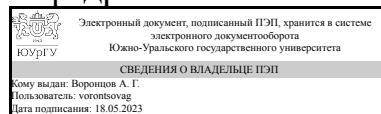


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



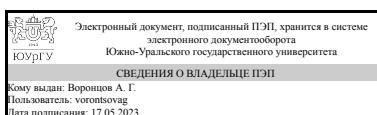
А. Г. Воронцов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.12.01 Введение в квантовую обработку информации
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

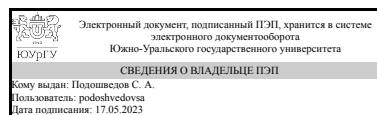
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

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



С. А. Подошведов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель курса введение в квантовую обработку информации - дать студентам начальное представление об основных концепциях квантовой обработки информации и квантовых вычислениях с возможностью применения студентами полученных знаний на практике. Задачи курса: 1. дать студентам начальные сведения по матричной квантовой механике 2. дать студентам представление о квантовых алгоритмах и квантовых вычислениях

Краткое содержание дисциплины

Курс состоит из 12 лекций и 12 практических занятий. Лекции и практические занятия проводятся очно. Курс делится на две части. В первой части будут даны основные положения матричной квантовой механики, постулаты квантовой механики и рассмотрены основные теоремы квантовой механики. Вторая часть включает в себя рассмотрение ключевых квантовых алгоритмов, включая протокол квантовой телепортации неизвестно кубита, протокол плотного кодирования, протоколы квантовой криптографии, а также некоторые вычислительные квантовые протоколы.

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: принципы и алгоритмы квантовой обработки информации; принципы работы квантовых компьютеров

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Теория функций комплексного переменного, Вычислительная электродинамика, Физика конденсированного состояния, Компьютерные сети и системы, Статистическая физика, Схемотехника цифровых устройств, Введение в твердотельную электронику, Вычислительная математика, Уравнения математической физики, Квантовая механика, Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Физика и диагностика поверхности, Специальные главы квантовой механики, 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
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 нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: 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:
Вычислительная электродинамика	Знает: положения вычислительной электродинамики, необходимые для построения физических и математических модели моделей, узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:
Компьютерные сети и системы	Знает: принципы проектирования и настройки компьютерных сетей и систем Умеет: Имеет практический опыт:
Уравнения математической физики	Знает: принципы построения математических моделей на основе законов физики; основные методы решения уравнений математической физики Умеет: Имеет практический опыт:
Введение в твердотельную электронику	Знает: Умеет: строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков твердотельной электроники 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 нанoeлектроники различного функционального назначения 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:
Схемотехника цифровых устройств	Знает: схемотехнические решения цифровых устройств; основные узлы и блоки цифровых электронных устройств Умеет: Имеет практический опыт:
Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр)	Знает: Умеет: использовать программное обеспечение в учебной и научно-исследовательской деятельности; решать задачи обработки данных Имеет практический опыт: самостоятельного написания компьютерных программ

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 52,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	19,75	19,75
Подготовка к зачету	6	6
Подготовка к контрольной работе 2	5	5
Подготовка к контрольной работе 1	5	5
Самостоятельное изучение глав книги	3,75	3.75
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	Матричная квантовая механика	24	12	12	0
2	Квантовые протоколы	24	12	12	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
----------	-----------	---	--------------

1	1	Линейная алгебра, линейные операторы и матрицы, Гильбертово пространство. На лекции вводятся основные обозначения, используемые в квантовой механике. Вводится понятие векторного пространства и основные операции, которые могут быть использованы над векторами. Вводится понятие линейной независимости векторов и базиса. Рассматривается действие оператора на векторы. Вводится понятие скалярного произведения векторов и конечномерного Гильбертова пространства. Будут рассмотрены понятия собственного вектора и собственного значения операторов. Вводятся понятия сопряженных и эрмитовых операторов, а также унитарного и положительного операторов. Вводится понятие тензорного произведения Гильбертовых пространств	2
2	1	Основные теоремы квантовой механики. Будут рассмотрены теорема о спектральном разложении, неравенство Коши-Шварца в терминах квантовых состояний, разложение Шмидта.	2
3	1	Основные постулаты квантовой механики. Будут рассмотрены и объяснены три постулата квантовой механики, на базе которых строится квантовая математика.	2
4	1	Матрица плотности. Реализация унитарных преобразований на сфере Блоха. Будет введено понятие матрицы плотности и действия над ними. Будет введено понятие квантового кубита и подробно рассмотрена структура унитарных операций (одно-кубитовые вращения) на сфере Блоха, а также структура матриц плотности кубита и преобразования матрицы плотности при унитарных преобразованиях.	4
5	1	Общие свойства квантовых вычислений и графическое представление унитарных операторов и операторов измерения. Общая схема работы квантового компьютера. Будут введены элементарные операции: матрицы Паули, матрица Адамара, матрицы однокубитовых преобразований, матрицы контролируемого-X, матрицы контролируемого-Z, преобразование Тоффли. Сформулирована основная теорема квантовых вычислений.	2
6	2	Протокол квантовой телепортации неизвестного кубита и плотного кодирования информации. Будет детально рассмотрены протоколы квантовой телепортации неизвестного кубита и квантовый протокол плотного кодирования информации	3
7	2	Протоколы квантовой криптографии. Будут рассмотрены протоколы квантовой криптографии: BB-84, B-92. Будут показаны некоторые попытки недоброжелателей проникнуть в квантовый канал связи и то как данное проникновение может быть обнаружено.	4
8	2	Проблема Дойча и квантовое решение проблемы Дойча Будет представлена сама проблема и алгоритм решения данной проблемы с помощью квантового алгоритма Дойча как аналитический, так и графический. Будет показано увеличение скорости квантового алгоритма в два раза по сравнению с классическим перебором. Будет рассмотрен общий случай квантовых алгоритмов с запутыванием вспомогательных состояний.	2
9	2	Квантовый алгоритм Бернштейна-Вазирани. Будет рассмотрена теория алгоритма Бернштейна-Вазирани. Будет представлено как теоретическое, так и графические решения квантового алгоритма Бернштейна-Вазирани и показана увеличение скорости квантового алгоритма.	3

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Линейная алгебра, линейные операторы и матрицы, Гильбертово	2

		пространство. Решение задач с векторами, поиск собственных векторов и собственных значений матриц Паули.	
2	1	Линейная алгебра, линейные операторы и матрицы, Гильбертово пространство. Решение задач с векторами, поиск собственных векторов и собственных значений матриц Паули.	2
3	1	Одно-кубитные унитарные операции и связанные с ними вращения на сфере Блоха. Будут рассмотрены задачи на различные типы вращений и связанные с ними унитарные преобразования.	2
4	1	Одно-кубитные унитарные операции и связанные с ними вращения на сфере Блоха. Будут рассмотрены задачи на различные типы вращений и связанные с ними унитарные преобразования.	2
5	1	Одно-кубитные унитарные операции и связанные с ними вращения на сфере Блоха. Будут рассмотрены задачи на различные типы вращений и связанные с ними унитарные преобразования.	2
6	1	Контрольная работа по теме 1 раздела матричная квантовая механика. Студентам будет предложен набор задач по материалу по матричной квантовой механике	2
7	2	Основные свойства унитарных операторов используемых в квантовой обработке информации. Вывод основных соотношений между операторами X,Z, оператора Адамара, оператора контролируемого-X и контролируемого-Z.	2
8	2	Основные свойства унитарных операторов используемых в квантовой обработке информации. Вывод основных соотношений между операторами X,Z, оператора Адамара, оператора контролируемого-X и контролируемого-Z.	2
9	2	Реализация запутанных состояний, протокол квантовой телепортации неизвестного кубита и протокол плотного кодирования информации. Будут рассмотрены и проанализированы задачи по данной теме	2
10	2	Реализация запутанных состояний, протокол квантовой телепортации неизвестного кубита и протокол плотного кодирования информации. Будут рассмотрены и проанализированы задачи по данной теме	2
11	2	Графическое решение проблемы Бернштейна-Вазирани. Будут предложены задачи по реализации квантового алгоритма Бернштейна-Вазирани с различными значениями неизвестного параметра, который необходимо найти.	2
12	2	Контрольная работа 2. Студентам будет предложен набор задач по материалу по протоколам квантовой обработки информации	2

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 зачету	Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" - главы 1-11 страницы 6-155ю	7	6
Подготовка к контрольной работе 2	Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" -	7	5

	главы 4-11 страницы 78-155.		
Подготовка к контрольной работе 1	Ф. Кайе, Р. Лафламм, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" - главы 1-3 страницы 6-77; главы 4,5 страницы 78-108; глава 6 страницы 109- 138	7	5
Самостоятельное изучение глав книги	Ф. Кайе, Р. Лафламм, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" - Москва ; Ин-т компьютерных исслед. ; Ижевск : R & C dynamics, 2009. - 346 с.	7	3,75

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	Учи-тыва-ется в ПА
1	7	Текущий контроль	Ответ на теоретический вопрос у доски на практическом занятии.	1	10	Один правильный ответ дает студенту - 2 балла. Всем студентам будет предоставлена возможность ответить на вопрос на практическом занятии.	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	25	Решение задач, в работе 3 задачи: первая задача 6 баллов, вторая - 9 баллов, третья - 10 баллов. Если студент правильно оформил начальные данные задачи, то он получает 1 балл для всех трех задач. Если студент предложил и записал правильно базовую идею, которая находится в основе решения, то он получает 2 балла по первой задаче, 3 балла по второй и 4 балла по третьей задаче, соответственно. Если студент корректно оформил базовую идею в правильное решение, то он получает 3 балла по первой задаче, 4 балла по второй и 4 балла по третьей задаче. 1 балл за вторую и третью задачу студент может получить в случае детальных математических выкладок при решении данных задач. Решение задач проверяет самостоятельную работу студента по изучению Ф. Кайе, Р. Лафламм, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" - 2009. - 346 с.	зачет
3	7	Текущий	Контрольная	1	25	Решение задач, в работе 3 задачи: первая	зачет

		контроль	работа 2			задача 6 баллов, вторая - 9 баллов, третья - 10 баллов. Если студент правильно оформил начальные данные задачи, то он получает 1 балл для всех трех задач. Если студент предложил и записал правильно базовую идею, которая находится в основе решения, то он получает 2 балла по первой задаче, 3 балла по второй и 4 балла по третьей задаче, соответственно. Если студент корректно оформил базовую идею в правильное решение, то он получает 3 балла по первой задаче, 4 балла по второй и 4 балла по третьей задаче. 1 балл за вторую и третью задачу студент может получить в случае детальных математических выкладок при решении данных задач. Решение задач проверяет самостоятельную работу студента по изучению Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска "Введение в квантовые вычисления" - 2009. - 346 с.	
4	7	Промежуточная аттестация	Решение зачетных задач	-	40	Решение зачетных задач, первая задача 10 баллов, вторая - 30 баллов. Если студент правильно оформил начальные данные задачи, то он получает 1 балл для обеих двух задач. Если студент предложил и записал правильно базовую идею, которая находится в основе решения, то он получает 2 балла по первой задаче и 6 баллов по второй задаче. Если студент корректно оформил базовую идею в правильное решение, то он получает 5 баллов по первой задаче и 17 баллов по второй задаче. 2 балла по первой задаче и 6 баллов по второй студент может получить, если сможет словами подробно рассказать решение словами.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам текущего контроля. Студент может повысить свой рейтинг, выполнив контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в форме защиты решения 2 задач, предоставленных преподавателем. Студенту на решение предоставлено 60 минут. Студент может своими словами рассказать решение задач. Студент может пользоваться дополнительной литературой в процессе защиты.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-1	Знает: принципы и алгоритмы квантовой обработки информации; принципы работы квантовых компьютеров	+	+	+	+

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:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие. – В 2 кн. – Кн. 2. – М.: МИФИ, 2008. – 532 с.

2. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие. – В 2 кн. – Кн. 1. – М.: МИФИ, 2008. – 212 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие. – В 2 кн. – Кн. 2. – М.: МИФИ, 2008. – 532 с.

2. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие. – В 2 кн. – Кн. 1. – М.: МИФИ, 2008. – 212 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ильичев, И. В. Элементарные основы квантовых вычислений. Упражнения и задачи : учебное пособие / И. В. Ильичев. — Новосибирск : НГТУ, 2014. — 28 с. — ISBN 978-5-7782-2414-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118442 (дата обращения: 01.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная	Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография / В. К.

	система издательства Лань	Прилипко, И. И. Коваленко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-3383-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/111888 (дата обращения: 01.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
--	---------------------------------	---

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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	305 (16)	Компьютерное оборудование для показа презентаций: системный блок, монитор, проектор, экран.
Зачет, диф. зачет	305 (16)	Демонстрационное оборудование: меловая доска.
Практические занятия и семинары	305 (16)	Демонстрационное оборудование: меловая доска.