

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 № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Спецлаборатории по квантовой радиофизике и
лазерной физике

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Квантовая радиофизика и лазерная физика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.06, специализированные лаборатории по квантовой радиофизике и лазерной физике к части ООП направления подготовки 03.04.03 радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

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**	
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Понимает структуру жизненного цикла проекта УК-2.2. Организует жизненный цикл	Знать методы решения стандартных задач профессиональной деятельности, связанной с проведением экспериментов и обработкой результатов измерений, на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности, связанной с проведением экспериментов и обработкой результатов измерений, на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности Владеть опытом решения стандартных задач профессиональной деятельности, связанной с проведением экспериментов и обработкой результатов измерений, на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с	Собеседование, задача

		учетом основных требований информационной безопасности	
ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	Знать основные принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования Уметь использовать на практике принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования Владеть опытом работы на современной радиоэлектронной и оптической аппаратуре и оборудовании	<i>Собеседование, задача</i>
ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, 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. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР	Знать основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта	<i>Собеседование, задача</i>

	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники		
ПК-3. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	<p>ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Квантовая радиофизика и лазерная физика</p>	<p>Знать основные требования к составлению и оформлению научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p> <p>Уметь составлять и оформлять обзоры, доклады и статьи</p> <p>Владеть опытом и быть готовым применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p>	<i>Собеседование, задача</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	39
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работ обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Предварительное собеседование по физическому содержанию и методике выполнения лабораторных работ (допуск к работам)	28			8		8	20
Выполнение экспериментальных заданий лабораторных работ	16			16		16	
Подготовка отчетов по итогам работ. Обсуждение результатов выполнения работ (отчеты по работам).	27			8		8	19
В т.ч. текущий контроль	1						
Промежуточная аттестация (зачет)							

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится очная форма обучения - 32 ч.

4. 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 учебной литературы,
- подготовка отчета по результатам выполнения работы и обработки экспериментальных данных.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами,	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			но не в полном объеме.	полном объеме, но некоторые с недочетами.	некоторые с недочетами.	выполнены все задания в полном объеме.	недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
1. Нелинейные оптические среды	УК-2

2. Распространение оптических волн в нелинейных кристаллах	УК-2
3. Пространственное накопление нелинейно – оптических эффектов на примере генерации второй гармоники	УК-2
4. Виды фазового синхронизма для генерации второй гармоники	УК-2
5. Генерация второй гармоники в кристалле KDP	УК-2
6. Область применения лазера на кристалле $\text{Cr}^{2+}:\text{ZnSe}$.	ПК-1
7. Схема накачки кристалла $\text{Cr}^{2+}:\text{ZnSe}$.	ПК-1
8. Сравнить селективные характеристики дисперсионных фильтров (призма, дифракционная решётка, фильтр Лио, эталон Фабри-Перо).	ПК-1
9. Дисперсионные свойства призмы.	ПК-1
10. Селективные свойства профилированной дифракционной отражательной решётки.	ПК-1
11. Фильтр Лио. Принцип действия. Основные характеристики.	ПК-1
12. Эталон Фабри-Перо. Основные характеристики.	ПК-2
13. Схема экспериментальной установки для исследования спектра генерации лазера на кристалле $\text{Cr}^{2+}:\text{ZnSe}$.	ПК-2
14. Режим синхронизации продольных мод резонатора.	ПК-2
15. Основные характеристики лазерных кристаллов.	ПК-2
16. Ион-фононное взаимодействие. Безызлучательная релаксация.	ПК-2
17. Влияние согласования мод резонатора с областью накачки на параметры генерации для трех- и четырехуровневых активных сред.	ПК-2
18. Частотная и импульсная характеристика свободного пространства	ПК-2
19. Пространственный и угловой спектр оптических волн	ПК-2
20. Распространение когерентного света в линзовых системах. Формирование изображений.	ПК-2
21. Получение пространственных спектров в линзовых системах	ПК-2
22. Источники света, применимые для записи и восстановления голограмм.	ПК-3
23. Влияние их параметров на возможности получения изображений	ПК-3
24. Временная и пространственная когерентность света. Когерентность лазерного излучения.	ПК-3
25. Параметры оптических волн, существенные для получения изображений голографическим методом. Возможности и способы их регистрации	ПК-3
26. Галоидосеребряные эмульсии и фототермопластики.	ПК-3
27. Фотографические и голографические характеристики фотоматериалов	ПК-3
28. Получение пространственных спектров в линзовых системах.	ПК-3
29. Принцип голографической регистрации и получения изображений.	ПК-3
30. Образование голограмм и их классификация.	ПК-3
31. Методика голографического процесса и требования к элементам голографических схем.	ПК-3
32. Осевая, внеосевая, объемная голограммы. Схемы регистрации, выделение информационного порядка и особенности восстановленных изображений	ПК-3
33. Приведите оптическую схему получения голограмм Лейта-Упатниекса. Задайте требования на конструкцию установки (напр.: габариты, размер фотопластинки, глубина сцены...) и выполните расчет параметров восстановленного изображения.	ПК-3
34. Условия записи и свойства голограмм сфокусированного изображения, Френеля и Фраунгофера.	ПК-3
35. Частотная характеристика свободного пространства в приближениях Фраунгофера, Френеля и геометрической оптики.	ПК-3
36. Импульсная характеристика свободного пространства в приближениях Фраунгофера, Френеля и геометрической оптики.	ПК-3
37. Фурье-голограммы: схемы записи, свойства и особенности.	ПК-3
38. Отражательные объемные голограммы: восстановленный волновой фронт, дифракционная эффективность, спектральная и угловая селективность.	ПК-3
39. Образование объемных голограмм. Теория связанных волн: решение волнового уравнения, условие Брэгга.	ПК-3
40. Дифракционная эффективность голограмм.	ПК-3

41. Влияние размера голограмм на качество восстановленного изображения	ПК-3
42. Влияние разрешающей способности регистрирующей среды на восстановленное голографическое изображение.	ПК-3
43. Динамическая голография.	ПК-3

5.2.2. Типовые задачи для текущего контроля успеваемости

Для оценки компетенции «УК-2»

1. Какую толщину и разрешение должна иметь фотоэмульсия на основе желатина ($n=1,5$), чтобы на ней можно было регистрировать He-Ne-лазером ($\lambda=488$ нм) объемные голограммы при угле сходимости опорной и предметной волн 30° .

Для оценки компетенции «ПК-1»

2. Как изменится оптически сопряженное изображение транспаранта, если в два раза уменьшить диаметр диафрагмы, помещенной в фокальную плоскость линзы.

Для оценки компетенции «ПК-2»

3. Пусть имеется фотопластина с высоким разрешением размером 10х12 см. Определите пределы поперечного разрешения в голографическом изображении, если голографируемый объект находится на расстоянии 24 см перед фотопластиной на оптической оси схемы записи

Для оценки компетенции «ПК-3»

4. Сколько Фурье-голограмм поместится на фотопластине размером 5х5 см при регистрации микрообъектов с требуемым разрешением 5 мкм, если минимально достижимое расстояние от объектов до плоскости регистрации равняется 4 см.

5.2.3. Типовые вопросы для собеседования

Для оценки компетенции «УК-2»

1. Инверсия - необходимое условие усиления. Показатель усиления. Сечение перехода. Квантовый выход.

Для оценки компетенции «ПК-1»

2. Нарисуйте оптическую схему пространственной фильтрации.

Для оценки компетенции «ПК-2»

3. Каковы требования к представлению докладов на Российских и международных конференциях и оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях?

Для оценки компетенции «ПК-3»

4. Докажите, что обращение волнового фронта можно использовать для компенсации фазовых искажений света неоднородными средами.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика – М., Физматлит, 2004. – 512с. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=635821&idb=0>
2. Ярив А. Квантовая электроника – М., «Сов. Радио», 1980. – 488с. Постоянная ссылка на документ <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=321585&idb=0>
3. Оптическая голография. /Под. ред. Г. Колфилда. – М.: Мир, т.1-2. 1982. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=73072&idb=0>

б) дополнительная литература:

1. Ключников А.С. Радиооптика и голография. – Минск: Университетское, 1989. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=73072&idb=0>

- lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=314068&idb=0
2. Юу Ф.Т. Введение в теорию дифракции, обработку информации и голографию. – М: Сов.радио, 1979. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=73914&idb=0>
 3. Гуревич С.Б.и др. Передача и обработка информации голографическими методами. – М.: Сов.радио,1975. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=73041&idb=0>
 4. Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. – М: Высш. школа, 1988. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=253473&idb=0>
 5. Стюард И.Г. Введение в Фурье-оптику. – М.: Мир, 1983. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=71307&idb=0>
 6. Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. – М. Наука, 1985. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=73066&idb=0>
 7. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики – М., «Мир», 1989. – 557с. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=72891&idb=0>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для выполнения учебно-научных экспериментов и проведения индивидуальных собеседований с обучающимися имеются специальные помещения – лабораторные комнаты и учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Лабораторные комнаты оснащены специализированными экспериментальными установками для выполнения практических заданий по дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918.

Автор (ы) к.ф.-м.н.доцент Н.Ф. Услугин

Рецензент (ы) к.ф.-м.н.доцент А.П. Савикин

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор М.И. Бакунов

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.