

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АКУСТИКИ**

УТВЕРЖДАЮ

_____//
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Обратные задачи в акустике

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Акустика

Форма обучения:

Очная

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

Доктор физико-математических наук, доцент Румянцева Ольга Дмитриевна,
кафедра акустики физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой акустики
д.ф.-м.н., профессор Руденко О.В.

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Дисциплина представляет собой систематическое изложение базовых знаний по современным методам решения обратных задач, в том числе, прикладных задач акустической томографии. Даются сведения о типах обратных задач, принципиальных возможностях и трудностях их решения, о способах восстановления внутренней структуры исследуемого объекта (в виде восстановления пространственных распределений скорости звука и коэффициента поглощения), а также о практических схемах акустической томографии. Рассмотрение сопровождается описанием основных методов решения обратных задач, а также примерами из современной томографической практики. Знание курса нужно как для последующего изучения студентами других курсов на кафедре акустики («Современные методы обработки сигналов и полей», «Акустика океана. Статистическая гидроакустика»), так и для самостоятельной научно-исследовательской и практической работы.

Дисциплина реализуется на 5 курсе в 9 семестре специалитета, входит в вариативную часть и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет в 9 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Обратные задачи в акустике» входит в вариативную часть образовательной программы по специальности «Фундаментальная и прикладная физика» (блок «Профессиональный» вариативной части) и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Предполагается, что слушатели владеют базовыми методами математической физики, знают основы акустики и волновой физики.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		Знать основы методов решения обратных волновых задач акустики. Уметь применять полученные знания к решению акустических задач томографического типа. Владеть методами проведения исследований и методами обработки информации в области решения прикладных прямых и обратных задач акустики. Способен разрабатывать программные продукты при организации и проведении научно-исследовательских разработок с учетом достижений современных информационных технологий.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя:
занятия лекционного типа (лекции) и групповые консультации.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы¹</i>						
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа			Всего		
			Семинары	Лабораторные занятия*	Практические занятия*			
Постановка обратных волновых задач и некорректность их решения. Голография, рентгеновская томография, ЯМР-томография	4	2				2	2	
Комплексный аналитический сигнал. Функция Грина для уравнения Гельмгольца и ее пространственный спектр. Условие излучения.	4	2				2	2	
Постановка обратных задач когерентного излучения; неединственность решения. Неизлучающие источники. Сопоставление размерности данных и неизвестных. Примеры источников и обсуждение	8	4				4	4	

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

возможности их восстановления. Роль априорной информации.								
Метод обращения волнового фронта, его аппаратная функция. Возможности и недостатки метода.	6	3				3	3	
Метод наименьших квадратов для решения избыточной системы и решение с минимальной нормой для недостаточной системы. Сопоставление с обратной задачей когерентного излучения. Понятие об обратных волновых задачах некогерентного излучения	4	2				2	2	<i>Контрольная работа</i>
Постановка обратной задачи рассеяния на акустических неоднородностях. Соотношение размерности экспериментальных данных и размерности неизвестных, отличие от обратной задачи излучения. Уравнение Липпмана–Швингера в координатном пространстве и фурье-сопряженном к нему пространстве. Экспериментальные данные.	10	5				5	5	
Решение прямой задачи рассеяния в виде ряда Борна–Неймана и решение через обращение операторов.	4	2				2	2	
Классификация рассеивателей. Принцип восстановления слабого рассеивателя при облучении и приеме с разных направлений. Разрешающая способность оценки слабого рассеивателя. Область применимости борновского приближения.	4	2				2	2	
Практические схемы акустической томографии (схемы эхоскопии и многоакустические схемы).	4	2				2	2	

Итерационные алгоритмы решения обратной задачи рассеяния на основе уравнений Липпмана–Швингера при учете процессов многократного рассеяния волн. Модификации итерационных схем для обеспечения сходимости при восстановлении сильных объектов.	8	4				4	4	
Общие вопросы дискретизации. Теорема отсчетов Котельникова–Шеннона; сопряженная теорема отсчетов; теорема Слепяна.	4	2				2	2	<i>Контрольная работа</i>
Расширение пространственного спектра вторичных источников при учете процессов перерассеяния. Количество степеней свободы рассеивателя, внутренних полей и вторичных источников. Понятие об оптическом супер-микроскопе.	7	4				4	3	
Дискретизация функций при решении обратных задач в пространстве координат и фурье-сопряженном к нему пространстве.	3	2				2	1	
Промежуточная аттестация_зачет_____	2						2 ²	<i>Зачет</i>
Итого	72	36					36	

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Вопросы к зачету по дисциплине «Обратные задачи в акустике»:

Постановка прямых и обратных задач. Некорректность решения обратных волновых задач.

Функция Грина и особенности поведения ее пространственного спектра.

Поверхность Эвальда.

Постановка обратных задач излучения и возможная неединственность их решения. Неизлучающие источники и их пространственный спектр.

Априорная информация как способ обеспечения решения обратной задачи излучения.

Метод обращения волнового фронта, его возможности и главные недостатки.

Постановка обратной задачи рассеяния, отличие от обратной задачи излучения.

Соотношение размерности экспериментальных данных и размерности неизвестных в обратных задачах излучения и обратных задачах рассеяния. Связь размерности данных и неизвестных с размерностью пространства.

Решение прямой задачи рассеяния через ряд Борна–Неймана и обращением операторов.

Принцип восстановления пространственного спектра и внутренней структуры слабого рассеивателя при многоракурсном облучении и приеме волновых полей.

Эволюция практических схем акустической томографии.

Итерационные алгоритмы решения обратной задачи рассеяния на основе уравнений Липпмана–Швингера. Модификация итерационных алгоритмов для обеспечения сходимости в случае сильных рассеивателей.

Расширение пространственного спектра вторичных источников за счет процессов многократного рассеяния волн внутри томографируемого объекта.

Дискретизация функций и волновых полей при организации компьютерных вычислений.

Необходимые условия на максимально допустимые шаги дискретизации в координатном пространстве и фурье-сопряженном к нему пространстве.

6.2. Шкала и критерии оценивания

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Буров В.А., Румянцева О.Д. Обратные волновые задачи акустической томографии. Ч. I: Обратные задачи излучения в акустике // М.: ЛЕНАНД, 2020. 384 с.
2. Буров В.А., Румянцева О.Д. Обратные волновые задачи акустической томографии. Ч. II: Обратные задачи акустического рассеяния. М.: ЛЕНАНД, 2021. 768 с.
3. Горюнов А.А., Сасковец А.В. Обратные задачи рассеяния в акустике. М.: Изд-во МГУ, 1989. С.152.
4. Физика визуализации изображений в медицине. Под ред. С.Уэбба. М.: Мир, 1991. Т.1, 2.

Дополнительная литература

5. Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии // М.: Мир, 1990.
6. Scattering. Scattering and inverse scattering in pure and applied science. Eds. Pike R., Sabatier P. C. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo: Academic Press, 2002. 1831 p.

7. Кирьянов Д. В., Кирьянова Е. Н. Вычислительная физика. М.: Полибук Мультимедиа, 2006. 352 с.
8. Буров В.А., Румянцева О.Д. Обратные волновые задачи акустической томографии. Ч. 4: Функционально-аналитические методы решения многомерной акустической обратной задачи рассеяния. — М.: ЛЕНАНД, 2024. 504 с.

Периодическая литература

1. Акустический журнал.
2. Journal of the Acoustical Society of America.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
<http://acoustics.phys.msu.ru>, <http://www.akin.ru>

Описание материально-технической базы
Учебная аудитория физического факультета.
Проектор, компьютер

8. Язык преподавания: русский.