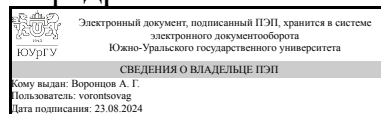


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



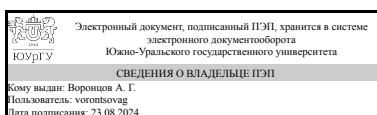
А. Г. Воронцов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.02 Оптические коммуникации
для направления 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
уровень Магистратура
магистерская программа Квантовая инженерия: материалы, электроника, коммуникации и вычисления
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

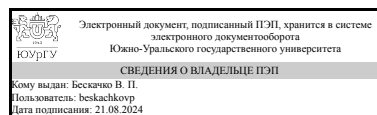
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

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



А. Г. Воронцов

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



В. П. Бескачко

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: освоение физических основ и основных технологий систем оптической связи. Задачи дисциплины состоят в изучении: структуры и принципов работы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), физических основ волоконной оптики, принципов работы пассивных и электронных компонентов ВОЛС.

Краткое содержание дисциплины

Оптическая связь, открытые и закрытые (волоконные) линии связи (ВОЛС). Оптическое волокно: типы и физические характеристики. Пассивные оптические компоненты ВОЛС: соединители, адаптеры, разветвители, фильтры, изоляторы, аттенюаторы, переключатели, коммутаторы. Электронные компоненты ВОЛС: оптоэлектронные модули, источники и приемники излучения, повторители и усилители.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области создания оборудования для систем квантовых коммуникаций	Знает: физические принципы работы классических и квантовых базовых элементов волоконно-оптических устройств, математические модели, описывающие их функциональные свойства . Умеет: применять законы классической и квантовой физики, методы математического и компьютерного моделирования при решении задач расчёта характеристик оптических устройств Имеет практический опыт: расчёта свойств базовых элементов волоконно-оптических устройств

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Дополнительные главы квантовой механики, Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники и фотоники	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники и фотоники	Знает: иерархию уровней моделирования структуры и свойств материалов: микроскопический (атомистический), мезоскопический и макроскопический уровни;

	теоретические основы построения и исследования квантовых (первопринципных) и классических (молекулярная динамика, Монте-Карло) атомистических моделей вещества; особенности моделирования объемных и низкоразмерных форм материалов, перспективных для использования в устройствах электроники и фотоники Умеет: использовать современные программные пакеты, реализующие методы атомистического классического и квантового моделирования, обработку результатов и их представление Имеет практический опыт: применения современных методов моделирования для решения научно-исследовательских или учебных задач
Дополнительные главы квантовой механики	Знает: основные положения квантовой механики, их математическую формулировку; уравнения движения квантовых систем в формах Гейзенберга и Шредингера, приближенные методы решения стационарных и нестационарных задач (теорию возмущений и вариационные метод), Умеет: решать типовые задачи квантовой механики: о свободной частице, о частице в потенциальных ямах размерности 1, 2 и 3 разной глубины и формы, прохождения частицей потенциальных барьеров, задачу о линейном гармоническом осцилляторе путем интегрирования стационарного уравнения Шредингера и с помощью операторов рождения-уничтожения частиц Имеет практический опыт: аналитического и численного решения простых модельных задач, встречающихся в курсах электроники и квантовой оптики

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Контрольная работа 1	6	6
Изучение материалов раздела 1	26	26

Контрольная работа 2	6	6
Изучение материалов раздела 2	13,5	13.5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Теоретические основы процессов распространения света в направляющих структурах	24	10	10	4
2	Основные компоненты волоконно-оптических линий связи	24	6	6	12

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Введение: Современные системы передачи информации, их классификация, возможности и роль в распределении информационных потоков. Открытые и закрытые оптические коммуникации, их достоинства и недостатки. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), общая структура. Перспективы развития оптических коммуникаций, квантовые линии связи.	2
2	1	Физика процессов распространения электромагнитного излучения по оптическим волокнам. Отражение и преломление света на границе раздела двух диэлектрических сред. Явление полного внутреннего отражения. Числовая апертура. Волокна со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления.	2
3	1	Теоретические основы распространения света по оптическим волокнам: приближение геометрической оптики и волновая теория. Классификация типов направляемых электромагнитных волн (мод). Нормированная и критическая частота, число направляемых мод и длина волны отсечки. Диаметр модового поля.	2
4	1	Потери энергии направляемого излучения, классификация потерь в оптических волокнах и кабелях. Собственные потери, потери на поглощение энергии в материале волокна, потери из-за рэлеевского рассеяния света. Дополнительные потери в кабеле.	2
5	1	Дисперсия электромагнитных волн в волокне. Определение и виды дисперсии. Модовая дисперсия. Хроматическая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная (внутримодовая) дисперсия. Профильная дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. Полоса пропускания оптического волокна.	2
1	2	Пассивные компоненты ВОЛС. Коннекторы, вентили, аттенюаторы, разветвители, коммутаторы.	2
2	2	Активные компоненты ВОЛС. Передающие и приемные оптические модули. Оптические усилители.	2
3	2	Компоненты квантовых каналов связи	2

5.2. Практические занятия, семинары

№	№	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-
---	---	---	------

занятия	раздела		во часов
1	1	Общая физика: основные представления и законы оптики: корпускулярно-волновой дуализм, приближение геометрической оптики, волновые процессы и их параметры, типы волн, поляризация, интерференция и дифракция волн. Базовые элементы оптических систем.	2
2	1	Распространение электромагнитного излучения в неоднородных средах. Отражение и преломление света на границе раздела двух диэлектрических сред. Явление полного внутреннего отражения. Оптические волноводы. Числовая апертура. Классификация волокон по профилю показателя преломления.	2
3	1	Расчет параметров распространения света по оптическим волокнам в приближении геометрической оптики и с помощью волновой теории. Определение типов направляемых электромагнитных волн (мод) и их числа в волокне. Расчет нормированной и критической частоты, длины волны отсечки и диаметра модового поля.	2
4	1	Энергетические потери оптического излучения в волокне. Оценка собственных потерь, потерь на поглощение энергии материалом волокна, потерь из-за рэлеевского рассеяния света. Дополнительные потери в кабеле.	2
5	1	Дисперсия электромагнитных волн в волокне. Виды дисперсии. Оценка параметров межмодовой, волноводной (внутримодовой), хроматической, материальной и поляризационной модовой дисперсия. Полоса пропускания оптического волокна.	2
1	2	Пассивные компоненты ВОЛС. Принцип действия и оценка рабочих параметров коннекторов, вентилях, аттенуаторов, разветвителей и коммутаторов.	2
2	2	Активные компоненты ВОЛС. Принцип работы передающих и приемных оптических модулей и усилителей. Оценка их рабочих характеристик.	2
3	2	Квантовые коммуникации	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Исследование характеристик волоконно-оптического световода	4
1	2	Исследование основных параметров полупроводникового лазера	4
2	2	Полупроводниковые детекторы оптического излучения в устройствах оптоинформатики	4
3	2	Сравнение быстродействия р-п и р-и-п диодов, используемых в качестве детекторов излучения	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Контрольная работа 1	См. список литературы к изучению раздела 1	3	6
Изучение материалов раздела 1	Панов М. Ф., Соломонов А. В. Физические основы фотоники : учебное пособие — Санкт-Петербург : Лань, 2022.	3	26

	Глава 1, п.1.1, с. 4-39; глава 3, с. 291-383; Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи : руководство — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. Главы 1-2, с. 5-51; Складов О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи — Санкт-Петербург : Лань, 2023. Глава 6, с. 100-135; Былина М. С., Глаголев С. Ф. Оптические волокна в телекоммуникациях : учебное пособие — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019. Главы 1-3, с. 5-50; Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учеб. пособие : Т. 1 , Долгопрудный : Интеллект, 2012. Главы 8-9, с. 406-503.		
Контрольная работа 2	См. список литературы к изучению раздела 2	3	6
Изучение материалов раздела 2	Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи : руководство — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. Глава 5, с. 180-205; Дюбов А. С. Фотонно-электронные компоненты и устройства в инфокоммуникациях : учебное пособие — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. Главы 2-6, с. 13-55; Кирчанов В. С. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики : учебное пособие — Пермь : ПНИПУ, 2022. Главы 2-3, с. 26-45; Складов О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи — Санкт-Петербург : Лань, 2023. Главы 8-11, с. 165-240.	3	13,5

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-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Промежуточная аттестация	Экзамен по курсу в целом	-	40	Экзаменационное задание содержит два теоретических вопроса и две задачи - по одному вопросу и одной задаче из разных разделов курса. Каждая задача и вопрос оценивается максимум в 10 баллов. Максимальный балл (10) за теоретический вопрос ставится, если 1) ответ полный, 2)	экзамен

						изложен в логической последовательности, 3) содержит точные определения понятий и формулировки физических законов, 4) представлен вывод рабочих формул из основных положений теории, 5) текст ответа легко читается, написан грамотно, ясно и понятно. За выполнение отдельного условия к оценке добавляется максимум 2 балла в зависимости от того, насколько хорошо это условие выполнено. Таким образом, максимальный балл (10) за теоретический вопрос ставится за безукоризненное выполнение всех условий. Аналогичная процедура начисления баллов применяется и при оценке решения задачи. Здесь максимальный балл ставится за выполнение следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. Итоговый балл за экзамен представляет собой сумму баллов, начисленных за каждый вопрос и задачу. Максимальная оценка за экзамен составляет 40 баллов.	
2	3	Промежуточная аттестация	Контрольная работа 1	-	20	Контрольная работа содержит две задачи по материалам раздела 1. Максимальная оценка за задачу составляет 10 баллов. Максимальный балл ставится при выполнении следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить	экзамен

						происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. Итоговый балл за контрольную работу представляет собой сумму баллов, начисленных за каждую задачу. Таким образом, максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов.	
3	3	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	20	Контрольная работа содержит две задачи по материалам раздела 2. Максимальная оценка за задачу составляет 10 баллов. Максимальный балл ставится при выполнении следующих условий: 1) все величины, подлежащие определению, рассчитаны правильно, 2) решение сопровождается пояснениями, оправдывающими справедливость избранного пути решения (ссылки на физические законы, положения, приближения, методы и пр.), а также обозначениями для используемых в расчете величин и необходимыми графическими иллюстрациями, 3) вычисления должны быть приведены в явном виде, позволяющем установить происхождение ошибок, если таковые найдутся, 4) текст решения должен быть легко читаем, написан грамотно, ясно и понятно, 5) решение задачи должно завершаться анализом результатов. Итоговый балл за контрольную работу представляет собой сумму баллов, начисленных за каждую задачу. Таким образом, максимальная оценка за контрольную работу составляет 20 баллов.	экзамен
4	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 1	1	10	Максимальный балл (10) ставится, если выполняются следующие условия: 1) работа выполнена в назначенное расписанием время, отчет подготовлен и представлен преподавателю в течение недели, 2) в работе выполнены все измерения и расчеты, предусмотренные заданием, 3) все результаты расчетов находятся в разумном соответствии с их ожидаемыми теоретическими оценками или надежными опытными данными, 4) структура и содержание отчета следуют указаниям, сформулированным в "Методических указаниях к лабораторным работам" (см. раздел Информационное обеспечение дисциплины), 5) отчет написан грамотно, в логической последовательности и аккуратно оформлен. Выполнение каждого из	экзамен

						приведенных условий добавляет до двух баллов к итоговой оценке за лабораторную работу в зависимости от того, насколько полно это условие выполнено. Если отчет сдается позднее указанного выше срока, итоговый балл за работу уменьшается на 2 за каждую просроченную неделю.	
5	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 2	1	10	Порядок начисления баллов тот же, что и в лабораторной работе 1.	экзамен
6	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 3	1	10	Порядок начисления баллов тот же, что и в лабораторной работе 1.	экзамен
7	3	Текущий контроль	Лабораторная работа 4	1	10	Порядок начисления баллов тот же, что и в лабораторной работе 1.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится в письменной форме во время, предусмотренное расписанием сессии. Экзаменационное задание содержит 2 теоретических вопроса и две задачи. Время на подготовку экзаменационной работы 120 минут.	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
ПК-1	Знает: физические принципы работы классических и квантовых базовых элементов волоконно-оптических устройств, математические модели, описывающие их функциональные свойства .	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: применять законы классической и квантовой физики, методы математического и компьютерного моделирования при решении задач расчёта характеристик оптических устройств	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: расчёта свойств базовых элементов волоконно-оптических устройств	+	+	+	+	+	+	+

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:

1. Панов М. Ф. Физические основы интегральной оптики : учеб. пособие для вузов по направлению подготовки "Электроника и микроэлектроника" / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов. - М. : Академия, 2010. - 426, [1] с. : ил.

2. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика / Г. Агравал; Пер. с англ.: С. В. Черникова и др.; Под ред. П. В. Мамышева. - М. : Мир, 1996. - 323,[5] с. : ил.
3. Агравал Г. Применение нелинейной волоконной оптики : учеб. пособие по техн. направлениям вузов / Г. Агравал ; под науч. ред. И. Ю. Денисюка ; пер. с англ. В. И. Кузина. - СПб. и др. : Лань, 2011. - 592 с. : ил., граф.
4. Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учеб. пособие : в 2 т. . Т. 2 / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 780 с. : ил.
5. Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения : учеб. пособие : в 2 т. . Т. 1 / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 759 с. : ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Физические основы оптических коммуникаций

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Физические основы оптических коммуникаций

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 564 с. — ISBN 978-5-8114-2319-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/212564
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Родина, О. В. Волоконно-оптические линии связи : руководство / О. В. Родина. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 400 с. — ISBN 978-5-9912-0109-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей https://e.lanbook.com/book/111094
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О. К. Скляров. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47011-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/322565
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Былина, М. С. Оптические волокна в телекоммуникациях : учебное пособие / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019. — 108 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз.

			пользователей https://e.lanbook.com/book/180160
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дюбов, А. С. Фотонно-электронные компоненты и устройства в инфокоммуникациях : учебное пособие / А. С. Дюбов ; под редакцией А. К. Канаева. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 74 с. — ISBN 978-5-89160-218-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/180171
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ефанов, В. И. Электрические и волоконно-оптические линии связи : учебное пособие / В. И. Ефанов. — 3-е изд. — Москва : ТУСУР, 2012. — 150 с. — ISBN 5-86889-356-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/5452
7	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сидоров, А. И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники : учебное пособие / А. И. Сидоров. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2014. — 148 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/70977
8	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника / Г. Л. Киселев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 316 с. — ISBN 978-5-507-47285-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. Режим доступа: для авториз. пользователей. https://e.lanbook.com/book/353702

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
3. Microsoft-Office(бессрочно)
4. PTC-MathCAD(бессрочно)
5. GNU Octave-Octave (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
Лабораторные занятия	3450 (1)	Оборудование для лабораторных работ по оптике
Лекции	447 (1)	ПК, мультимедиа проектор
Практические занятия и семинары	447 (1)	ПК, мультимедиа проектор