

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Математическая физика

по направлению подготовки / специальности

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

ООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

2. Задачи освоения дисциплины

- Освоить методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.
- Научиться применять методы решения дифференциальных уравнений для задач математической физики.
- Получить основные теоретические понятия математической физики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, экзамен

Шестой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Физика, Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Основы теории и методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 з.е., 432 часов, из которых:

-лекции: 66 ч.

-практические занятия: 66 ч.

в том числе практическая подготовка: 66 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Операционное исчисление: понятие оригинала и изображения.

Интегральное преобразование Лапласа. Понятия функции-оригинала и функции-изображения. Функция Хэвисайда и дельта-функция. Формулы обращения.

Тема 2. Свойства операционного исчисления.

Свойства линейности и теорема подобия. Дифференцирование оригинала и изображения. Интегрирование оригинала и изображения. Теоремы запаздывания и смещения. Теорема умножения и понятие свёртки. Формула Парсеваля для несобственных интегралов. Теоремы запаздывания и смещения. Интеграл Дюамеля. Обобщенная теорема умножения (теорема Эфроса). Первая и вторая теоремы разложения.

Тема 3. Применение преобразования Лапласа к решению обыкновенных дифференциальных уравнений.

Решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения операционным методом. Применение интеграла Дюамеля для решения неоднородных обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений операционным методом.

Тема 4. Применение преобразования Лапласа к решению уравнений математической физики.

Решение задач для уравнений теплопроводности и колебаний струны в полуограниченной области операционным методом. Решение краевых задач математической физики в ограниченной области операционным методом.

Тема 5. Вывод уравнения колебаний струны.

Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны. Граничные и начальные условия: физическая интерпретация и математическая формулировка.

Тема 6. Уравнение теплопроводности.

Вывод уравнения теплопроводности на основе законов сохранения энергии и Фурье. Граничные и начальные условия: физическая интерпретация и математическая формулировка. Фундаментальное решение. Функция Грина задачи Коши для уравнения теплопроводности на неограниченной прямой.

Тема 7. Уравнение в частных производных первого порядка.

Характеристическая система дифференциальных уравнений и понятие характеристики. Явная и неявная форма решения. Задача Коши и ее решение.

Тема 8. Система уравнений в частных производных первого порядка. Метод характеристик.

Характеристическое уравнение и понятие характеристик. Соотношения на характеристиках. Римановы инварианты. Общее и частное решение системы двух уравнений в частных производных первого порядка. Уравнения акустики.

Тема 9. Классификация уравнений в частных производных второго порядка.

Переход к новым независимым переменным, характеристическое уравнение. Канонические типы уравнений в частных производных второго порядка.

Тема 10. Метод распространяющихся волн решения уравнения колебаний. Формула Даламбера.

Вывод формулы Даламбера – решение задачи Коши для одномерного уравнения колебаний. Геометрическое представление решения. Характеристики уравнения колебаний. Метод продолжений – решение уравнения колебаний в полуограниченной области.

Тема 11. Решение краевых задач математической физики методом разделяющихся переменных.

Метод разделения переменных для уравнения колебаний конечной струны. Ряды Фурье. Физическая интерпретация решения уравнений колебания конечной струны. Решение неоднородного уравнения колебаний конечной струны и его физический смысл. Общая схема решения уравнения колебаний. Решение краевых задач для уравнения теплопроводности методом разделения переменных. Распространение тепла в конечном стержне. Физический смысл краевых условий. Постановка и решение краевых задач для уравнений эллиптического типа. Фундаментальное решение уравнения Лапласа.

Тема 12. Уравнение Бесселя. Цилиндрические функции.

Задача о колебаниях круглой мембраны методом разделения переменных. Вывод уравнения Бесселя. Уравнение Бесселя и его модификации. Свойства функций Бесселя и Неймана.

Тема 13. Решение краевых задач математической физики в цилиндрической системе координат методом разделения переменных.

Решение уравнения теплопроводности для неограниченного и ограниченного цилиндрического стержня методом разделения переменных.

Тема 14. Уравнение Лежандра и сферические функции.

Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные формулы. Уравнение Лежандра и его общее решение. Ортогональность полиномов Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Сферические и шаровые функции.

Тема 15. Решение краевых задач математической физики в сферической системе координат методом разделения переменных.

Решение задачи Дирихле и Неймана для сферы. Решение задачи об остывании однородного шара.

Тема 16. Теория линейных интегральных уравнений. Теоремы Фредгольма.

Основные понятия теории линейных интегральных уравнений. Интегральные уравнения Вольтерра и Фредгольма и их связь с обыкновенными дифференциальными уравнениями. Функции Грина для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод определителей Фредгольма и понятие резольвенты. Альтернатива и теоремы Фредгольма.

Тема 17. Теоремы Гильберта-Шмидта и Стеклова.

Интегральные уравнения с симметричными ядрами. Теорема Гильберта-Шмидта. Доказательство теоремы Стеклова.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, выполнения элементов курса в образовательной электронной среде, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Экзамен в шестом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22336> (1 семестр);
<https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24705> (2 семестр).

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. СПб.: Издательство «Лань», 2002.

2. Попов А.И., Попов И.Ю. Основные уравнения математической физики: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2020.

3. Емельянов В. М., Рыбакина Е. А. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач: Учебное пособие для вузов: Издательство "Лань", 2024.

4. Кузнецов Е.А., Шапиро Д.А. Методы математической физики. Новосибирск: Издательство НГУ, 2011.

5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., Наука, 1972.

6. Годунов С.К. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1979. 416 с.

б) дополнительная литература:

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. 1974. 431 с.

2. Смирнов В.И. Курс высшей математики (т. 3, ч. 2). М.: Издательство «Наука», 1974.

в) ресурсы сети Интернет:

– Денисов А.М. Уравнения математической физики. Видео-лекции. <https://rutube.ru/video/b1a5fa89cf48435632c28ec070bbaef9/>

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий практического типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Прокофьев Вадим Геннадьевич, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математической физики ФТФ НИ ТГУ.