

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  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением  
ученого совета ННГУ  
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

---

Голография

(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.ДВ.04.02, <i>голография</i> относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 <i>радиофизика</i> , 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**	
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	<p>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</p> <p>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</p>	<p>Знать современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики, необходимые для осуществления научно-исследовательской деятельности в области голографии</p> <p>Уметь использовать знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики при осуществлении научно-исследовательской деятельности в области голографии</p> <p>Владеть опытом использования знания современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики в самостоятельной научно-исследовательской деятельности, относящейся к голографии.</p>	<i>Собеседование</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	<p>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</p> <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники</p>	<p>Знать фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимые для решения научно-исследовательских задач в области голографии</p> <p>Уметь использовать знание фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач в области голографии</p> <p>Владеть опытом использования знаний по фундаментальным разделам физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач в области голографии</p>	Собеседование
--	--	---	---------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	

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

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе		
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них		Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия семинарского типа	Всего	
1. Основные уравнения голографии.	13	6	6	7
2. Основные типы голограмм.	13	6	6	7
3. Анализ плоских голограмм.	12	5	5	7
4. Рельефные и объемные голограммы	11	5	5	6
5. Практические аспекты оптической голографии.	11	5	5	6
6. Отдельные вопросы современной голографии.	11	5	5	6
Текущий контроль	1	1		
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>				

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 - 4 ч.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,

Текущий контроль усвоения материала проводится путем проведения собеседования во время практических занятий.

#### 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, но не в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			объеме.	некоторые с недочетами.	недочетами.	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	Продемонстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	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
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	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»
	<b>очень хорошо</b>	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»
	<b>хорошо</b>	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»
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	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. Оцените порядок полуширины спектральной линии лазера, если длина когерентности лазерного света составляет 25 см.	ПК-1
2. В чем различие функций взаимной когерентности, автокогерентности и комплексной степени когерентности?	ПК-1
3. Нарисуйте оптическую схему пространственной фильтрации.	ПК-1
4. Как используется пространственная фильтрация в решении проблемы распознавания образов?	ПК-1
5. Почему ирисовая диафрагма при использовании в качестве фильтра пространственных частот ослабляет контраст мелких деталей в изображении транспаранта и усиливает контраст крупных деталей?	ПК-1
6. Каков физический смысл электромагнитных волн, дифрагированных на голограмме в порядок $m$ ( $m = 0, \pm 1$ ) ?	ПК-1
7. Приведите примеры практических схем получения голографической дифракционной решетки и зонной пластинки.	ПК-1
8. Придумайте и схематически изобразите несколько способов получения голограмм по схеме Лейта и Упатниекса.	ПК-1
9. Назовите параметры голограммы, изменением которых можно управлять комплексной амплитудой прошедшего света	ПК-1
10. Почему при получении фазовых голограмм нельзя использовать весь прямолинейный участок графика характеристической кривой $I(\mathcal{E})$ ?	ПК-1
11. Физический смысл критерия деления голограмм на плоские и объемные	ПК-1
12. Чем различаются схемы вычисления теоретического предела дифракционной эффективности амплитудных и фазовых голограмм?	ПК-1
13. Как расположены плоскости равного почернения в объемной голограмме плоской волны по отношению к волновым векторам опорной и предметной волн?	ПК-1
14. Докажите, что объемная голограмма выполняет роль монохроматора и коллиматора.	ПК-1
15. Поясните на конкретных примерах физический смысл обращенной волны. Назовите математические операции, соответствующие обращению волнового фронта.	ПК-1
16. Докажите, что обращение волнового фронта можно использовать для компенсации фазовых искажений света неоднородными средами.	ПК-1
17. Опишите принцип измерений малых смещений голографическим методом	ПК-1
18. Приведите примеры применения фазово-сопряженных зеркал.	ПК-1
19. Перечислите приближения, используемые при определении преломленной и дифрагированной волн в толще голограммы.	ПК-1
20. Каким образом учитывается затухание волн $R$ и $S$ внутри голограммы при наличии поглощения?	ПК-1
21. Составьте структурно логическую схему решения волнового уравнения методом связанных волн.	ПК-1
22. Составьте структурно-логическую схему расчета дифракционной эффективности объемных голограмм.	ПК-1
23. Какова физическая сущность явления взаимной трансформации электромагнитных волн в объемных голограммах?	ПК-1
24. В чем различие зависимостей относительных интенсивностей опорной и предметной волн, прошедших голограмму, от ее толщины в случае	ПК-1

пропускающих и отражательных голограмм?	
25. Каковы требования к представлению докладов на Российских и международных конференциях и оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях?	ПК-1
26. Оцените порядок полуширины спектральной линии лазера, если длина когерентности лазерного света составляет 25 см.	ПК-1
27. В чем различие функций взаимной когерентности, автокогерентности и комплексной степени когерентности?	ПК-1
28. Нарисуйте оптическую схему пространственной фильтрации.	ПК-1
29. Как используется пространственная фильтрация в решении проблемы распознавания образов?	ПК-1
30. Почему ирисовая диафрагма при использовании в качестве фильтра пространственных частот ослабляет контраст мелких деталей в изображении транспаранта и усиливает контраст крупных деталей?	ПК-1
31. Каков физический смысл электромагнитных волн, дифрагированных на голограмме в порядок $m$ ( $m = 0, \pm 1$ ) ? (	ПК-2
32. Приведите примеры практических схем получения голографической дифракционной решетки и зонной пластинки.	ПК-2
33. Придумайте и схематически изобразите несколько способов получения голограмм по схеме Лейта и Упатниекса.	ПК-2
34. Назовите параметры голограммы, изменением которых можно управлять комплексной амплитудой прошедшего света.	ПК-2
35. Почему при получении фазовых голограмм нельзя использовать весь прямолинейный участок графика характеристической кривой $t(\mathcal{E})$ ?	ПК-2
36. Физический смысл критерия деления голограмм на плоские и объемные.	ПК-2
37. Чем различаются схемы вычисления теоретического предела дифракционной эффективности амплитудных и фазовых голограмм?	ПК-2
38. Как расположены плоскости равного почернения в объемной голограмме плоской волны по отношению к волновым векторам опорной и предметной волн?	ПК-2
39. Докажите, что объемная голограмма выполняет роль монохроматора и коллиматора.	ПК-2
40. Поясните на конкретных примерах физический смысл обращенной волны. Назовите математические операции, соответствующие обращению волнового фронта.	ПК-2
41. Докажите, что обращение волнового фронта можно использовать для компенсации фазовых искажений света неоднородными средами.	ПК-2
42. Опишите принцип измерений малых смещений голографическим методом.	ПК-2
43. Приведите примеры применения фазово-сопряженных зеркал.	ПК-2
44. Перечислите приближения, используемые при определении преломленной и дифрагированной волн в толще голограммы.	ПК-2
45. Каким образом учитывается затухание волн $R$ и $S$ внутри голограммы при наличии поглощения?	ПК-2
46. Составьте структурно логическую схему решения волнового уравнения методом связанных волн.	ПК-2
47. Составьте структурно-логическую схему расчета дифракционной эффективности объемных голограмм.	ПК-2



48. Какова физическая сущность явления взаимной трансформации электромагнитных волн в объемных голограммах?	ПК-2
49. В чем различие зависимостей относительных интенсивностей опорной и предметной волн, прошедших голограмму, от ее толщины в случае пропускающих и отражательных голограмм?	ПК-2
50. Каковы требования к представлению докладов на Российских и международных конференциях и оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях?	ПК-2
51. Оцените порядок полуширины спектральной линии лазера, если длина когерентности лазерного света составляет 25 см.	ПК-2
52. В чем различие функций взаимной когерентности, автокогерентности и комплексной степени когерентности?	ПК-2
53. Нарисуйте оптическую схему пространственной фильтрации.	ПК-2
54. Как используется пространственная фильтрация в решении проблемы распознавания образов?	ПК-2
55. Почему ирисовая диафрагма при использовании в качестве фильтра пространственных частот ослабляет контраст мелких деталей в изображении транспаранта и усиливает контраст крупных деталей?	ПК-2
56. Приведите примеры практических схем получения голографической дифракционной решетки и зонной пластинки.	ПК-2
57. Назовите параметры голограммы, изменением которых можно управлять комплексной амплитудой прошедшего света.	ПК-2

### 5.2.3. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-1

- Частотная и импульсная характеристика свободного пространства
- Пространственный и угловой спектр оптических волн
- Распространение когерентного света в линзовых системах. Формирование изображений.

#### Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-2

- Как изменится оптически сопряженное изображение транспаранта, если в два раза уменьшить диаметр диафрагмы, помещенной в фокальную плоскость линзы.
- Как расположены плоскости равного почернения в объемной голограмме плоской волны по отношению к волновым векторам опорной и предметной волн?
- Определить допустимое смещение вдоль оптической оси линзы с фокусным расстоянием  $F$  и апертурой  $D$ , строящей изображение единичного масштаба, без потери деталей изображения крупнее  $d$ .

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. «Оптическая голография». – М.: Мир, 1973. – 3 экз.
2. Оптическая голография. /Под. ред. Г. Колфилда. – М.: Мир, т.1-2. 1982. – 6 экз.

### б) дополнительная литература:

1. Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. – М: Высш. школа, 1988. – 6 экз.
2. Стюард И.Г. Введение в Фурье-оптику. – М.: Мир, 1983. – 3 экз.

3. Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. – М. Наука, 1985. – 13 экз.

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

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 Рецензент к.ф.-м.н.доцент Услуги Н.Ф.

Рецензент к.ф.-м.н.доцент Савикин А.П.

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

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