

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**

---

Случайные оптические поля  
(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)

Нижний Новгород

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.08.02, <i>случайные оптические поля</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	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 современные проблемы и новейшие достижения физики и радиофизики для решения задач анализа распространения случайных оптических полей Уметь использовать новейшие достижения физики и радиофизики для решения задач анализа распространения случайных оптических полей Владеть готовностью к использованию в своей научно-исследовательской деятельности знаний современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики для решения задач анализа распространения случайных оптических полей	<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	<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 задач анализа распространения случайных оптических полей</p> <p>Уметь использовать фундаментальные разделы физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач анализа распространения случайных оптических полей</p> <p>Владеть опытом использования фундаментальных разделов физики и радиофизики при решении научно-исследовательских задач анализа распространения случайных оптических полей</p>	Собеседование, задача
--	--	--	-----------------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</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>75</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						ная работа обучаю
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					из них	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего		
1. Математический аппарат теории случайных полей	6	2				2	4	
2. Оптика турбулентной атмосферы	12	4				4	8	
3. Методы анализа распространения оптических волн в случайных средах	64	16				16	48	
4. Методы анализа случайных оптических полей	25	10				10	15	
Текущий контроль	1	1				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 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

Помимо ознакомления с рекомендованной литературой в процессе обучения самостоятельная работа обучающегося предполагает проработку контрольных вопросов. Текущий контроль успеваемости проводится во время занятий семинарского типа и научно-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 несущественных 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.	Продemonstrированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonstrированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonstrированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonstrированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без 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	Продemonstrированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonstrированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован 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

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. Основные понятия теории случайных полей. Методы описания статистически однородных и локально однородных случайных полей.	ПК-1
2. Микроструктура турбулентности атмосферы. Экспериментальные данные и гипотезы Колмогорова.	ПК-1
3. Оптические характеристики турбулентной атмосферы.	ПК-1
4. Метод малых возмущений (Борновское приближение). Условия применимости метода. Пример: вычисление средней интенсивности рассеянного поля.	ПК-1
5. Метод плавных возмущений (метод Рытова). Условия применимости метода. Пример: анализ флуктуаций уровня плоской волны в случайно-неоднородных средах.	ПК-1
6. Метод плавных возмущений (метод Рытова). Условия применимости метода. Пример: анализ флуктуаций фазы плоской волны в случайно-неоднородных средах.	ПК-1
7. Параболическое уравнение. Функция Грина, отвечающая параболическому уравнению. Пределы применимости метода.	ПК-1
8. Уравнения для статистических моментов поля. Приближение марковского случайного процесса.	ПК-1
9. Уравнение для среднего поля волны. Функция взаимной когерентности.	ПК-1

10. Оптические характеристики турбулентной атмосферы. Когерентные методы измерения параметров турбулентной атмосферы.	ПК-1
11. Метод геометрической оптики. Поперечная и продольная структурная функция флуктуаций фазы.	ПК-2
12. Метод геометрической оптики. Флуктуации угла прихода волны. Условия применимости метода.	ПК-2
13. Метод геометрической оптики. Флуктуации уровня в геометрооптическом приближении.	ПК-2
14. Приближение фазового экрана. Метод фазовых экранов. Построение численной модели фазового экрана. Пределы применимости метода.	ПК-2
15. Прохождение случайной волны через отверстие в экране. Случай малого (в масштабе корреляции неоднородностей) отверстия. Получение пространственно когерентных полей.	ПК-2
16. Прохождение случайной волны через отверстие в экране. Случай большого (в масштабе корреляции неоднородностей) отверстия.	ПК-2
17. Теорема Ван-Циттерта – Цернике.	ПК-2

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

**3-1.** Для среды с гауссовой функцией корреляции флуктуаций диэлектрической проницаемости оценить предельно допустимое значение длины трассы  $L$ , при котором еще справедлив метод малых возмущений. Длина волны излучения  $\lambda = 630$  нм, характерный масштаб неоднородностей принять равным внутреннему масштабу атмосферной турбулентности на высоте трассы над землей  $h = 2$  м,  $\lambda^2 \lambda = 10^{-5}$ .

**3-2.** Проверить условия применимости параболического уравнения в атмосфере Земли. Длина волны излучения  $\lambda = 630$  нм, высота трассы над землей  $h = 2$  м, длина трассы  $L = 2.5$  км.

### 5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

**3-11.** Оценить в рамках метода плавных возмущений минимальное и максимальное значения среднего квадрата флуктуаций уровня волны. Для флуктуаций диэлектрической проницаемости принять гауссову модель корреляционной функции с дисперсией, характерной для турбулентной атмосферы. Источник излучения – He-Ne лазер, высота трассы над землей 10 м, длина трассы 100 м.

**3-12.** Оценить отношение средней интенсивности в центре гауссова пучка в турбулентной атмосфере к интенсивности в центре этого пучка на выходной апертуре. Источник излучения – He-Ne лазер, пучок коллимированный, полностью когерентный, диаметр выходной апертуры коллиматора 50 мм. Высота трассы над землей 10 м, длина трассы 100 м.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. С.М. Рытов. Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука, 1976. Ч.1. – 125 экз.
2. С.М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В.И. Татарский. Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука, 1978. Ч.2. – 125 экз.

б) дополнительная литература:

3. С.Н. Гурбатов, А.Н. Малахов, А.И. Саичев. Нелинейные случайные волны в средах без дисперсии. М.: Наука, 1990. – 15 экз.
4. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т.1.- М.: Мир, 1981. – 4 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://cyberleninka.ru>

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library>

## **5. 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 д.ф.-м.н. профессор Грибова Е.З.

Рецензент д.ф.-м.н. профессор Гавриленко В.Г.

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.