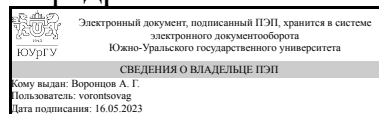


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



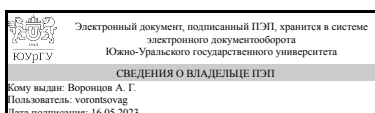
А. Г. Воронцов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.14.02 Специальные главы квантовой механики
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

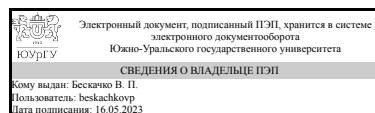
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., доц., профессор



В. П. Бескачко

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
ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Имеет практический опыт: применять положения квантовой механики для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Программные системы инженерного анализа, Схемотехника цифровых устройств, Вычислительная математика, Теория функций комплексного переменного, Вычислительная электродинамика, Уравнения математической физики, Квантовая механика, Физика конденсированного состояния, Введение в квантовую обработку информации, Компьютерные сети и системы, Статистическая физика, Введение в твердотельную электронику	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Уравнения математической физики	Знает: принципы построения математических моделей на основе законов физики; основные методы решения уравнений математической физики Умеет: Имеет практический опыт:
Программные системы инженерного анализа	Знает: Умеет: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Имеет практический опыт: компьютерного моделирования моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
Введение в квантовую обработку информации	Знает: принципы и алгоритмы квантовой обработки информации; принципы работы квантовых компьютеров Умеет: Имеет практический опыт:
Компьютерные сети и системы	Знает: принципы проектирования и настройки компьютерных сетей и систем Умеет: Имеет практический опыт:
Схемотехника цифровых устройств	Знает: схемотехнические решения цифровых устройств; основные узлы и блоки цифровых электронных устройств Умеет: Имеет практический опыт:
Физика конденсированного состояния	Знает: положения теорий, описывающих атомную структуру, электрические и магнитные свойства тел в конденсированном состоянии Умеет: строить упрощенные модели структурных, электрических и магнитных свойств конденсированных тел с использованием математического аппарата квантовой и классической физики Имеет практический опыт:
Вычислительная математика	Знает: алгоритмы вычислительной математики необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Введение в твердотельную электронику	Знает: Умеет: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков твердотельной электроники Имеет практический опыт:
Статистическая физика	Знает: положения статистической физики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: на основе атомистических моделей вычислять основные макроскопические характеристики (структурные, электрические и магнитные) конденсированных

	тел на основе методов статистической физики Имеет практический опыт:
Квантовая механика	Знает: положения квантовой механики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Вычислительная электродинамика	Знает: положения вычислительной электродинамики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Теория функций комплексного переменного	Знает: положения теории функций комплексного переменного, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 40,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	31,75	31,75
Подготовка к коллоквиумам по теории	16	16
Подготовка к зачету	15,75	15.75
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Математические основы квантовой механики	6	4	2	0
2	Основные положения квантовой механики	7	5	2	0
3	Квантовая теория момента импульса	7	4	3	0

4	Приближенные методы квантовой механики	8	5	3	0
5	Квантовая механика систем тождественных частиц	8	6	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Предмет и задачи квантовой механики. Линейные, унитарные и гильбертовы пространства (H). Обобщенный ряд Фурье. $L_2(\Omega)$ и l_2 -реализации H . l_2 -реализация H как следствие $L_2(\Omega)$ -реализации. Волновая механика Шредингера и матричная механика Гейзенберга.	1
2	1	Алгебра линейных операторов в H . Оператор, эрмитово сопряженный к данному. Эрмитов, антиэрмитов и унитарный операторы. Задача на собственные значения для линейных операторов в H . Основные теоремы о свойствах собственных значений (C_3) и собственных векторов ($C_В$) эрмитовых операторов.	2
3	1	Обобщенные решения задачи на C_3 . Обобщенная ортогональность $C_В$. δ -функция Дирака, ее свойства. Интеграл Фурье. Унитарная эквивалентность $L_2(R^3)$ реализаций H . Оператор Фурье. Координатное и импульсное представления в квантовой механике.	1
4	2	Мотивировка основных положений КМ. Амплитуды вероятностей, состояния квантовой системы и векторы гильбертова пространства. Наблюдаемые и эрмитовы операторы Собственные состояния наблюдаемых. Основные аксиомы КМ: 1) состояний, 2) наблюдаемых, 3) о статистической интерпретации. Полные наборы коммутирующих наблюдаемых. Основные теоремы о наблюдаемых: 1) о среднем значении наблюдаемой, 2) о флуктуациях несовместных наблюдаемых (принцип неопределенностей Гейзенберга)	1
5	2	Классические и квантовые скобки Пуассона. Алгебра Ли - универсальная алгебра наблюдаемых. Принцип соответствия (формулировка Дирака). Перестановочные соотношения для фундаментальных операторов КМ. Явный вид основных операторов КМ в координатном и импульсном представлениях	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.	1
7	2	Квантовая динамика в картине Шредингера. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Закон сохранения «квантовой информации». Парадокс ЭПР и квантовая информатика.	1
8	3	Преобразование состояний и наблюдаемых при вращениях системы координат. Коммутационные соотношения между компонентами оператора момента импульса и компонентами векторной наблюдаемой. Активная точка зрения на вращения - поворот вектора состояния. Связь между операторами поворота системы координат и поворота состояния.	1
9	3	Свойства операторов компонент момента импульса, вытекающие только из коммутационных соотношений. Спектры операторов j_z, j^2 . Свойство спектра j_z быть целым или полуцелым. Спин частиц. Классификация частиц: бозоны и фермионы. Система собственных функций операторов l^2, l_z орбитального момента импульса. Сферические гармоники. Оператор инверсии и четность состояния.	2

10	3	Частицы со спином $\frac{1}{2}$. Явный вид операторов поворота. Бинарные преобразования. Спиноры. Сложение спиновых моментов двух частиц со спином $\frac{1}{2}$. Пример: атом гелия. Орто- и парасостояния гелия. Полный момент импульса частицы со спином $\frac{1}{2}$.	1
11 - 12	4	Приближенные методы квантовой механики. Стационарная теория возмущений. Теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденного и вырожденного спектра. Теория возмущений Вигнера-Бриллюэна.	3
13 - 14	4	Теория возмущений, зависящих от времени. Вариационные методы. Метод Ритца-Хиллерааса. Квазиклассическое приближение, метод ВКБ.	2
15-16	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	3
17-18	5	Система тождественных бозонов. Статистика Бозе-Эйнштейна. Система тождественных фермионов. Статистика Ферми.	3

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Характеризация множества как линейного, унитарного или гильбертова пространства. Линейная независимость элементов, базис. Ортонормированные базисы. Ортогонализация Грамма-Шмидта, примеры. Функциональная $L_2(\Omega)$ и l_2 -реализация ГП. Операторы, сопряженные к данному. Самосопряженные и унитарные операторы. Задачи на собственные значения (СЗ) для линейных операторов в ГП. Линейные операторы в $L_2(\Omega)$. Фундаментальные операторы КМ, оператор Гамильтона (Г). Задачи на СЗ для оператора Г. Интеграл Фурье. Прямое и обратное преобразования Фурье. Координатное и импульсное представления в КМ.	2
2	2	Аксиомы КМ. Вычисление средних значений и флуктуаций наблюдаемых. Нахождение коммутаторов наблюдаемых из принципа соответствия. Квантовая динамика, картина Гейзенберга. Задача о линейном гармоническом осцилляторе. Теорема Эренфеста: контрпример - ангармонический осциллятор. Квантовая динамика, картина Шредингера. Уравнение Шредингера (УШ). Стационарное УШ. Пример: свободная частица.	2
3	3	Задача на СЗ для операторов J_2 и J_z , спектр и система СВ в случае орбитального момента. Сферические гармоники, четность состояния. Преобразование вектора состояния при вращениях системы координат для частиц со спином $\frac{1}{2}$. Явный вид операторов спина в представлении, в котором операторы S_2, S_z диагональны. Матрицы Паули, их свойства. Сложение угловых моментов: 1) две частицы со спином $\frac{1}{2}$, 2) полный момент импульса частицы со спином $\frac{1}{2}$.	3
4	4	Приближенные методы КМ. Теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденного спектра и для случая вырождения. Пример: энергия ионизации атома гелия. Вариационные методы. Вариационный принцип. Метод Ритца-Хиллерааса для основного состояния системы. Пример: энергия основного состояния атома гелия. Нестационарная теория возмущений. Быстрые и медленные возмущения.	3
5	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. Система тождественных	2

		БОЗОНОВ.	
--	--	----------	--

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к коллоквиумам по теории	ЭУМД, осн. лит 2, глава 1, с.5-23; 24-36; , глава 4, с. 59-77; глава 6, с. 96-116; глава 9, с.147-176; глава 13, с.223-237. ПУМД, осн. лит. 1, глава 1, с.8-63; глава 3, с. 162-196; глава 8, с. 297-307; глава 9, с. 308-332; глава 15, с. 466-490. ЭУМД, осн. лит. 1, глава 1, с. 13-39; 44-111; 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. ПУМД, доп.лит. 2, глава 13, с. 13-77.	8	16
Подготовка к зачету	ЭУМД, осн. лит 2, глава 1, с.5-23; 24-36; , глава 4, с. 59-77; глава 6, с. 96-116; глава 9, с.147-176; глава 13, с.223-237. ПУМД, осн. лит. 1, глава 1, с.8-63; глава 3, с. 162-196; глава 8, с. 297-307; глава 9, с. 308-332; глава 15, с. 466-490. ЭУМД, осн. лит. 1, глава 1, с. 13-39; 44-111; 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. ПУМД, доп.лит. 2, глава 13, с. 13-77.	8	15,75

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	коллоквиум 1	1	5	В задании 5 вопросов из списка. Каждый правильный ответ - 1 балл	зачет
2	8	Текущий контроль	Коллоквиум 2	1	5	В задании 5 вопросов из списка. Каждый правильный ответ - 1 балл	зачет
3	8	Текущий	Коллоквиум	1	5	В задании 5 вопросов из списка. Каждый	зачет

		контроль	3			правильный ответ - 1 балл	
4	8	Текущий контроль	Коллоквиум 4	1	5	В задании 5 вопросов из списка. Каждый правильный ответ - 1 балл	зачет
5	8	Текущий контроль	Коллоквиум 5	1	5	В задании 5 вопросов из списка. Каждый правильный ответ - 1 балл	зачет
6	8	Промежуточная аттестация	Зачетное задание	-	10	В билете 2 теоретических вопроса и 2 задачи. Каждый теоретический вопрос: 2 балла - полностью правильный ответ, 1 балла - частично правильный ответ, 0 баллов - неправильный ответ. Каждая задача: 3 балла - полное правильное решение, 2 балла - правильное решение с недочетами, 1 балла - неправильное решение (есть правильные фрагменты решения), 0 баллов - неправильное решение.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Промежуточная аттестация является обязательной. Процедура - письменный ответ на задание, устные пояснения в случае необходимости. В билете 2 теоретических вопроса и 2 задачи. Время на работу - 1 час.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-1	Имеет практический опыт: применять положения квантовой механики для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

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.
3. Фейнман, Р. П. Фейнмановские лекции по физике [Текст] Вып. 8, 9 Квантовая механика пер. с англ. Р. П. Фейнман и др. - 2-е изд. - М.: Мир, 1978. - 524 с. ил.

4. Боум, А. Квантовая механика: основы и приложения Пер. с англ. А. В. Леонидова; Под ред. В. И. Манько. - М.: Мир, 1990. - 720 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 Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 808 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2380 — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Елютин, П.В. Квантовая механика с задачами. [Электронный ресурс] / П.В. Елютин, В.Д. Кривченков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 300 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/48207 — Загл. с экрана.
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Блохинцев, Д.И. Основы квантовой механики. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2004. — 672 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/619 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	506 (16)	компьютерная техника
Практические занятия и семинары	505 (16)	компьютерная техника