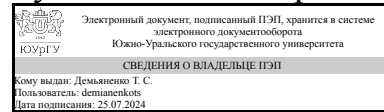


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



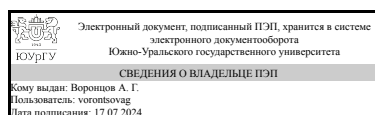
Т. С. Демьяненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02.М2.02 Элементы квантовой оптики
для направления 01.03.04 Прикладная математика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

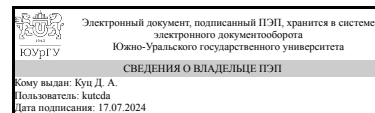
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 11

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 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.М1.01 Анализ данных и технологии работы с данными, 1.О.30 Объектно-ориентированное программирование, 1.Ф.02.М5.01 Функционально-стоимостной анализ и теория ошибок, 1.Ф.02.М9.01 Современные экологические проблемы, 1.Ф.02.М8.01 Основы теории сигналов, 1.Ф.02.М3.01 Основы стратегического менеджмента, 1.Ф.02.М7.01 Цифровые измерительные устройства, 1.Ф.02.М4.01 Технологии цифровизации и интернет вещей, 1.О.29 Языки программирования, 1.Ф.02.М2.01 Основы квантовой механики, 1.Ф.02.М6.01 Введение в технологическое предпринимательство,	1.Ф.02.М8.03 Цифровые электронные устройства, 1.Ф.02.М2.03 Квантовые вычисления, 1.Ф.02.М1.03 Приложения и практика анализа данных, 1.О.06 Правоведение, 1.Ф.02.М6.03 Финансовый профиль бизнеса, 1.Ф.02.М5.03 Организация продуктивного мышления, 1.Ф.02.М9.03 IT-технологии в решении экологических задач, 1.О.18 Уравнения математической физики, 1.Ф.02.М7.03 Интеллектуальные измерительные системы, 1.Ф.02.М3.03 Основы проектной деятельности, 1.Ф.02.М4.03 Информационные технологии в управлении организационными структурами, Производственная практика (проектно-технологическая) (6 семестр)

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

Дисциплина	Требования
1.Ф.02.М3.01 Основы стратегического менеджмента	<p>Знает: - методы и принципы целеполагания, - механизмы отбора оптимальных решений, - правовые нормы в рамках профессиональной деятельности, методы постановки целей саморазвития и стратегического планирования саморазвития</p> <p>Умеет: выбирать оптимальные решения с учетом действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, выстраивать траекторию саморазвития с учетом существующих ограничений</p> <p>Имеет практический опыт: выбора оптимальных решений с учетом действующих ограничений и ресурсов на основе результатов стратегического анализа, постановки целей саморазвития</p>
1.Ф.02.М4.01 Технологии цифровизации и интернет вещей	<p>Знает: свойства и особенности информационных представлений в аналоговой и цифровой формах; основные математические модели обработки информации; способы получения информации из окружающей среды, методы ее интеграции, обработки, анализа и реализации воздействий; способы и интерфейсы информационного обмена; структуру, базовые технологии и компоненты интернета вещей; стандарты интернета вещей, основные направления технологического развития и его влияние на человеческое общество; свойства и процессы взаимодействия человеческого и киберфизического социумов; информационные и лингвистические свойства сети "интернет"; трансформационные особенности влияния сети "интернет" в отношении понимания процессов окружающего мира и принятия решений; представления предметной области и ее модели в формате онтологии</p> <p>Умеет: пользоваться основными приемами анализа и преобразований информации в различных формах и форматах; использовать формальные модели объектов и систем для описаний состояний и процессов различных предметных областей, определять и анализировать группы требований и требования групп проектов интернета вещей; строить модели и этапы саморазвития в рамках модели целенаправленной деятельности</p> <p>Имеет практический опыт: анализа и преобразований цифровых моделей физических и виртуальных объектов, применения онтологий как цифровой модели предметной области и формирования</p>

	требований групп при реализации проектов интернета вещей
1.Ф.02.М8.01 Основы теории сигналов	<p>Знает: основы математического представления простых и сложных сигналов, формируемых и обрабатываемых в современных радиоэлектронных устройствах; числовые характеристики и параметры сигналов и спектров, основные виды информационных сигналов, способы их описания, содержание процессов самоорганизации и самообразования при планировании занятий по самоподготовке при изучении теоретической части дисциплины и выполнения практических работ</p> <p>Умеет: выполнять моделирование процессов формирования и обработки информационных сигналов, оформлять полученные результаты, выстраивать траекторию саморазвития на основе принципов самообразования и использования современных информационных технологий</p> <p>Имеет практический опыт: применения методов программирования (моделирования) для формирования, преобразования и анализа сигналов, использования индивидуальных программ общей и профессионально-прикладной подготовки в данной области направленности</p>
1.О.30 Объектно-ориентированное программирование	<p>Знает: инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, основные понятия и структура объектно-ориентированного программирования</p> <p>Умеет: формулировать цели личностного и профессионального развития и определять условия их достижения, разрабатывать приложения в объектно-ориентированном стиле</p> <p>Имеет практический опыт: планирования самостоятельной работы и собственной деятельности, реализации и анализа проектов в объектно-ориентированном стиле</p>
1.Ф.02.М1.01 Анализ данных и технологии работы с данными	<p>Знает: способы сбора, обработки и анализа данных для решения своих профессиональных задач с учётом имеющихся ресурсов и правовых норм</p> <p>Умеет: применять математические методы обработки данных для выбора и реализации оптимального способа решения профессиональных задач</p> <p>Имеет практический опыт:</p>
1.Ф.02.М6.01 Введение в технологическое предпринимательство	<p>Знает: понятие и инструменты технологического предпринимательства, основные элементы инфраструктуры технологического предпринимательства и правовые нормы</p> <p>Умеет: генерировать технологические бизнес-идеи и ставить бизнес-цели, определять подходящие инструменты маркетинга для решения задач рыночного продвижения бизнес-идеи</p> <p>Имеет практический опыт: селекции технологических бизнес-идей по различным критериям в условиях ресурсных ограничений, а также валидации</p>

	бизнес-идей
ФД.02 Психология	Знает: способы построения отношения с окружающими людьми, с коллегами, инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач Умеет: строить отношения с окружающими людьми, с коллегами, формулировать цели личного и профессионального развития и определять условия их достижения Имеет практический опыт: планирования самостоятельной работы и собственной деятельности
1.Ф.02.М9.01 Современные экологические проблемы	Знает: круг задач цифровизации в современных экологических проблемах Умеет: выбирать оптимальные цифровые решения экологических задач Имеет практический опыт: поиска и информации по современным экологическим проблемам
1.Ф.02.М5.01 Функционально-стоимостной анализ и теория ошибок	Знает: основы тайм-менеджмента, основы функционально-стоимостного анализа (ФСА) и теории ошибок Умеет: планировать свой временной режим работы, выявлять ансамбли неприятностей (нежелательных эффектов) в системах – ядра задач Имеет практический опыт: планирования и управления своим временем в ходе саморазвития, выявления неприятностей (нежелательных эффектов) в ходе ФСА
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.О.29 Языки программирования	Знает: инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, основные языки программирования Умеет: формулировать цели личного и профессионального развития и определять условия их достижения, применять основные методы и приемы программирования Имеет практический опыт: планирования самостоятельной работы и собственной деятельности, реализации стандартных алгоритмов с использованием различных языков программирования
1.Ф.02.М7.01 Цифровые измерительные устройства	Знает: принципы построения цифровых измерительных устройств на основе современной элементной базы Умеет: анализировать метрологические характеристики цифровых измерительных каналов, анализировать и прогнозировать развитие измерительных устройств для цифровой индустрии Имеет практический опыт: проектирования цифровых измерительных устройств на современной элементной базе; программирования контроллеров для опроса

	цифровых сенсоров
Учебная практика (ознакомительная) (3 семестр)	<p>Знает: инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, способы построения отношения с окружающими людьми, с коллегами</p> <p>Умеет: применять математические методы при решении исследовательских и проектных задач, формулировать цели личностного и профессионального развития и определять условия их достижения, работать в команде, выстраивать взаимоотношения с окружающими людьми, применять и обосновывать выбранные аналитические методы при решении задач практической деятельности</p> <p>Имеет практический опыт: использования математических методов при решении исследовательских и проектных задач, планирования самостоятельной работы и собственной деятельности, участия в командной работе, распределения ролей в условиях командного взаимодействия, использования аналитических методов при решении задач практической деятельности</p>

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 светоделителя.	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: непуассоновский 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. https://e.lanbook.com/book/59661 Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава 1 - 13: стр. 5-81. https://e.lanbook.com/book/135495	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. https://e.lanbook.com/book/59661 Белинский, А. В. Квантовые измерения : учебное пособие — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. Глава 1 - 13: стр. 5-81. https://e.lanbook.com/book/135495	4	31,5

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	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	дифференцированный зачет

						(есть подробное решение, получен правильный ответ - 1 балл; иначе - 0 баллов).	
3	4	Текущий контроль	Контрольная 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	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
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: https://e.lanbook.com/book/145483 (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: https://e.lanbook.com/book/152332 (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: https://e.lanbook.com/book/59661 (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: https://e.lanbook.com/book/135495 (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
Лекции	608 (16)	Персональный компьютер, проектор.
Практические занятия и семинары	608 (16)	Персональный компьютер, проектор.
Зачет	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.