

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

Рабочая программа дисциплины

**Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-
неоднородных средах**

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.03 «Радиофизика»

Направленность образовательной программы
Радиофизика и электроника

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2022 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах» относится к дисциплинам выбора вариативной части основной образовательной программы по направлению 03.03.03 – Радиофизика, преподается на 4 курсе в 7 семестре.

Целью освоения дисциплины является изучение физических основ распространения и рассеяния волн при флуктуациях параметров неоднородной непрерывной среды, особое внимание при этом уделяется теории однократного рассеяния и приближенным методам решения задач многократного рассеяния.

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

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-3</i> Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности <i>этап освоения - завершающий</i>	<i>З1 (ОПК-3) Знать возможности применения теории однократного и многократного рассеяния волн в случайно-неоднородных средах</i> <i>У1 (ОПК-3) Уметь использовать теорию однократного рассеяния для решения задач акустики</i> <i>В1 (ОПК-3) Владеть навыками расчета характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах</i>
<i>ПК-2</i> Способность использовать основные методы радиофизических измерений <i>этап освоения - завершающий</i>	<i>З1 (ПК-2) Знать основные методы радиофизических измерений характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах</i>

3. Структура и содержание дисциплины «Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах»

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия семинарского типа, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе															Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы																	
				из них																	
	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего								
Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	
Статистические характеристики случайных полей и волн	10						4								4			6			
Уравнения волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах	8						4								4			4			
Рассеянное поле в Борновском приближении	16						8								8			8			
Средняя интенсивность в приближении однократного рассеяния	18						8								8			10			
Многократное рассеяние волн	8						4								4			4			
Параболическое уравнение	6						2								2			4			
Обзор методов расчета волн в средах с крупномасштабными неоднородностями	5						2								2			3			
В т.ч.текущий контроль	1						1								1						
Промежуточная аттестация - зачет																					

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах» являются семинары с применением технологий интерактивного обучения (презентаций) и самостоятельная работа студента.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения аудиторных занятий и в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов:

1. Общий подход к формулировке задач о распространении случайных волн. Классификация таких задач.
2. Что означает полное статистическое описание случайного поля?
3. Каким условиям должны удовлетворять многомерные функции распределения случайных полей?
4. Корреляционная теория случайных полей.
5. Флуктуационная часть случайного поля. Функция автокорреляции случайного поля.
6. Дисперсия случайного поля.
7. Функция автокорреляции комплексного случайного поля, зависящего только от координат.
8. Статистически однородное случайное поле (в широком смысле).
9. Локально однородное случайное поле.
10. Структурная функция. Инерционный интервал.
11. Свойства пространственной функции корреляции и коэффициента корреляции.
12. Статистически изотропные случайные поля. Примеры.
13. Статистически анизотропные случайные поля. Примеры.
14. Эффективный радиус корреляции изотропного случайного поля.
15. Функции когерентности волновых случайных полей.
16. Связь между функциями когерентности и корреляционными функциями.
17. Пространственные спектры однородных случайных полей. Их свойства.
18. Связь между пространственным спектром и автокорреляционной функцией. Соотношение неопределенности для пространственных случайных полей.
19. Обзор методов решения задач теории распространения и рассеяния волн.
20. Вывод уравнения для волн, распространяющихся в среде со слабыми флуктуациями параметров.
21. Рассеяние на крупномасштабных и мелкомасштабных неоднородностях.
22. Квазистатистическое приближение.
23. Теория однократного рассеяния. Условия применения.
24. Расчет среднего поля в рамках Борновского приближения.
25. Расчет средней интенсивности в рамках Борновского приближения.
26. Теория многократного рассеяния. Ряд по кратности рассеяния.
27. Параболическое уравнение.
28. Какими волнами пренебрегают, используя приближение параболического уравнения?
29. Сравнение условий использования параболического уравнения и приближения однократного рассеяния.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,
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

Код компетенции по ОПОП	Характеристика компетенции	Составляющие компетенции		
		знания	умения и навыки	владение опытом и личностная готовность к профессиональному совершенствованию
ОПК-3	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Умение и навык решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Опыт решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-2	Способность использовать основные методы радиофизических измерений	Знание основных методов радиофизических измерений	Умение использовать основные методы радиофизических измерений	Опыт использования основных методов радиофизических измерений

Этап сформированности компетенций после обучения по данному курсу описан в п.2 настоящей программы.

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса и практические задания (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	
	не зачтено	зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
Мотивация (личностное отношение)	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Минимально допустимый и выше

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

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование,

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания.

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

Теоретические вопросы (ОПК-3)

1. Особенности комплексного случайного поля.
2. Пространственная корреляционная функция и ее свойства.
3. Статистически однородные случайные поля.
4. Пространственные спектры.
5. Структурная функция.
6. Характеристики случайных волн.
7. Уравнения для волн в случайно-неоднородных средах
8. Квазистатическое приближение.
9. Условия применимости Борновского приближения.
10. Функция Грина в приближении Френеля.
11. Эффективный поперечник рассеяния.
12. Селективный характер рассеяния. Условие Вульфа-Брегга.
13. Обратное рассеяние волн.
14. Особенности рассеяния на крупномасштабных и мелкомасштабных неоднородностях.
15. Борновское разложение (разложение Рэлея)
16. Борновское приближение как приближение однократного рассеяния.
17. Затухание среднего поля в среде с мелкомасштабными неоднородностями.
18. Основные методы расчета полей в средах с крупномасштабными неоднородностями.

Типовые контрольные задания (ПК-2)

1. Определение для конкретной ситуации, каким методом можно производить расчет акустических полей, распространяющихся в средах со случайными неоднородностями.
2. Для конкретной задачи (дана частота излученной акустической волны и характерные размеры случайных неоднородностей среды) определить, под каким углом к первоначальному направлению будут распространяться рассеянные акустические волны.
3. Нахождение статистических моментов акустического случайного поля.
4. Определить, какие из предложенных функций могут быть использованы в качестве плотностей вероятности и почему.
5. Определить, какие из предложенных функций могут быть использованы в качестве функций ковариации и почему.
6. Чему равен радиус пространственной корреляции случайного поля в предложенных случаях (например, для гауссовой функции пространственной корреляции)?
7. Показать, что спектральные амплитуды однородного случайного поля δ -коррелированы.
8. Выразить связь корреляционной функции со спектральной плотностью изотропного однородного случайного поля.
9. Выразить связь спектральной плотности с корреляционной функцией изотропного однородного случайного поля.
10. Получить выражение для спектральной плотности экспоненциальной корреляционной функции.
11. Получить выражение для спектральной плотности гауссовой корреляционной функции.
12. Расчет рассеянного акустического поля в Борновском приближении.
13. Расчет средней плотности потока энергии в Борновском приближении.
14. Расчет функции Грина во Френелевском приближении.
15. Показать, какими масштабами неоднородностей обусловлено обратное рассеяние.
16. Показать, какими масштабами неоднородностей обусловлено рассеяние вперед.
17. Показать, что при рассеянии на крупномасштабных неоднородностях поляризация электромагнитных волн сохраняется.
18. Расчет средней интенсивности в зоне Фраунгофера относительно радиуса корреляции неоднородностей среды.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах»

а) основная литература:

1. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. *Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. Приложение к нелинейной акустике*. М: Физматлит, 2011, 496 с.
2. *Акустика в задачах*. Под ред. Гурбатов С.Н., Руденко О.В. М: Физматлит, 2009, 336 с.

б) дополнительная литература:

1. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Иващенко Е.Н. *Исследование обратного*

рассеяния акустических волн дискретными неоднородностями разных размеров // Акустический журнал, 2016. Т.62. Вып.2. С. 203-207.

2. Вьюгин П.Н., Грязнова И.Ю., Курин В.В., Кустов Л.М. *Экспериментальное исследование прямого и обратного рассеяния акустических волн на тонком пузырьковом слое // Акустический журнал, 2006. Т.52.Вып.5. С. 636-640.*

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Прончатов-Рубцов Н.Р. *Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред: Учебное пособие.* – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 80 с.
http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **03.03.03 «Радиофизика»**, профиль подготовки **«Радиофизика и электроника»**.

Автор _____ к.ф.-м.н., доцент Грязнова И.Ю.

Рецензент _____ к.ф.-м.н., доцент Болховская О.В.

Заведующий кафедрой _____ д.ф.-м.н., профессор Гурбатов С.Н.

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