

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



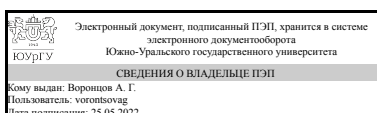
Л. Б. Соколинский

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.16.М2.01 Основы квантовой механики  
для направления 09.03.04 Программная инженерия  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

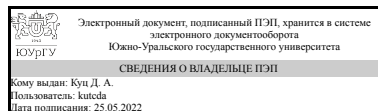
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 920

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. Квантовые вычисления более подробно будут рассматриваться последующих двух дисциплинах "Элементы квантовой оптики" и "Квантовые вычисления". Квантовая механика является основой для квантовых вычислений, поэтому основными задачами данной дисциплины является изложение основных постулатов квантовой механики и изучение математического аппарата квантовой механики.

## Краткое содержание дисциплины

Основное содержание данной дисциплины состоит в подробном рассмотрении следующих тем: волновая функция, понятие оператора физической величины, уравнение Шредингера, соотношение неопределенностей, линейный гармонический осциллятор, матрица плотности, измерение в квантовой механике, запутывание квантовых систем.

## 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: основные положения квантовой механики<br>Имеет практический опыт: решения задачи квантовой механики в матричном представлении |
| УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни                                | Имеет практический опыт: управления своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике.                        |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ                                  |
|---|--|
| 1.О.05 Физика   | 1.Ф.16.М2.03 Квантовые вычисления,<br>1.Ф.16.М2.02 Элементы квантовой оптики |

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

| Дисциплина    | Требования  |
|---------------|---|
| 1.О.05 Физика | Знает: структуру курса дисциплины, рекомендуемую литературу, фундаментальные разделы физики; методы и средства измерения физических величин; методы обработки экспериментальных данных<br>Умеет: применять основные законы физики для успешного |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>решения задач, направленных на саморазвитие обучающегося и подготовку к профессиональной деятельности, использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики, физики в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний; применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач; работать с измерительными приборами; выполнять физический эксперимент, обрабатывать результаты измерений, строить графики и проводить графический анализ опытных данных; считать систематические и случайные ошибки прямых и косвенных измерений, приборные ошибки; применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач Имеет практический опыт: самостоятельного решения учебных и профессиональных задач с применением методов и подходов, развиваемых и используемых в физике, в том числе задач, которые требуют применения измерительной аппаратуры; навыками правильного представления и анализа полученных результатов, владения фундаментальными понятиями и основными законами классической и современной физики и методами их использования; методологией организации, планирования, проведения и обработки результатов экспериментов и экспериментальных исследований; навыками физического эксперимента и умения применять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности; навыками проведения расчетов, как при решении задач, так и при научном эксперименте; навыками оформления отчетов по результатам исследований; навыками работы с измерительной аппаратурой, в том числе с цифровой измерительной техникой; навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности измерений; навыками анализа полученных результатов, как для решения задач, так и для эксперимента и измерений</p> |
|--|--|

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 72,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--------------------|-------------|------------------------------------|
|                    |             | Номер семестра                     |
|                    |             |                                    |

|  |       |           |
|--|-------|-----------|
|  |       | 3         |
| 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>  | 71,75 | 71,75     |
| Подготовка к зачету  | 30    | 30        |
| Подготовка к контрольной работе №1, №2, №3.                                | 41,75 | 41.75     |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 8,25  | 8,25      |
| 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         | Современные перспективы квантовых технологий              | 2   | 2  | 0  | 0  |
| 2         | Экспериментальные предпосылки создания квантовой механики | 12  | 6  | 6  | 0  |
| 3         | Основные положения квантовой механики                     | 50  | 24 | 26 | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия  | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1        | 1         | Зачем нам нужны квантовые технологии. Вводная лекция.  | 2            |
| 2        | 2         | Волновое уравнение. Интерференция.   | 2            |
| 3        | 2         | С чего началась квантовая механика: формула Планка для теплового излучения, фотоэффект, эффект Комптона. | 2            |
| 4        | 2         | С чего началась квантовая механика: гипотеза де-Бройля, спектр атома водорода, постулаты Бора.           | 2            |
| 5        | 3         | Постулаты квантовой механики. Волновая функция. Операторы физических величин.                            | 2            |
| 6        | 3         | Собственные векторы и собственные значения линейных операторов   | 2            |
| 7        | 3         | Уравнение Шредингера.  | 2            |
| 8        | 3         | Принцип неопределенностей  | 2            |
| 9        | 3         | Линейный гармонический осциллятор.   | 2            |
| 10       | 3         | Эквивалентные представления.   | 2            |
| 11       | 3         | Законы сохранения и сохраняющиеся величины   | 2            |
| 12       | 3         | Матричная формулировка квантовой механики.   | 2            |
| 13       | 3         | Понятие матрицы плотности.   | 2            |
| 14       | 3         | Системы тождественных частиц.  | 2            |
| 15       | 3         | ЭПР парадокс.  | 2            |
| 16       | 3         | Неравенства Белла.   | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Волновое уравнение. Интерференция.  | 2            |
| 2         | 2         | Основы квантовой оптики: тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона.   | 2            |
| 3         | 2         | Основы квантовой оптики: волны де-Бройля, спектр атома водорода.  | 2            |
| 4         | 3         | Линейные пространства. Размерность. Базис. Эрмитово скалярное произведение, унитарное и гильбертово пространства. | 2            |
| 5         | 3         | Алгебра линейных операторов.  | 2            |
| 6         | 3         | Правила сопряжения. Самосопряженные (эрмитовы) операторы. Фундаментальные операторы КМ.                           | 2            |
| 7         | 3         | Задачи на собственные значения для эрмитовых операторов.  | 2            |
| 8         | 3         | Простейшие одномерные задачи (замкнутая линия, потенциальный барьер, потенциальная яма).                          | 2            |
| 9         | 3         | Линейный гармонический осциллятор.  | 2            |
| 10        | 3         | Представление Шредингера и представление Гейзенберга.   | 2            |
| 11        | 3         | Симметрия в квантовой механике.   | 2            |
| 12        | 3         | Задачи в матричной формулировке.  | 2            |
| 13        | 3         | Задачи на матрицу плотности.  | 2            |
| 14        | 3         | Бозоны и фермионы.  | 2            |
| 15        | 3         | Тензорное произведение состояний и запутанные состояния.  | 2            |
| 16        | 3         | Квантовая нелокальность.  | 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                         | Савельев И. В. Основы теоретической физики. Том 2. Квантовая механика (2021). Глава 1, п. 1-5, с. 7-21; Глава 2, п. 7-14, с. 25-71; Глава 3, п. 15-18, с. 72-80; Глава 4, п. 21-22, с. 96-103; Глава 9, п. 45-46, с. 243-245.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> Иродов, И. Е. Задачи по квантовой физике (2020). Истоки квантовой физики - стр. 7-24, Волновые свойства частиц - стр. 25-41, Основы квантовой механики - стр. 42-55.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a> | 3       | 30           |
| Подготовка к контрольной работе №1, №2, №3. | Савельев И. В. Основы теоретической физики. Том 2. Квантовая механика (2021). Глава 1, п. 1-5, с. 7-21; Глава 2, п. 7-14, с. 25-71; Глава 3, п. 15-18, с. 72-80; Глава 4, п. 21-22, с. 96-103; Глава 9, п. 45-46, с. 243-245.  | 3       | 41,75        |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> Иродов, И. Е. Задачи по квантовой физике (2020). Истоки квантовой физики - стр. 7-24, Волновые свойства частиц - стр. 25-41, Основы квантовой механики - стр. 42-55.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a> |  |  |
|--|---|--|--|

## 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    | 3        | Текущий контроль          | Контрольная работа №1             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает 2-ой раздел курса. 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    | 3        | Текущий контроль          | Контрльная работа № 2             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает первую половину 3-го раздела курса. 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    | 3        | Текущий контроль          | Контрльная работа № 3             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает вторую половину 3-го раздела курса. 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    | 3        | Проме-жуточная 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 |
| УК-2        | Знает: основные положения квантовой механики  | +    | + |   | + |
| УК-2        | Имеет практический опыт: решения задачи квантовой механики в матричном представлении                          |      | + |   | + |
| УК-6        | Имеет практический опыт: управления своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике. |      |   | + | + |

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. Куц Д.А. Методические указания для самостоятельной работы студентов по предмету "Основы квантовой механики", 2022. — 7 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Куц Д.А. Методические указания для самостоятельной работы студентов по предмету "Основы квантовой механики", 2022. — 7 с.

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в | Библиографическое описание |
|---|----------------|------------------------|----------------------------|
|---|----------------|------------------------|----------------------------|

|   |                              |  |   |
|---|------------------------------|--|---|
|   |                              | электронной<br>форме   |   |
| 1 | Основная<br>литература       | Электронно-<br>библиотечная<br>система<br>издательства<br>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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169151">https://e.lanbook.com/book/169151</a> (дата обращения: 04.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2 | Основная<br>литература       | Электронно-<br>библиотечная<br>система<br>издательства<br>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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135493">https://e.lanbook.com/book/135493</a> (дата обращения: 04.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.  |
| 3 | Дополнительная<br>литература | Электронно-<br>библиотечная<br>система<br>издательства<br>Лань | Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-0554-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167719">https://e.lanbook.com/book/167719</a> (дата обращения: 04.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.   |
| 4 | Дополнительная<br>литература | Электронно-<br>библиотечная<br>система<br>издательства<br>Лань | Демидович, Б. П. Математические основы квантовой механики : учебное пособие для вузов / Б. П. Демидович. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-9077-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/184056">https://e.lanbook.com/book/184056</a> (дата обращения: 04.02.2022). — 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<br>занятий | №<br>ауд.   | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
| Лекции         | 608<br>(16) | Персональный компьютер, проектор.  |