

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
президиумом
Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4
апреля 2022 г. № 1

Рабочая программа дисциплины

Спецлаборатория по лазерной физике и волоконной оптике

Уровень высшего образования
бакалавриат
Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»

Направленность образовательной программы

«Радиофизика и электроника»

Квалификация
бакалавр
Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2022

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Спецлаборатория по лазерной физике и волоконной оптике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы по направлению 03.03.03 «Радиофизика», преподается в 8 семестре.

Целью дисциплины является экспериментальная поддержка лекционного курса «Квантовая радиофизика» и курса «Волоконная оптика». Задачи дисциплины включают формирование у студентов навыков практической работы с современной элементной базой квантовой и оптоэлектроники, умения проводить обработку экспериментальных данных при оптических измерениях, а также сопоставления теоретических моделей оптических и лазерных систем и наблюдаемых в лабораторных условиях экспериментальных параметров и характеристик исследуемых систем.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1 Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (уровень освоения – заключительный)	З-2 Знание основных принципов работы и методов эксплуатации современной измерительной и оптической аппаратуры, а также полупроводниковых лазерных излучателей У-2 Умение использовать на практике методы эксплуатации современной лазерной и оптической аппаратуры и оборудования В-2 Владение опытом работы на современной радиоэлектронной и оптической аппаратуре и оборудовании
ПК-2 Способность использовать основные методы радиофизических измерений (уровень освоения – заключительный)	З-3 Знание основных методов оптических измерений У-3 Умение использовать основные методы оптических измерений при проведении модельного эксперимента В-3 Владеть опытом использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте
ПК-3 Владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий (уровень освоения – заключительный)	З-3 Знание основных методов обработки результатов оптических измерений У-3 Умение применять аналитические и численные методы обработки данных при проведении модельного эксперимента В-3 Владеть опытом использования основных методов обработки экспериментальных результатов в учебно-научном эксперименте

3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Спецлаборатория по лазерной физике и волоконной оптике». Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа – практические занятия в лазерной кафедральной спецлаборатории, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Предварительное собеседование по проведению лабораторной работы (допуск к работе)	14		4		4	10
Выполнение экспериментального комплекса заданий лабораторной работы	20		10		10	10
Обсуждение результатов выполнения работы (отчет по работе)	37		8		8	29
Промежуточная аттестация (зачет)						

4. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используется методика, основанная на подготовке и проведении учебно-научного натурного эксперимента с предварительным обсуждением комплекса экспериментальных заданий и контроля знаний в виде индивидуального собеседования с обучающимся. Предусмотрена процедура оценки и принятия отчета по проделанной работе и (при необходимости) дополнительная консультация по ходу выполнения работы.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- изучение методических указаний к работе,
- изучение дополнительных вопросов по тематике работы с использованием дополнительной учебной литературы,
- подготовка отчета по результатам выполнения работы и обработке экспериментальных данных

Примеры тестовых контрольных вопросов (допуск к лабораторной работе)

1. Что такое нормированная частота, и какие свойства волоконных световодов она определяет?
2. Что такое частота отсечки? Какими параметрами волоконного световода она определяется?
3. В каком диапазоне – 0,6 мкм, 1,3 мкм или 10 мкм легче обеспечить прием сигнала в оптических каналах связи (чувствительность, шумы, эффективность)?
4. Какой элемент предпочтительней при согласовании многомодового световода и полупроводникового лазера: короткофокусная линза, длиннофокусная линза?
5. Проанализируйте преимущества и недостатки возможных источников оптического излучения при использовании их в волоконно-оптических линиях связи.
6. Является ли одномодовым волокно, имеющее размеры 10/100 мкм, а ступенчатый профиль кварцевого волновода с перепадом показателя преломления 0,5 %?
7. Найти расстояние, на котором оптическая мощность светового пучка в ВОЛС уменьшится в 10 раз, если волокно характеризуется коэффициентом потерь $\alpha = 0,2$ дБ/км.
8. Найти расстояние, на котором оптическая мощность светового пучка в ВОЛС уменьшится в 10 раз, если волокно характеризуется коэффициентом потерь $\alpha = 0,2$ дБ/км.
9. Оцените эффективность ввода излучения от поверхностно излучающего светодиода в волокно с показателями преломления сердцевинки ($d=50$ мкм) и оболочки ($D=125$ мкм) соответственно 1,470 и 1,455. Является ли данное волокно многомодовым? Можно ли оценить его дисперсионные характеристики?

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-1 Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»	«превосходно»	
3-2 Знание основных принципов работы и методов эксплуатации современной измерительно	Полное отсутствие знаний	Наличие грубых ошибок в знании принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры	Знание принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры с рядом негрубых ошибок	Знание принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры с рядом погрешностей	знание принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры с незначительными погрешностями	знание принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры с незначительными погрешностями	всестороннее знание принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной и

й и оптической аппаратуры, а также полупроводниковых лазерных излучателей							олоконной оптики
У-2 Умение использовать на практике методы эксплуатации современной лазерной и оптической аппаратуры и оборудования	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и волоконно-оптических систем	Умение использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и волоконно-оптических систем с рядом негрубых ошибок	Умение использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и волоконно-оптических систем с рядом заметных погрешностей	Умение использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и оптических систем с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и оптических систем	Бесстороннее мнение и владение навыками использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и волоконно-оптических систем
В-2 Владение опытом работы на современной радиоэлектронной и оптической аппаратуре и оборудовании	Полное отсутствие опыта работы на оптическом оборудовании	Фрагментарные, недостаточные навыки работы на оптическом оборудовании	Наличие минимальных навыков работы на оптическом оборудовании	Посредственное владение навыками опыта работы на оптическом оборудовании	Остаточное владение навыками опыта работы на оптическом оборудовании	Хорошее владение навыками опыта работы на оптическом оборудовании их использован в научных исследованиях	Бесстороннее владение опытом работы на оптическом оборудовании и их использования в научных исследованиях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	1 – 90%	1 – 99%	100%

ПК-2 Способность использовать основные методы радиофизических измерений

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»	«превосходно»	
З-3 Знание основных методов оптических измерений	Полное отсутствие знаний методов	Наличие грубых ошибок в знании методов оптических измерений	Знание принципов работы и методов оптических измерений с рядом негрубых ошибок	Знание методов оптических измерений с рядом погрешностей	Знание методов оптических измерений с незначительными погрешностями	Знание методов оптических измерений с незначительными погрешностями	Бесстороннее знание методов оптических измерений в области лазерной и оптической оптики
У-3 Умение использовать основные методы оптических измерений при	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения использования методов оптических измерений	Умение использования методов оптических измерений с рядом негрубых ошибок	Умение использования методов оптических измерений с рядом незначительных погрешностей	Умение использования методов оптических измерений с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений использования методов оптических измерений	Бесстороннее мнение и владение навыками использования методов оптических измерений

проведении модельного эксперимента		при проведении модельного эксперимента	измерений с рядом негрубых ошибок	заметных погрешностей	и погрешностям	змерений	птических змерений
В-3 Владеть опытом использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте	Полное отсутствие опыта работы на оптическом оборудовании	Фрагментарные, недостаточные навыки работы на оптическом оборудовании	Наличие минимальных навыков использования основных методов измерений в учебно- научном эксперименте	Посредственное владение навыками использования основных методов измерений в учебно- научном эксперименте	Остаточное владение навыками использования основных методов измерений в учебно- научном эксперименте	Орочное владение навыками использования основных методов измерений в учебно- научном эксперименте	Остороннее владение опыта использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	1 – 90%	1 – 99%	100%

ПК-3 Владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
З-3 Знание основных методов обработки результатов оптических измерений	Отсутствие знаний методик	Наличие грубых ошибок в методиках	Знание методик интерпретации и данных с рядом негрубых ошибок	Знание методик обработки и интерпретации данных исследований с рядом погрешностей	Знание методик обработки и интерпретации данных исследований с незначительными погрешностями	Знание методик обработки и интерпретации данных исследований без ошибок и погрешностей	Остороннее владение методик обработки и интерпретации данных исследований в области азерной и олоконной оптики без шибок и погрешностей
У-3 Умение применять аналитические и численные методы обработки данных при проведении модельного эксперимента	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения обработки данных при исследованиях в области лазерной физики и волоконно- оптических систем	Умение применять методики обработки данных исследований в области волоконно- оптических систем с рядом негрубых ошибок	Умение применять методики обработки и интерпретации данных исследований в области волоконно- оптических систем с рядом заметных погрешностей	Умение применять методики обработки и интерпретации данных исследований в области азерных и олоконно- оптических систем с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений и владения навыками обработки данных исследований области азерных и олоконно- оптических систем	Остороннее владение и обладание навыками обработки и интерпретации данных исследований в области азерных и олоконно- оптических систем и использования их для формирования научных выводов в профессиональной деятельности

В-3 Владеть опытом использования основных методов обработки экспериментальных результатов в учебно-научном эксперименте	Полное отсутствие опыта сбора, обработки и интерпретации данных	Фрагментарные навыки владения опытом обработки и интерпретации данных	Наличие минимальных навыков владения опытом и методиками обработки и интерпретации данных	Посредственное владение навыками обработки и интерпретации данных	Достаточное владение навыками обработки и интерпретации данных	Хорошее владение навыками сбора, обработки и интерпретации данных и их использования в научных исследованиях	Бесстороннее владение навыками обработки и интерпретации данных в области азерных и олоконно-птических истем и их использования в научных исследованиях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	1 – 90%	1 – 99%	100%

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде собеседования с обсуждением отчета по работе, на котором определяется:

- уровень владения студентами навыками работы с оптической аппаратурой;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способность студентов обрабатывать и интерпретировать полученные данные

Зачет выставляется по итогам обсуждения отчета по работе и результатами ответов студентом на теоретические и практические вопросы

Результатом проверки выполнения студентом комплекса учебных заданий является выставление студенту оценки «зачтено». При отсутствии соответствующего уровня знаний и навыков студент не аттестовывается с выставлением оценки «не зачтено»

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются: индивидуальное собеседование и тестовые контрольные вопросы по материалам отчета.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используется анализ практических навыков студентов, продемонстрированные в ходе выполнения работы.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Ввод оптического излучения в волокно.
2. Понятие числовой апертуры волоконного световода.
3. Распространение оптических волн в волоконном световоде в приближении геометрической оптики. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в ступенчатом ВС.
4. Нормированная частота ВС.
5. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
6. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС. Условие отсечки мод.
7. Одномодовый световод
8. Физические причины затухания в волокнах. Оптическое поглощение в регулярных и нерегулярных ВС.
9. Количественные оценки уровня оптических потерь при согласовании ВС с источниками излучения.
10. Принцип работы и характеристики полупроводникового лазера
11. Сравнительный анализ полупроводниковых лазеров разных диапазонов длин волн

12. Детектирование лазерного излучения.

Для оценки сформированности компетенции ПК-2 используются также контрольные задания, примеры которых приведены в пункте 5.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»

а) основная литература:

1. Маругин А.В. Исследование характеристик волоконных световодов. Практикум – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2011г. -32с.
http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k4/index/03_literature/Исследование_характеристик_волоконных_световодов.pdf
2. Гауер Дж. Оптические системы связи М. 1989г..
3. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи М. «Радио и связь», 1990г.
4. Сорокин Ю.М., Ширяев В.С. Оптические потери в световодах. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000 г.

б) дополнительная литература:

1. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов М. «Мир», 1984г.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения лабораторных практикума, текущего контроля и промежуточной аттестации. Для практического выполнения комплекса экспериментальных исследований используется лабораторная учебно-научная установка, обеспечивающая качественное и количественное исследование волоконно-оптических и лазерных систем. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.03 «Радиофизика».

Автор _____доцент Маругин А.В.

Рецензент _____ профессор Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой _____ профессор Бельков С.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.