

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
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

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

2023

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 (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Знание основных принципов работы и методов эксплуатации современной измерительной и оптической аппаратуры, а также полупроводниковых лазерных излучателей Умение использовать на практике методы эксплуатации современной лазерной и оптической аппаратуры и оборудования	<i>Задача, собеседование</i>

		Владение опытом работы на современной радиоэлектронной и оптической аппаратуре и оборудовании	
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов. ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи. ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.	Знание основных методов оптических измерений Умение использовать основные методы оптических измерений при проведении модельного эксперимента Владеть опытом использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте	Задача, собеседование
ПК-3. Способен обрабатывать, оформлять и представлять результаты исследований и разработок в области радиофизики	ПК-3.1 Обрабатывает результаты радиофизических исследований ПК-3.2 Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Знание основных методов обработки результатов оптических измерений Умение применять аналитические и численные методы обработки данных при проведении модельного эксперимента Владеть опытом использования основных методов	Задача, собеседование

		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				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы			Всего	
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа		
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 натурального 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 сердцевины ($d=50$ 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

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
3-2 Знание основных	Полное отсутствие	Наличие грубых	Знание принципов	Знание принципов	Знание принципов	Знание принципов	Всестороннее знание

принципов работы и методов эксплуатации современной измерительной и оптической аппаратуры, а также полупроводниковых лазерных излучателей	знаний	ошибок в знании принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры	работы и методов эксплуатации аппаратуры с рядом негрубых ошибок	работы и методов эксплуатации аппаратуры с рядом погрешностей	работы и методов эксплуатации аппаратуры с незначительными погрешностями	работы и методов эксплуатации аппаратуры без ошибок и погрешностей	принципов работы и методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной и волоконной 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 волоконно-оптических систем с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений использования методов эксплуатации аппаратуры в области лазерной физики и волоконно-оптических систем	Всестороннее умение и обладание 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	Достаточное владение навыками опыта работы на оптическом оборудовании	Хорошее владение навыками опыта работы на оптическом оборудовании и их использования в научных исследованиях	Всестороннее 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%	81 – 90%	91 – 99%	100%

ПК-2

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
3-3 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	Знание методов оптических измерений с рядом погрешностей	Знание методов оптических измерений с незначительными погрешностями	Знание методов оптических измерений без ошибок и погрешностей	Всестороннее знание методов оптических измерений в области лазерной и волоконной оптики

			ошибок				
У-3 Умение использовать основные методы оптических измерений при проведении модельного эксперимента	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения использования методов оптических измерений при проведении модельного эксперимента	Умение использования методов оптических измерений с рядом негрубых ошибок	Умение использования методов оптических измерений с рядом заметных погрешностей	Умение использования методов оптических измерений с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений использования методов оптических измерений	Всестороннее умение и обладание навыками использования методов оптических измерений
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	Достаточное владение навыками использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте	Хорошее владение навыками использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте	Всестороннее владение опытом использования основных методов измерений в учебно-научном эксперименте
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 99%	100%

ПК-3

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	Всестороннее знание методик обработки и интерпретации данных исследований в области лазерной и волоконной оптики без ошибок 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 лазерных и волоконно-оптических систем с незначительными погрешностями	Высокий уровень умений и обладания навыками обработки данных исследований в области лазерных и волоконно-оптических систем	Всестороннее умение и обладание навыками обработки и интерпретации данных исследований в области лазерных и волоконно-оптических систем и использования

					погрешностями		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	Всестороннее владение навыками обработки и интерпретации данных в области лазерных и волоконно-оптических систем и их использования в научных исследованиях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 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 «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.