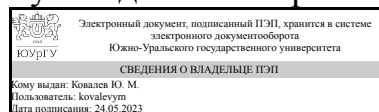


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



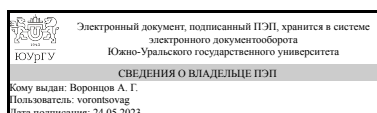
Ю. М. Ковалев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

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

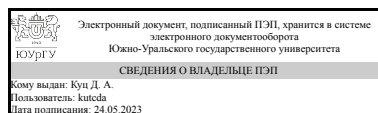
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

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 и квантовой метрологии. Основной задачей данной дисциплины является изучение явлений, в которых проявляется квантовые свойства света, основное внимание уделяется неклассическим состояниям света.

## Краткое содержание дисциплины

Основное содержание данной дисциплины состоит в подробном рассмотрении неклассических состояний света: сжатый свет, однофотонные и двухфотонные состояния, а также в методах генерации таких состояний и методах их детектирования.

## 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 | Умеет: решать задачи квантовой оптики   |
| УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни                                | Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения<br>Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| 1.Ф.02.М2.01 Основы квантовой механики                        | 1.Ф.02.М2.03 Квантовые вычисления           |

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<br>Умеет: Имеет практический опыт: решения задачи квантовой механики в матричном представлении, управления своим временем для получения дополнительных знаний по квантовой механике |

## 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                     |  |
|  |             | 4                                  |  |
| 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 контрольной работе №1, №2, №3.                                | 40          | 40                                 |  |
| Подготовка к зачету  | 31,5        | 31,5                               |  |
| 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         | Классическая оптика              | 12  | 6  | 6  | 0  |
| 2         | Квантовая оптика                 | 52  | 26 | 26 | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия            | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1        | 1         | Введение в оптику.   | 2            |
| 2        | 1         | Волновая оптика: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия. | 2            |
| 3        | 1         | Электромагнитное поле, уравнения Максвелла.                        | 2            |
| 4        | 2         | Распределение Планка.  | 2            |
| 5        | 2         | Излучательные переходы в атомах.                                   | 2            |
| 6        | 2         | Лазерное излучение: моды, свойства излучения.                      | 2            |
| 7        | 2         | Фоковские состояния.   | 2            |
| 8        | 2         | Квантовая механика светодетектора.                                 | 2            |
| 9        | 2         | Когерентный свет.  | 2            |
| 10       | 2         | Смещенные вакуумные состояния.                                     | 2            |
| 11       | 2         | Супер-пуассоновский свет и субпуассоновский свет.                  | 2            |
| 12       | 2         | Группировка и антигруппировка фотонов.                             | 2            |
| 13       | 2         | Спонтанное параметрическое рассеивание света.                      | 2            |
| 14       | 2         | Сжатый свет.   | 2            |
| 15       | 2         | Детектирование сжатого света.                                      | 2            |
| 16       | 2         | Функция Вигнера.   | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 1         | Решение задач по темам: законы геометрической оптики, формула тонкой линзы, сферические зеркала, полное внутреннее отражение. | 2            |
| 2         | 1         | Решение задач по темам: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.   | 2            |
| 3         | 1         | Решение задач по темам: электромагнитные волны, уравнения Максвелла.  | 2            |
| 4         | 2         | Решение задач по темам: распределение Планка, тепловое излучение.   | 2            |
| 5         | 2         | Решение задач по темам: коэффициенты Эйнштейна, ширина и форма спектральной линии.  | 2            |
| 6         | 2         | Решение задач по теме: моды лазера.   | 2            |
| 7         | 2         | Решение задач по темам: операторы рождения, уничтожения, числа фотонов.   | 2            |
| 8         | 2         | Решение задач по определению выходного состояния после прохождения светом делителя пучка.                                     | 2            |
| 9         | 2         | Решение задач по теме: когерентный свет.  | 2            |
| 10        | 2         | Решение задач по теме: смещенные вакуумные состояния.   | 2            |
| 11        | 2         | Решение задач по теме: непугассоновский свет.   | 2            |
| 12        | 2         | Решение задач по темам: группировка и антигруппировка фотонов.  | 2            |
| 13        | 2         | Решение задач по теме: спонтанное параметрическое рассеяние света.  | 2            |
| 14        | 2         | Решение задач по теме: сжатый свет.   | 2            |
| 15        | 2         | Решение задач по теме: детектирование сжатого света.  | 2            |
| 16        | 2         | Расчет функции Вигнера.   | 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 контрольной работе №1, №2, №3. | Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. Глава 1, стр 8-24; глава 2, стр. 25-44; глава 3, стр. 45-53; глава 4, стр. 68-82. <a href="https://e.lanbook.com/book/59661">https://e.lanbook.com/book/59661</a><br>Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава 1 - 13: стр. 5-81. <a href="https://e.lanbook.com/book/135495">https://e.lanbook.com/book/135495</a> | 4       | 40           |
| Подготовка к зачету                         | Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. Глава 1, стр 8-24; глава 2, стр. 25-44; глава 3, стр. 45-53; глава 4, стр. 68-82. <a href="https://e.lanbook.com/book/59661">https://e.lanbook.com/book/59661</a><br>Белинский, А. В. Квантовые измерения :  | 4       | 31,5         |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | учебное пособие — Москва :<br>Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава<br>1 - 13: стр. 5-81.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/135495">https://e.lanbook.com/book/135495</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    | 4        | Текущий контроль          | Контрольная работа №1             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 1-6. 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    | 4        | Текущий контроль          | Контрльная работа № 2             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 7-11. 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    | 4        | Текущий контроль          | Контрльная работа № 3             | 1   | 5          | Контрольная работа охватывает следующие лекции курса: 12-16. 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    | 4        | 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        | Умеет: решать задачи квантовой оптики  | +    |   | ++ |   |
| УК-6        | Знает: как управлять своим временем, чтобы освоить аппарат операторов рождения – уничтожения |      |   | ++ |   |
| УК-6        | Умеет: выстраивать траекторию саморазвития для освоения материала по квантовой оптике        |      |   | ++ |   |

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 сам. раб. \_Элементы квантовой оптики\_ 2022

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

1. Куц Д.А. Методические указания для сам. раб. \_Элементы квантовой оптики\_ 2022

### Электронная учебно-методическая документация

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

|   |                           |   |   |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Физика : методические указания / составитель И. П. Кректунова. — Санкт-Петербург : СПбГУ ГА, 2015. — 44 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/145483">https://e.lanbook.com/book/145483</a> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.   |
| 2 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Сарина, М. П. Волновая и квантовая оптика : учебное пособие / М. П. Сарина, В. Н. Холявко. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 124 с. — ISBN 978-5-7782-3813-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152332">https://e.lanbook.com/book/152332</a> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.    |
| 3 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Самарцев, В. В. Коррелированные фотоны и их применение : учебное пособие / В. В. Самарцев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. — ISBN 978-5-9221-1511-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/59661">https://e.lanbook.com/book/59661</a> (дата обращения: 14.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.      |
| 4 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие / А. В. Белинский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. — ISBN 978-5-00101-691-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/135495">https://e.lanbook.com/book/135495</a> (дата обращения: 14.02.2022). — 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 |
|---------------------------------|-------------|--|
| Зачет, диф.зачет                | 608<br>(16) | Персональный компьютер, проектор.  |
| Лекции                          | 608<br>(16) | Персональный компьютер, проектор.  |
| Самостоятельная работа студента | 127<br>(36) | Компьютер, моноблоки, подключенные к сети Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, проектор, экран. |
| Практические занятия и семинары | 608<br>(16) | Персональный компьютер, проектор.  |