

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

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

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.08 Распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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	ПК-1.1: Знать возможности применения теории однократного и многократного рассеяния волн в случайно-неоднородных средах ПК-1.2: Уметь использовать теорию однократного рассеяния для решения задач акустики Владеть навыками расчета характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
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	ПК-2.1: Знать основные методы радиофизических измерений характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах ПК-2.2: Знать основные методы радиофизических измерений характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах ПК-2.3: Знать основные методы радиофизических измерений	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	полученные данные, формулирует выводы и рекомендации.в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики	характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
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

Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Статистические характеристики случайных полей и волн
Уравнения волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах
Рассеянное поле в Борновском приближении
Средняя интенсивность в приближении однократного рассеяния
Многократное рассеяние волн
Параболическое уравнение
Обзор методов расчета волн в средах с крупномасштабными неоднородностями

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730270&idb=0>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

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.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Функции когерентности волновых случайных полей.
2. Связь между функциями когерентности и корреляционными функциями.
3. Пространственные спектры однородных случайных полей. Их свойства.
4. Связь между пространственным спектром и автокорреляционной функцией. Соотношение неопределенности для пространственных случайных полей.
5. Обзор методов решения задач теории распространения и рассеяния волн.
6. Вывод уравнения для волн, распространяющихся в среде со слабыми флуктуациями параметров.
7. Рассеяние на крупномасштабных и мелкомасштабных неоднородностях.
8. Квазистатическое приближение.
9. Теория однократного рассеяния. Условия применения.
10. Расчет среднего поля в рамках Борновского приближения.
11. Расчет средней интенсивности в рамках Борновского приближения.
12. Теория многократного рассеяния. Ряд по кратности рассеяния.
13. Параболическое уравнение.
14. Какими волнами пренебрегают, используя приближение параболического уравнения?
15. Сравнение условий использования параболического уравнения и приближения однократного рассеяния.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 объеме	Продemonстрированы 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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Грязнова И. Ю. Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред : учебное пособие / Грязнова И. Ю., Лабутина М. С., Прончатов-Рубцов Н. Р. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2016. - 80 с. - Рекомендовано Ученым Советом радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика» и 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730270&idb=0>.
2. Рытов Сергей Михайлович. Введение в статистическую радиофизику : учеб. для вузов. Ч. 1. Случайные процессы. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 494 с. : рис. - 1.25., 125 экз.

Дополнительная литература:

1. Руденко Олег Владимирович. Нелинейная акустика в задачах и примерах : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Физика", "Физика открытых нелинейных систем", "Фундаментальная радиофизика и физическая электроника". - М. : Физматлит, 2007. - 176 с. - ISBN 5-9221-0761-5 : 181.39., 62 экз.
2. Гурбатов С. Н. Лекции по механике сплошных сред : учебное пособие / Гурбатов С. Н. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2023. - 137 с. - Рекомендовано Учёным советом радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 и 03.04.03 "Радиофизика", 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии", по специальности 10.05.02 "Информационная безопасность телекоммуникационных систем". - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-91326-797-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867932&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Грязнова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Болховская Олеся Викторовна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.