

**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:

Обработка полей и сигналов 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:

1. Старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук Дмитриев Константин Вячеславович, кафедра акустики физического факультета МГУ
2. Старший научный сотрудник, кандидат технических наук Зотов Дмитрий Игоревич, кафедра акустики физического факультета МГУ

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Курс состоит в систематическом изложении базовых знаний по современной теории обработки сигналов и полей, в том числе акустического характера. Даются сведения о методах оценивания постоянных и изменяющихся со временем параметров сигналов, способах обнаружения сигналов в условиях наличия помех, математических преобразованиях, полезных при съеме и анализе данных. Представлены компьютерные методы параллельной обработки информации. Рассмотрение сопровождается описанием основных математических моделей, а также практическими примерами. Знание курса нужно для самостоятельной научно-исследовательской и практической работы студентов на кафедре акустики.

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 (модулю) – зачет в 9 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Обработка сигналов и полей в акустике» входит в вариативную часть программы «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 |
|--------------------------------|--|---|
| | | В результате освоения дисциплины студент должен знать основы теории статистического оценивания параметров сигналов и полей, особенно акустического характера; уметь применять к сигналам и полям различные преобразования, позволяющие выполнять их детальный анализ; владеть методами параллельного программирования для практического решения задач, связанных с обработкой сигналов и полей; |

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).

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* | | | |
| <i>Байесовский подход. Функция правдоподобия. Оценка максимального правдоподобия.</i> | 7 | 4 | | | | 3 | | |
| <i>Характеристики оценок неизвестных параметров. Нижняя граница дисперсии несмещённых оценок. Количество информации. Неравенство Рао-Крамера. Метод моментов, его преимущества и недостатки.</i> | 7 | 4 | | | | 3 | | |
| <i>Модели случайных процессов. Рекуррентное оценивание. Фильтр Калмана. Авторегрессионная модель. Модель скользящего среднего. Уравнения Юла-Уокера.</i> | 6 | 3 | | | | 3 | | |
| <i>Спектральный анализ. Z-</i> | 6 | 3 | | | | 3 | | |

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

| | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|--|--|--|--|-----------|--------------|
| <i>преобразование, его свойства. Связь с преобразованием Фурье. Преобразование Гильберта.</i> | | | | | | | | |
| <i>Оконное преобразование Фурье. Непрерывное вейвлет-преобразование. Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная плотность. Фреймтовые операторы.</i> | 8 | 4 | | | | | 4 | |
| <i>Методы получения разреженных данных при съеме информации. Построение базисов наблюдения. Методы восстановления исходных изображений из разреженных данных.</i> | 8 | 4 | | | | | 4 | |
| <i>Классификация параллельных архитектур по Флинну. Уровни параллелизма. Микроуровень, вычислительный конвейер. Уровень команд, векторные вычисления (SSE, AVX), VLIW</i> | 6 | 3 | | | | | 3 | |
| <i>Многопоточный параллелизм для многопроцессорных систем с разделенной (MPI) и с общей (OpenMP) памятью.</i> | 8 | 4 | | | | | 4 | |
| <i>Архитектура GPU. Средства для программирования на GPGPU и гетерогенных системах (CUDA, OpenCL, OpenACC)</i> | 6 | 3 | | | | | 3 | |
| <i>Проблемы многопоточного программирования. Задача взаимного исключения. Механизмы синхронизации. Типовые задачи синхронизации. Взаимоблокировка.</i> | 8 | 4 | | | | | 4 | |
| Промежуточная аттестация __зачет__ | 2 | | | | | | 2 | <i>зачет</i> |
| Итого | 72 | 36 | | | | | 36 | |

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

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

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

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Метод максимального правдоподобия

Неравенство Рао-Крамера

Эффективность оценки, критерий минимальности дисперсии

Метод моментов

Фильтр Калмана

Оценка параметров АРСС модели

Уравнения Юла-Уокера

Z-преобразование

Преобразование Гильберта

Дискретное преобразование Фурье

Непрерывное Вейвлет-преобразование

Дискретное Вейвлет-преобразование

Избыточность информации при съеме данных.

Способы восстановления исходной информации из разреженных данных.

Классификации параллельных архитектур и уровней распараллеливания.

Степень параллелизма. Закон Амдала. Закон Густафсона-Барсиса.

Микроуровневый параллелизм и параллелизм на уровне команд.

Метод распараллеливания на уровне потоков для систем с общей памятью.

Метод распараллеливания на уровне потоков для систем с разделенной памятью.

Отличие архитектур GPU от архитектуры x86.

Использование управляемых кешей в GPU.

Высокоуровневые механизмы синхронизации параллельно исполняемых потоков.

Типовые задачи синхронизации.

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Оценки максимального правдоподобия при простой и квадратичной характеристиках потерь.

Оценка максимального правдоподобия величины с гауссовским распределением на фоне гауссового шума.

Оценки максимального правдоподобия и их дисперсии для различных распределений, их эффективность.

Оценка параметров гамма-распределения методом моментов

Охарактеризовать сетку локализации оконного преобразования Фурье и дискретного вейвлет-преобразования.

Оценка возможного ускорения алгоритма при его распараллеливании.

Изобразить схему распараллеливания для задачи параллельного суммирования или умножения матрицы.

Изобразить схему взаимоблокировки двух одновременно исполняемых потоков.

6.2. Шкала и критерии оценивания

7. Ресурсное обеспечение

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

- Васильев К.К. Методы обработки сигналов. – Ульяновск: Типография УлГТУ. 2001. – 80 с.
- Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
- Donoho, D. L., Compressed Sensing, IEEE Transactions on Information Theory, V. 52(4), 1289–1306, 2006
- Корнеев В., Киселев А. «Современные микропроцессоры» 2003 – 448с.
- Антонов А.С. “Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP”: Учеб. пособие. М.: Издательство Московского университета, 2012.-344 с
- А. В. Боресков “Параллельные вычисления на GPU
- Архитектура и программная модель CUDA: Учебное пособие” М.: Издательство Московского университета, 2012.-336 с
- Гергель В.П. “Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем” Издательство Нижегородского государственного университета, Нижний Новгород, 2010 421с
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» <http://acoustics.phys.msu.ru>, <http://www.akin.ru>, akzh.ru, akdata.ru, akinfo.ru
- Описание материально-технической базы
 - Учебная аудитория физического факультета.
 - Проектор, компьютер

8. Язык преподавания: русский.