

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

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан

Ю.Н. Рыжих

» 06 _____ 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическая физика

по направлению подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) подготовки :
Промышленная и специальная робототехника

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

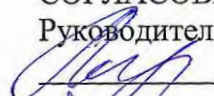
Год приема

2022

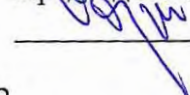
Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.12

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин.

ИОПК 1.2 Уметь применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

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 обязательной части образовательной программы.

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

Пятым семестр, экзамен

Шестой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математика», «Физика» и требует знаний в определенных разделах математики и физики, а именно: основных сведений из курсов аналитической геометрии, линейной алгебры, математического анализа, обыкновенных дифференциальных уравнений и общей физики.

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.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), 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.

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. 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. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений операционным методом.

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

Решение задачи Коши для уравнений теплопроводности и колебаний струны операционным методом. Решение краевых задач математической физики операционным методом.

Тема 5. Вывод уравнения колебаний струны.

Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны. Граничные и начальные условия.

Тема 6. Вывод уравнения теплопроводности.

Вывод уравнения теплопроводности на основе законов сохранения энергии и Фурье. Граничные и начальные условия.

Тема 7. Уравнение в частных производных первого порядка. Понятие характеристики.

Характеристическая система дифференциальных уравнений. Понятие характеристики. Явная и неявная форма решения. Решение задачи Коши.

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

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

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. 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.

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 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 функции.

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

Решение задачи Дирихле 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. Метод определителей Фредгольма и понятие резольвенты. Альтернатива Фредгольма и теоремы.

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.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен проводится в устной форме по билетам. К экзамену допускаются только сдавшие практику по предмету. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 45 минут.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Понятие оригинала и изображения.
2. Доказать, что изображение является аналитической функцией. Вывод формулы, определяющей функцию-оригинал по ее изображению.
3. Условия, при которых функция комплексного переменного является изображением некоторого оригинала.
4. Свойства линейности и теорема подобия.

5. Дифференцирование оригинала.
6. Дифференцирование изображения.
7. Интегрирование оригинала.
8. Интегрирование изображения.
9. Теорема запаздывания.
10. Теорема смещения.
11. Теорема умножения. Понятие свертки.
12. Интеграл Дюамеля.
13. Теорема о произведении оригиналов.
14. Обобщенная теорема умножения (теорема Эфроса).
15. Первая теорема разложения.
16. Вторая теорема разложения.
17. Применение преобразования Лапласа к решению обыкновенных дифференциальных уравнений.
18. Применение преобразования Лапласа к решению уравнений в частных производных второго порядка.
19. Вывод уравнения распространения тепла в стержне.
20. Понятие характеристики для одного уравнения в частных производных первого порядка.
21. Характеристики системы двух дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка и их связь с характеристиками уравнения в частных производных второго порядка.
22. Характеристики гиперболической системы двух уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.
23. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка. Понятие характеристик.
24. Приведение к каноническому виду уравнений гиперболического типа.
25. Приведение к каноническому виду уравнений параболического типа.
26. Приведение к каноническому виду уравнений эллиптического типа.
27. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны.
28. Граничные и начальные условия на примере продольных колебаний пружины.
29. Формула Даламбера (решение задачи о колебаниях неограниченной струны).
30. Метод разделения переменных для уравнения колебаний конечной струны.
31. Физическая интерпретация решения уравнений колебания конечной струны.
32. Решение неоднородного уравнения колебаний конечной струны и его физический смысл.
33. Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Решение операционным методом.
34. Функция Грина (функция источника) для однородного уравнения теплопроводности.
35. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности для бесконечного стержня и его физический смысл. Функция источника одномерного уравнения теплопроводности. Понятие дельта-функции.
36. Решение задачи Коши для неоднородного уравнения теплопроводности.
37. Распространение тепла в конечном стержне. Постановка краевых задач.
38. Задача о колебаниях круглой мембраны методом разделения переменных. Вывод уравнения Бесселя.
39. Уравнение Бесселя. Цилиндрические функции (функции Бесселя).
40. Решение задачи о колебаниях круглой мембраны с использованием функций Бесселя.
41. Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах. Вывод уравнения Лежандра.

42. Решение уравнения Лежандра с помощью разложения в степенной ряд.
 43. Вывод формулы Родрига. Производящая функция.
 44. Присоединенные функции Лежандра. Шаровые и сферические функции.
 45. Интегральное уравнение Фредгольма и его связь с обыкновенным дифференциальным уравнением.
 46. Решение интегрального уравнения Фредгольма через резольвенту.
 47. Решение интегрального уравнения Фредгольма с симметричным ядром сведением к дифференциальному уравнению.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Форма контроля	Критерии оценивания			
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.
Выполнение домашних заданий	Задание выполнено в срок. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. В задании качественно раскрыто содержание темы.	Задание выполнено в срок. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Основные вопросы раскрыты.	Задание выполнено с опозданием установленного срока. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Допущены ошибки.	Задание выполнено с опозданием установленного срока. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Допущены грубые ошибки.

Оценивание производится с учетом данных о результатах работы на практических занятиях и работы в электронной образовательной среде.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» для 5 семестра - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22336>
- б) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» для 6 семестра - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24705>
- в) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

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. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., Наука, 1972.
 3. 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.

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 OneNote, 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 семинарского 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.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

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