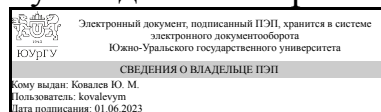


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



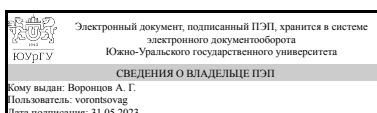
Ю. М. Ковалев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02.М2.03 Квантовые вычисления
для направления 01.03.03 Механика и математическое моделирование
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

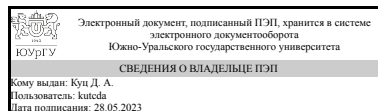
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

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



А. Г. Воронцов

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



Д. А. Куц

1. Цели и задачи дисциплины

Главной целью данной дисциплины является подготовка учащихся к работе в области квантовых вычислений. Основная задача данной дисциплины - на примере конкретных алгоритмов познакомить студентов с квантовыми вычислениями.

Краткое содержание дисциплины

Основное содержание данной дисциплины состоит в подробном рассмотрении следующих тем: кубит, графическое представление унитарных операторов, квантовое решение проблемы Дойча, квантовый алгоритм Берштейна-Вазирани, проблема Симони, квантовый алгоритм Шора.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|--|
| УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | Знает: действие основных квантовых гейтов Имеет практический опыт: решения задач по теме квантовых вычислений |
| УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни | Имеет практический опыт: реализации траектории саморазвития для освоения материала по квантовым вычислениям |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| 1.Ф.02.М2.02 Элементы квантовой оптики, 1.Ф.02.М2.01 Основы квантовой механики | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина | Требования |
|--|---|
| 1.Ф.02.М2.01 Основы квантовой механики | Знает: основные положения квантовой механики Умеет: Имеет практический опыт: решения задачи квантовой механики в матричном представлении, управления своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике |
| 1.Ф.02.М2.02 Элементы квантовой оптики | Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике, решать задачи квантовой оптики Имеет практический опыт: |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 72,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 5 | |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 144 | 144 | |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 64 | 64 | |
| Лекции (Л) | 32 | 32 | |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32 | 32 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 | |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 71,5 | 71,5 | |
| Подготовка к мини-контрольным | 10 | 10 | |
| Подготовка к контрольным работам. | 31,5 | 31,5 | |
| Подготовка к зачету | 30 | 30 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 8,5 | 8,5 | |
| 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 | Квантовая механика в матричной форме | 12 | 6 | 6 | 0 |
| 2 | Квантовые вычисления | 52 | 26 | 26 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Линейная алгебра и дираковская система обозначений. | 2 |
| 2 | 1 | Спектральная теорема, теорема Шмидта о разложении, неравенство Коши-Буняковского, неравенство Гейзенберга. | 2 |
| 3 | 1 | Кубит и его динамика. | 2 |
| 4 | 2 | Составные системы и запутанные состояния. Измерение кубита. | 2 |
| 5 | 2 | Смешанные состояния. Обобщенные квантовые операции. | 2 |
| 6 | 2 | Модель квантовой схемы. Квантовые элементы. | 2 |
| 7 | 2 | Проблема Дойча. | 2 |
| 8 | 2 | Квантовый алгоритм Берштейна-Вазирани. | 2 |
| 9 | 2 | Проблема Саймона. | 2 |
| 10 | 2 | Алгоритм Гровера. | 2 |
| 11 | 2 | Квантовое перечисление. | 2 |
| 12 | 2 | Квантовый алгоритм Шора. | 2 |
| 13 | 2 | Протокол квантовой криптографии ВВ-84. | 2 |
| 14 | 2 | Протокол квантовой криптографии В-92. | 2 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 15 | 2 | Исправление квантовых ошибок (часть 1). | 2 |
| 16 | 2 | Исправление квантовых ошибок (часть 2) | 2 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Решение задач по темам: гильбертово пространство, двойственные векторы, операторы. | 2 |
| 2 | 1 | Решение задач по темам: спектральная теорема, теорема Шмидта о разложении, неравенство Коши-Буняковского, неравенство Гейзенберга. | 2 |
| 3 | 1 | Решение задач по темам: кубит, матрицы Паули. | 2 |
| 4 | 2 | Решение задач по темам: запутанные состояния, измерение кубита. | 2 |
| 5 | 2 | Решение задач по темам: смешанные состояния, взятие частичного следа, обобщенные квантовые операции. | 2 |
| 6 | 2 | Решение задач по темам: модель квантовой схемы, квантовые элементы. | 2 |
| 7 | 2 | Решение задач по теме: проблема Дойча. | 2 |
| 8 | 2 | Решение задач по теме: квантовый алгоритм Берштейна-Вазирани | 2 |
| 9 | 2 | Решение задач по теме: проблема Саймона | 2 |
| 10 | 2 | Решение задач по теме: алгоритм Гровера | 2 |
| 11 | 2 | Решение задач по теме: квантовое перечисление. | 2 |
| 12 | 2 | Решение задач по теме: квантовый алгоритм Шора | 2 |
| 13 | 2 | Решение задач по теме: протоколы квантовой криптографии (часть 1). | 2 |
| 14 | 2 | Решение задач по теме: протоколы квантовой криптографии (часть 2). | 2 |
| 15 | 2 | Решение задач на тему: исправление квантовых ошибок (часть 1). | 2 |
| 16 | 2 | Решение задач на тему: исправление квантовых ошибок (часть 2). | 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 мини-контрольным | Хренников, А. Ю. Введение в квантовую теорию информации : учебник — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 284 с. Главы: гл. 3, стр. 59-85, гл. 4, стр. 86-107, гл. 5, стр.108-131. https://e.lanbook.com/book/2176 . | 5 | 10 |
| Подготовка к контрольным работам. | Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. Главы: гл. 1, стр. 5-35, гл. 2, стр. 36-48, гл. 3, стр. 49-69, гл. 4, стр. 70-81, гл. 8, стр. 135-142. https://e.lanbook.com/book/111888 | 5 | 31,5 |
| Подготовка к зачету | Прилипко, В. К. Физические основы | 5 | 30 |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>квантовых вычислений. Динамика кубита : монография — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. Главы: гл. 1, стр. 5-35, гл. 2, стр. 36-48, гл. 3, стр. 49-69, гл. 4, стр. 70-81, гл. 8, стр. 135-142. https://e.lanbook.com/book/111888</p> <p>Хренников, А. Ю. Введение в квантовую теорию информации : учебник — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 284 с. Главы: гл. 3, стр. 59-85, гл. 4, стр. 86-107, гл. 5, стр. 108-131. https://e.lanbook.com/book/2176.</p> | | |
|--|---|--|--|

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 | 5 | Текущий контроль | Контрольная работа 1 | 5 | 5 | Контрольная работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 2 | 5 | Текущий контроль | Контрольная работа 2 | 5 | 5 | Контрольная работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 3 | 5 | Текущий контроль | Контрольная работа 3 | 5 | 5 | Контрольная работа состоит из 5 задач, каждая задача оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 4 | 5 | Текущий контроль | Мини-контрольная работа 1 | 1 | 1 | Мини-контрольная работа состоит из 1 задачи, решение которой оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 5 | 5 | Текущий контроль | Мини-контрольная работа 2 | 1 | 1 | Мини-контрольная работа состоит из 1 задачи, решение которой оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 | дифференцированный зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|---------------------------|---|---|---|--------------------------|
| | | | | | | балл; иначе - 0 баллов). | |
| 6 | 5 | Текущий контроль | Мини-контрольная работа 3 | 1 | 1 | Мини-контрольная работа состоит из 1 задачи, решение которой оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 7 | 5 | Текущий контроль | Мини-контрольная работа 4 | 1 | 1 | Мини-контрольная работа состоит из 1 задачи, решение которой оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов). | дифференцированный зачет |
| 8 | 5 | Промежуточная аттестация | Зачет | - | 8 | Билет содержит 8 задач. Правильное решение задачи оценивается в 1 балл (есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; нет подробного решения или нет правильного ответа - 0 баллов). | дифференцированный зачет |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| дифференцированный зачет | Промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам текущей успеваемости. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Студент может улучшить свой рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в письменной форме. Билет содержит 8 задач. 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 | | | | | | | |
|-------------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| УК-2 | Знает: действие основных квантовых гейтов | + | + | + | + | + | + | + | + |
| УК-2 | Имеет практический опыт: решения задач по теме квантовых вычислений | + | + | + | + | + | + | + | + |
| УК-6 | Имеет практический опыт: реализации траектории саморазвития для освоения материала по квантовым вычислениям | + | + | + | + | + | + | + | + |

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. Методические рекомендации. Куц Д.А.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические рекомендации. Куц Д.А.

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Хренников, А. Ю. Введение в квантовую теорию информации : учебник / А. Ю. Хренников. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 284 с. — ISBN 978-5-9221-0951-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2176 . — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2 | Дополнительная 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 . — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Левичев, В. В. Основы квантовой механики в простейших задачах : учебное пособие / В. В. Левичев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2014. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/70963 . — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 4 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-3383-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111888 . — Режим доступа: для авториз. пользователей. |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-------------|--|
| Экзамен | 608 (16) | Персональный компьютер, проектор. |
| Лекции | 608 (16) | Персональный компьютер, проектор. |
| Самостоятельная работа студента | 127 (36) | Компьютер, моноблоки, подключенные к сети Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, проектор, экран. |
| Практические занятия и семинары | 608 (16) | Персональный компьютер, проектор. |