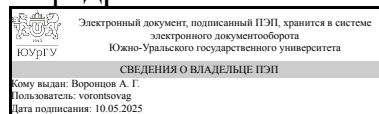


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



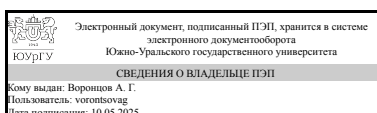
А. Г. Воронцов

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

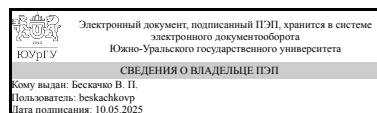
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

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
Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники и фотоники, Дополнительные главы 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
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
Атомистическое моделирование материалов нанoeлектроники 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

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
Изучение материалов раздела 2	13,5	13,5
Изучение материалов раздела 1	26	26

Контрольная работа 1	6	6
Контрольная работа 2	6	6
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 дисперсии. 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
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	3	13,5

	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; Скляров О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи — Санкт-Петербург : Лань, 2023. Главы 8-11, с. 165-240.		
Изучение материалов раздела 1	Панов М. Ф., Соломонов А. В. Физические основы фотоники : учебное пособие — Санкт-Петербург : Лань, 2022. 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; Скляров 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.	3	26
Контрольная работа 1	См. список литературы к изучению раздела 1	3	6
Контрольная работа 2	См. список литературы к изучению раздела 2	3	6

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	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:*

Не предусмотрена

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	ЭБС 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. https://e.lanbook.com/book/212564
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Родина, О. В. Волоконно-оптические линии связи : руководство / О. В. Родина. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 400 с. https://e.lanbook.com/book/111094
3	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О. К. Скляров. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 268 с. https://e.lanbook.com/book/322565
4	Дополнительная литература	ЭБС 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. https://e.lanbook.com/book/180160
5	Дополнительная литература	ЭБС 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. https://e.lanbook.com/book/180171
6	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Ефанов, В. И. Электрические и волоконно-оптические линии связи : учебное пособие / В. И. Ефанов. — 3-е изд. — Москва : ТУСУР, 2012. — 150 с. https://e.lanbook.com/book/5452

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
-------------	--------	--

Лекции	447 (1)	ПК, мультимедиа проектор
Лабораторные занятия	3450 (1)	Оборудование для лабораторных работ по оптике
Практические занятия и семинары	447 (1)	ПК, мультимедиа проектор