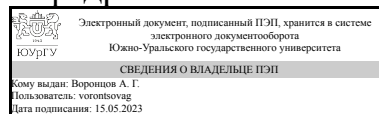


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



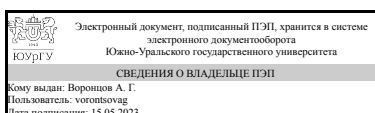
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.02 Квантовая механика  
для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Наноэлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

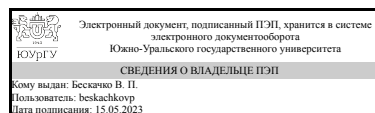
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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

Цель изучения дисциплины – создать адекватную естественно-научную базу для понимания студентами явлений и процессов, происходящих на микроскопическом уровне строения вещества, в том числе и на пространственно-временных масштабах, свойственных базовым элементам современной наноэлектроники. Для этого необходимо обучить студентов: - основным представлениям, понятиям и законам квантовой механики, - методам теоретического описания строения и свойств микроскопических систем, - постановке и решению задач расчетными и инструментальными методами, - адекватной интерпретации расчетных и опытных данных.

## Краткое содержание дисциплины

Настоящий курс квантовой механики включает: - мотивировку основных положений квантовой механики, вытекающую из анализа опытных данных о свойствах микроскопических систем, - основы математического аппарата, необходимого для описания состояний квантовых систем и результатов измерения их свойств, - формулировку и анализ основных аксиом квантовой механики, - способы описания эволюции квантовых систем во времени (квантовая динамика), - методы приближенного решения квантовомеханических задач, - изучение основных моделей квантовых систем, встречающихся на практике.

## 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	Знает: положения квантовой механики, необходимые 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
Теория функций комплексного переменного	Программные системы инженерного анализа, Статистическая физика, Введение в квантовую обработку информации, Физика конденсированного состояния, Вычислительная математика, Уравнения математической физики, Специальные главы квантовой механики, Физика и диагностика поверхности, Схемотехника цифровых устройств, Производственная практика (научно-исследовательская работа) (8 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Теория функций комплексного переменного	Знает: положения теории функций комплексного переменного, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 106,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180	
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	96	
Лекции (Л)	48	48	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	73,5	73,5	
Изучение материала раздела 1-2, подготовка к практическим занятиям и коллоквиуму 1.	20	20	
Изучение материалов раздела 4, подготовка к практическим занятиям и контрольной работе.	15	15	
Изучение материалов раздела 3 подготовка к практическим занятиям и контрольной работе.	15	15	
Подготовка к промежуточной аттестации	23,5	23,5	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Математические основы квантовой механики (КМ)	24	12	12	0
2	Основные положения КМ	24	12	12	0
3	Квантовая динамика	24	12	12	0
4	Приближенные методы	24	12	12	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Квантовая механика и ее роль в науке и производстве. Вторая квантовая революция	2
2	1	Гильбертово пространство (H) как пространство состояний КМ систем	4
3	1	Наблюдаемые в квантовой механике как алгебра эрмитовых операторов в H	6
4	2	Основные аксиомы КМ и следствия из них	2
5	2	Фундаментальные операторы квантовой механики, их вид в координатном и импульсном представлении	2
6	2	Основные наблюдаемые квантовой механики: операторы кинетической, потенциальной, полной энергии КМ-системы, оператор момента импульса	2
7	2	Задачи на собственные значения для операторов КМ	6
8	3	Квантовая динамика. Картина Гейзенберга	2
9	3	Квантовая динамика. Картина Шредингера	2
10	3	Квантовая динамика консервативных систем в картине Шредингера	2
11	3	Примеры квантового описания динамических систем	6
12	4	Приближенные методы. Теория возмущений	4
13	4	Приближенные методы. Вариационный принцип	4
14	4	Задача об атоме гелия	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Линейные пространства. Размерность. Базис. Эрмитово скалярное произведение, унитарное и гильбертово (H) пространства, декартов базис. Функциональная и дискретная реализация H.	6
2	1	Линейные операторы в H. Алгебра линейных операторов. Коммутационные соотношения. Оператор эрмитово сопряженный к данному. Правила сопряжения. Самосопряженные (эрмитовы) операторы. Фундаментальные операторы КМ.	6
1	2	Задачи на собственные значения для эрмитовых операторов. Основные положения КМ: 1) аксиома состояний. 2) аксиома наблюдаемых, 3) аксиома статистической интерпретации. Принцип соответствия. Квантовая интерференция, полные наборы наблюдаемых, теорема о среднем значении наблюдаемой, соотношение неопределенностей для несовместных наблюдаемых.	6
2	2	Простые модели квантовых систем: частица в прямоугольной потенциальной яме, гармонический осциллятор, атом водорода.	6
1	3	Динамика Гейзенберга: Задача о свободной частице. Теорема Эренфеста.	6
2	3	Динамика Шредингера. Динамика консервативных систем, стационарные состояния. Задача о свободной частице.	6
1	4	Приближенные методы КМ. Теория возмущений.	6
2	4	Вариационный принцип. Задача об атоме гелия.	6

## 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
Изучение материала раздела 1-2, подготовка к практическим занятиям и коллоквиуму 1.	Савельев И. В. Основы теоретической физики. Том 2. Квантовая механика (2021). Глава 1, п. 1-3, с. 7-13; глава 2, п. 7-14, с. 25-71; глава 3, п. 15-18, с. 72-80. ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> Иродов И.Е. Задачи по квантовой механике (2020). Главы 2 и 3, с. 25-53. ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a> Галицкий В. М. , Карнаков Б. М., Коган В. И. Задачи по квантовой механике (1998). Главы 1 и 2, с. 9-25. Библиотека ЮУрГУ, Шифр 53(07) Г158	4	20
Изучение материалов раздела 4, подготовка к практическим занятиям и контрольной работе.	Савельев И. В. Основы теоретической физики. Том 2. Квантовая механика (2021). Глава 6, п. 28-36, с. 120-164. ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> . Галицкий В. М. , Карнаков Б. М., Коган В. И. Задачи по квантовой механике (1998). Глава 8 , с. 60-63. Библиотека ЮУрГУ, Шифр 53(07) Г158.	4	15
Изучение материалов раздела 3 подготовка к практическим занятиям и контрольной работе.	Савельев И. В. Основы теоретической физики. Том 2. Квантовая механика (2021). Глава 4, п. 21-22, с. 81-86; глава 1, п. 1-6, с.7-21. ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> . Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике (2020). Глава 3, с. 47-51. ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a> Галицкий В. М. , Карнаков Б. М., Коган В. И. Задачи по квантовой механике (1998). Глава 7 , с. 53-57. Библиотека ЮУрГУ, Шифр 53(07) Г158.	4	15
Подготовка к промежуточной аттестации	См. литературу, рекомендованную для изучения разделов 1-4	4	23,5

## 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
0	4	Проме-	Зачет	-	100	Билет содержит десять	дифференцированный

		жуточная аттестация				заданий: 5 заданий по теории и 5 задач. Структура и критерии оценки каждого задания такие же, как и заданий, предъявляемых на коллоквиум и контрольную работу. Итоговая оценка получается суммированием баллов, полученных за каждое задание.	зачет
1	4	Текущий контроль	Коллоквиум	1	50	<p>Коллоквиум охватывает теоретическую часть раздела 1 курса (математические основы квантовой механики). Он проводится в письменной форме во время аудиторных занятий, длительность до 30 минут. Коллоквиум содержит 5 вопросов на знание основных положений, понятий, определений основных величин, правил оперирования с ними и интерпретации результатов расчетов. Вопросы могут иметь описательный характер (дайте определение, сформулируйте принцип, приведите перечень свойств и т.п.) или характер простой задачи, не требующей объемных вычислений.</p> <p>Каждый вопрос оценивается максимум в 10 баллов. Максимальная оценка за вопрос ставится при условии, что: 1) ответ правильный, 2) полный, 3) изложен в логической последовательности, 4) изложен грамотно, 5) оформлен аккуратно. Если ответ неправильный или отсутствует - вопрос оценивается в 0 баллов. Если ответ неполный, преподаватель оценивает долю правильных утверждений и пропорционально этой доле изменяет максимальный балл. За недостатки, указанные в п. 3)-5) оценка может быть снижена на 1-2 балла за каждый пункт. Итоговый результат (в баллах)</p>	дифференцированный зачет

						получается суммированием баллов, полученных за каждый вопрос.	
2	4	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	50	<p>Контрольная работа 1 охватывает раздел 2 курса (основные положения квантовой механики). Она проводится в письменной форме во время аудиторных занятий, длительность до 30 минут. В контрольной работе содержится 1 задача, в которой требуется ответить на 5 вопросов, касающихся характеристик состояния описанной в условии квантовой системы. Ответ на каждый вопрос оценивается максимум в 10 баллов. Максимальная оценка за вопрос ставится при условии, что: 1) ответ правильный, 2) полный, 3) изложен в логической последовательности, 4) изложен грамотно, 5) оформлен аккуратно. Если ответ неправильный или отсутствует - вопрос оценивается в 0 баллов. За недостатки, указанные в п. 3)-5) оценка может быть снижена на 1-2 балла за каждый пункт. Итоговая оценка (в баллах) получается суммированием баллов, полученных за каждый вопрос.</p>	дифференцированный зачет
3	4	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	50	<p>Контрольная работа 2 охватывает разделы 3 и 4 курса (квантовую динамику и приближенные методы). Она проводится в письменной форме во время аудиторных занятий, длительность до 45 минут. В контрольной работе содержится одна или две задачи, в которых в совокупности требуется ответить на 5 вопросов, касающихся характеристик состояния описанной в условии квантовой системы. Ответ на каждый вопрос оценивается максимум в 10 баллов. Максимальная оценка за вопрос ставится при</p>	дифференцированный зачет

					условии, что: 1) ответ правильный, 2) полный, 3) изложен в логической последовательности, 4) изложен грамотно, 5) оформлен аккуратно. Если ответ неправильный или отсутствует - вопрос оценивается в 0 баллов. За недостатки, указанные в п. 3)-5) оценка может быть снижена на 1-2 балла за каждый пункт. Итоговая оценка (в баллах) получается суммированием баллов, полученных за каждый вопрос.	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	Промежуточная аттестация может быть выставлена по результату текущей успеваемости. Студент может улучшить своей рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в форме письменной работы. Билет содержит 10 заданий. Время на выполнение: 90 минут. В процессе подготовки к ответу запрещено пользоваться печатными и электронными источниками информации. Студенту могут быть заданы дополнительные уточняющие вопросы.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		0	1	2	3
ПК-1	Знает: положения квантовой механики, необходимые 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:

- 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.

#### б) дополнительная литература:

- Давыдов, А. С. Квантовая механика [Текст] учеб. пособие для ун-тов А. С. Давыдов. - Изд. 2-е, испр. и перераб. - М.: Наука, 1973. - 703 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.

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

1. Physical review [Текст] A General physics науч. журн. журнал. - New York, N.Y.: Published for the American Physical Society by the American Institute of Physics, 1970-. - Semimonthly Jan. 1, 1987-Dec. 15, 1989

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Основы квантовой механики - методические указания

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Основы квантовой механики - методические указания

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Иродов, И. Е. Задачи по квантовой физике : учебное пособие / И. Е. Иродов. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-00101-685-4. — Текст : электронный <a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Савельев, И. В. Основы теоретической физики : учебник : в 2 томах / И. В. Савельев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 2 : Квантовая механика — 2021. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-0620-3. — Текст : электронный <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a>
3	Дополнительная 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 пользователей. <a href="https://e.lanbook.com/book/185658">https://e.lanbook.com/book/185658</a>
4	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Байков, Ю. А. Квантовая механика : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 294 с. — ISBN 978-5-00101-856-8. — Текст : электронный <a href="https://e.lanbook.com/book/151548">https://e.lanbook.com/book/151548</a>
5	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Трясучёв, В. А. Квантовая механика для студентов технических вузов : учебное пособие / В. А. Трясучёв ; под редакцией А. В. Попков. — Томск : ТПУ, 2017. — 156 с. — ISBN 978-5-4387-0746-2. — Текст : электронный <a href="https://e.lanbook.com/book/106765">https://e.lanbook.com/book/106765</a> (дата обращения: 16.11.2021)
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства	Елютин, П. В. Квантовая механика с задачами : учебное пособие / П. В. Елютин, В. Д. Кривченков ; под редакцией Н. Н. Боголюбова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 300 с. — ISBN 978-5-9221-0077-9. — Текст :

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Не предусмотрено