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения Д.ф.-м.н., профессор Мухин Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель обучения:
1.2	Научить применять основные понятия, законы и методы квантовой механики. Научить анализировать физическую картину квантовых явлений и решать конкретные задачи по
1.3	квантовой механике. Научить решать задачи квантовой механики, имеющие приложения в физике твердого тела.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.2	Линейная алгебра	
2.1.3	Методы контроля и анализа веществ	
2.1.4	Теория поверхностных явлений	
2.1.5	Теория функций комплексных переменных	
2.1.6	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.7	Электродинамика	
2.1.8	Кристаллография	
2.1.9	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.10	Методы математической физики	
2.1.11	Теоретическая механика и основы теории упругости.	
2.1.12	Физика	
2.1.13	Электротехника	
2.1.14	Математика	
2.1.15	Органическая химия	
2.1.16	Информатика	
2.1.17	Химия	
2.1.18	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Введение в физику полупроводников	
2.2.2	Введение в физику твердого тела	
2.2.3	Квантовая механика. Спецглавы.	
2.2.4	Компьютерные методы в физике	
2.2.5	Методы физико-химических исследований	
2.2.6	Нелинейная физика	
2.2.7	Специальный физический практикум	
2.2.8	Статистическая физика	
2.2.9	Строение некристаллических систем	
2.2.10	Теория химической связи	
2.2.11	Термодинамика металлических растворов	
2.2.12	Физика конденсированного состояния	
2.2.13	Физические свойства твердых тел	
2.2.14	Квантовые вычисления	
2.2.15	Методы вычислительной физики	
2.2.16	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.17	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.18	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.19	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.20	Статистические расчеты равновесий	
2.2.21	Теоретическая нанофотоника	
2.2.22	Термодинамика неравновесных процессов	
2.2.23	Термодинамика сложных систем	

2.2.24	Физика низкоразмерных систем
2.2.25	Фотоника

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности, осуществлять моделирование и анализ для проведения детальных исследований и поиска решения технических вопросов в соответствующей области исследования

Знать:

ОПК-1-31 основные математические уравнения, позволяющие описывать физические процессы на атомарных уровнях, физические модели и математические уравнения, позволяющие описывать физические процессы на атомарных уровнях

ПК-4: Способен решать задачи физики используя современные методы исследования и математические методы решения задач

Уметь:

ПК-4-У1 анализировать литературу для поиска информации об отдельных определениях, понятиях, терминах и методах решения теоретических типовых задач, связанных с дальнейшим обучением и профессиональной деятельностью

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности, осуществлять моделирование и анализ для проведения детальных исследований и поиска решения технических вопросов в соответствующей области исследования

Уметь:

ОПК-1-У1 анализировать физическую картину квантовых явлений и решать конкретные задачи по квантовой механике, анализировать литературу для поиска информации об отдельных определениях, понятиях, терминах и методах, используемых в квантовой механике.

Владеть:

ОПК-1-В1 навыками информационными средствами и технологиями, в т.ч. для проведения теоретических расчетов и визуализации результатов

ОПК-1-В2 навыками логического, творческого и системного мышления

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Основные понятия квантовой механики							
1.1	Предпосылки и история возникновения квантовой механики. Введение. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2			
1.2	Изучения истории возникновения квантовой механики и основополагающих понятий и явлений. /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
1.3	Квантовая суперпозиция и запутывание /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э2			
1.4	Решение задач по квантовой суперпозиции и запутыванию. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
1.5	Интерферометр Маха-Зендера. Измерения без взаимодействия. Интерпретации квантовой механики. Неравенства Белла. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1	Л3.1Л2.1 Л2.1Л3.2 Э2			

1.6	Волны вещества. Волновой пакет. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.7	Решение задач по теме волны "вещества и волновой пакет". /Пр/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
	Раздел 2. Операторная формулировка квантовой механики и ее применение							
2.1	Наблюдаемые, операторы, собственные функции и значения /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.2	Решение задач. Построение операторов, нахождение из собственных функций и значений /Пр/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.3	Одновременная измеримость. Коммутаторы операторов. Неопределённость Гайзенбера. /Лек/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л2.1Л3.1 Л3.2Л1.1 Л2.1			
2.4	Гамильтониан. Стационарные состояния. Матричная формулировка квантовой механики. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1 Э1			
2.5	Решение задач по темам: Гамильтониан. Стационарные состояния. Матричная формулировка квантовой механики. /Пр/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.6	Анализ решений одномерного уравнения Шрёдингера /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.7	Анализ решений трёхмерного уравнения Шрёдингера /Ср/	6	5	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.8	Свойства решений одномерного уравнения Шрёдингера. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Осцилляционная теорема. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.9	Решение уравнения Шрёдингера для частицы в прямоугольной потенциальной ямы /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.10	Потенциальный барьер. Туннелирование. /Лек/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			

2.11	Гармонический осциллятор. Решение уравнения Шрёдингера /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.12	Решение уравнения Шрёдингера для гармонического осциллятора /Пр/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.13	Гармонический осциллятор. Операторное решение. Матричное решение. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.14	Анализ решения уравнения Шрёдингера для гармонического осциллятора операторным и матричным методом /Пр/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.15	Оператор момента импульса. Матричные элементы операторов момента импульса. /Лек/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.16	Решение задач по теме "оператор момента импульса". /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.17	Движение в центрально-симметричном поле. Общие результаты. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.18	Решение задач о движении частицы в центрально-симметричном поле /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.19	Движение в кулоновском поле. Атом водорода. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
2.20	Движение в магнитном поле. Уровни Ландау. /Лек/	6	1	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2			
2.21	Решение задач о движении частицы в кулоновском поле /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
	Раздел 3. Теория возмущений. Приближённые методы квантовой механики.							
3.1	Стационарные возмущения в невырожденных системах. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			

3.2	Решение задач о стационарных возмущениях в невырожденных системах /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
3.3	Теория возмущений при наличии вырожденных состояний. Нестационарная теория возмущений. Плоский ротатор в магнитном поле. Линейный эффект Штарка. /Лек/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
3.4	Решение задач о стационарных возмущениях в вырожденных системах Контрольная работа /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			P1
3.5	Вариационный метод. Решение задачи об атоме водорода вариационным методом. Ион молекулы водорода. /Лек/	6	3	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
3.6	Квазиклассическое приближение. Квантование Бора-Зоммерфельда. /Лек/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1			
3.7	Теория рассеяния. Борновское приближение. /Лек/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1				
	Раздел 4. Системы тождественных частиц в квантовой механике							
4.1	Спин частицы. Спиновые матрицы (Паули) и спиновые функции. /Лек/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
4.2	Решение задач на матрицы Паули и спиновые функции. /Пр/	6	1	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
4.3	Тождественность частиц. Синглетное и триплетное состояния. Волновая функция системы тождественных частиц. Интерференция тождественных частиц. Обменное взаимодействие. /Лек/	6	4	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
4.4	Решение задач по теме "Тождественность частиц". /Пр/	6	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
4.5	Связь спина и статистики. Применение в современной статистической теории. /Ср/	6	6	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
	Раздел 5. Современные проблемы квантовой механики							

5.1	Квантовые компьютеры. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
5.2	Решение задач по квантовой обработке информации /Пр/	6	2	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
5.3	Анализ современного состояния квантовой механики и квантово-механических технологий. /Ср/	6	6	ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1	
	Раздел 6. Контрольная работа							
6.1	Контрольная работа /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-4-У1 ОПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л2.1 Э1			Р2

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Квантовая суперпозиция состояний. Запутанные состояния. Интерферометр Маха-Зендера. Elitzur-Vaidman bomb-tester. 2. Волновой пакет. Групповая скорость. Расплывание волнового пакета. Вывод уравнения Шрёдингера (уравнение эволюции волнового пакета). 3. Понятие оператора физической величины, эрмитовы операторы и основные свойства их собственных функций и значений. Определение среднего значения физической величины по волновой функции состояния системы. Определение вероятности результата измерения физической величины в состоянии с заданной волновой функцией. Повторные измерения. Разложение волновых функций по полным наборам собственных функций операторов физических величин. 4. Понятие одновременной измеримости физических величин в квантовой механике и его связь с коммутированием операторов этих величин. Коммутаторы операторов компонента импульса частицы. Неопределённость Гейзенберга (вывод). 5. Уравнения Шрёдингера: временное и стационарное, гамильтониан, собственные функции и собственные значения энергии. Постановка задачи в квантовой механике – поиск стационарных состояний и зачем они нужны, расчёт эволюции системы, нахождение вероятностей наблюдаемых. Волновая функция: свойства, граничные условия. 6. Операторы импульса и проекции момента импульса на выделенную ось, их собственные функции и значения. Одновременная измеримость этих величин. 7. Яма с бесконечно высокими стенками. Осцилляционная теорема. 8. Выражения для плотности потока вероятности частицы. Вывод. Подбарьерное туннелирование в квантовой механике, проникаемость потенциального барьера. 9. Гармонический осциллятор: уровни энергии и характер волновых функций его стационарных состояний. Общий ход решения уравнения Шрёдингера. 10. Гармонический осциллятор: уровни энергии и характер волновых функций его стационарных состояний. Общий ход решения операторным методом. 11. Понятие оператора квадрата момента импульса и спектр его собственных значений. Одновременная измеримость квадрата момента импульса и его проекции на некоторую ось в пространстве. Число собственных значений проекции момента импульса при фиксированном значении его квадрата. 12. Движение в центрально-симметричном поле. Разделение переменных. Общие свойства. Уравнение Шрёдингера. 13. Движение в кулоновском поле. Атом водорода. Решение, общие свойства. Уровни энергии электрона в атоме водорода и их классификация по моменту импульса. Кратность вырождения стационарных состояний электрона в атоме водорода. 14. Движение в магнитном поле. Уровни Ландау. Решение. Вырождение уровней. 15. Теория возмущений: поправки первого и второго порядка к волновым функциям и уровням энергии частицы. Невырожденный случай. 16. Теория возмущений вырожденных состояний: поправки первого и второго порядка к уровням энергии частицы и поправки нулевого порядка к функциям. Секулярное уравнение. 17. Понятие спина частицы. Оператор спина, его связь с оператором момента импульса, спектр собственных значений и набор собственных функций. Матрицы Паули. 18. Принцип тождественности элементарных частиц, фермионы и бозоны. Волновая функция тождественных частиц. Принцип Паули. 19. Симметрия волновой функции системы тождественных частиц по отношению к их взаимным перестановкам. Волновая функция двух электронов: состояния с полным спином ноль и единица. Обменное взаимодействие.
-----	---------	---	---

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Контрольная работа 1	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ПК-4-У1	<p>Примеры билета контрольной работы</p> <p>1. Эрмитов ли оператор $i\hbar \frac{d}{dx}$? (Считать все волновые функции обращающимися в 0 при $x \rightarrow \infty$).</p> <p>2. Определить методом Ритца энергию первого возбужденного состояния частицы массы m в одномерном потенциале $F = \alpha x$, пользуясь пробной функцией $\psi(x) = C \cdot \exp\{-\lambda \cdot x\}$. Найти средний квадрат импульса частицы в данной системе.</p> <p>3. Найти возможные значения проекции момента импульса, их вероятности и среднее значение момента в состоянии плоского ротатора, описываемого волновой функцией. Найти энергию этого состояния.</p> <p>Гамильтониан квантового ротатора: ; собственные функции квантового ротатора: , соответствующие энергиям .</p>
P2	Контрольная работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ПК-4-У1	<p>Примеры билета контрольной работы</p> <p>1. Вычислить коммутатор: $[\frac{d}{dx}, \exp\{x\}]$.</p> <p>2. Определить методом Ритца энергию первого возбужденного состояния частицы массы m в одномерном потенциале $U(x) = \alpha x^4$, пользуясь пробной функцией $\psi(x) = C \cdot \exp\{-\lambda \cdot x^2\}$. Найти средний квадрат импульса частицы в данной системе.</p> <p>3. Найти возможные значения проекции момента импульса, их вероятности и среднее значение момента в состоянии плоского ротатора, описываемого волновой функцией. Найти энергию этого состояния.</p>

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Пример экзаменационного билета:

№1

1. Волновой пакет. Групповая скорость. Расплывание волнового пакета. Вывод уравнения Шрёдингера (уравнение эволюции волнового пакета).
2. Движение в магнитном поле. Уровни Ландау. Решение. Вырождение уровней.

№2

1. Квантовая суперпозиция состояний. Запутанные состояния. Интерферометр Маха-Зендера. Elitzur-Vaidman bomb -tester.
2. Теория возмущений: поправки первого и второго порядка к волновым функциям и уровням энергии частицы. Невырожденный случай.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» или «хорошо» ставится, если студент полно излагает изученный материал, обнаруживает понимание специфики вопроса, дает правильное определение основных понятий речевой коммуникации; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка; владеет навыками языкового анализа. Ответ не содержит фактические ошибки.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, т.е. обнаруживает понимание специфики вопроса, но при ответе не демонстрирует достаточной обоснованности суждений, и/или отчасти подменяет рассуждения пересказом текста, и/или допускает одну фактическую ошибку.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части материала, неверно отвечает на вопрос, даёт ответ, который содержательно не соотносится с поставленной задачей, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно излагает материал.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.2. Дополнительная литература

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Флюгге З.	Задачи по квантовой механике	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974
Л2.2	Флюгге З.	Задачи по квантовой механике	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Мессиа А.	Квантовая механика: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1978
Л3.2	Мессиа А.	Квантовая механика: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1979
Л3.3	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория	Библиотека МИСиС	, 1989
Л3.4	Векилов Ю. Х., Кузьмич И. П., Кадышевич А. Е.	Теоретическая физика: Разд.: Квантовая механика: Учеб. пособие для практ. занятий для студентов спец. 0406, 0629, 0606	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Курс теоретической физики.	https://mipt.ru/online/teorphys/
Э2	Курс квантовой механики MIT	https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	Python

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.3	Иностранские базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.6	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.7	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. При самостоятельной работе можно использовать

электронную версию конспекта.

Освоение каждого раздела курса необходимо начинать с изучения лекционного материала: конспекта лекции, рекомендуемой литературы. Критерием успешного освоения лекционного материала для каждого студента могут служить результаты самоконтроля. Если студент оказывается способным справиться с большинством предлагаемых в каждом разделе дисциплины контрольных вопросов, тестов и задач, значит, процесс освоения материала идет успешно.