

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Математический анализ

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат математического анализа и основные методы доказательств и решения задач.

– Научиться применять понятийный аппарат и методы математического анализа для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) 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

Семестр 1, экзамен.

Семестр 2, экзамен.

Семестр 3, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины во 2, 3 семестре требуются положительные результаты обучения по следующим дисциплинам: линейная алгебра и аналитическая геометрия.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 13 з.е., 468 часов, из которых:

– лекции: 160 ч.;

– практические занятия: 160 ч.;

в том числе практическая подготовка: 160 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Множества, отображения, функции. Множества и операции над ними, кванторы. Множество натуральных чисел. Метод математической индукции. Бином Ньютона. Определение поля вещественных чисел. Полнота (непрерывность) поля вещественных чисел. Границы числовых множеств. Теорема Больцано-Вейерштрасса о супремуме и инфимуме. Определение отображения (функции). Понятия образа и прообраза множества. Виды отображений (инъекция, сюръекция, биекция). Композиция отображений. Обратное отображение. Основные элементарные функции и их свойства.

Тема 2. Теория предела числовых последовательностей и функций. Понятие числовой последовательности как отображения. Предел последовательности. Лемма о вложенных промежутках. Теорема Больцано о предельной точке. Теорема Больцано-Вейерштрасса о подпоследовательности. Фундаментальные последовательности. Критерий Коши. Бесконечно малые и бесконечно большие последовательности и их свойства. Теоремы о пределах, связанные с равенствами и неравенствами. Существование предела монотонной и ограниченной последовательности.

Предел функции по Гейне и по Коши. Единственность предела. Предел композиции. Замена переменной под знаком предела. Бесконечно малые и бесконечно большие функции, их классификация и свойства. Теоремы о пределах, связанные с равенствами и неравенствами. Необходимое и достаточное условие существования конечного предела функции произвольного аргумента. Критерий существования предела функции через односторонние пределы. Существование предела монотонной и ограниченной функции. Первый и второй замечательные пределы и следствия из них.

Тема 3. Непрерывные и дифференцируемые функции одной переменной. Определение непрерывности функций в точке и на множестве. Непрерывность монотонной функции, сложной функции. Точки разрыва. Теорема о непрерывности обратной функции. Непрерывность элементарных функций. Теоремы Коши и Вейерштрасса для непрерывных функций на замкнутом и ограниченном множестве. Равномерная непрерывность функций. Теорема Кантора о равномерной непрерывности. Дифференцируемость. Дифференциал. Определение производной. Геометрический смысл производной. Уравнение касательной. Геометрический смысл дифференциала. Связь между дифференцируемостью и существованием производной. Дифференцируемость и непрерывность. Производная обратной функции. Правила вычислений производных. Таблица основных производных. Физический смысл производной. Инвариантность формы первого дифференциала. Параметрические уравнения кривой. Вычисление производных функций заданных параметрически. Производные и дифференциалы высших порядков. Правило Лопиталя. Формула Тейлора с остаточным членом в форме Пеано (Лагранжа, Коши). Теорема Ферма. Теоремы Ролля, Лагранжа, Коши о дифференцируемых функциях. Условие монотонности функции. Достаточные условия экстремума функции (с помощью производной 1-го и высших порядков). Направление вогнутости кривой. Достаточное условие выпуклости (вогнутости). Точки перегиба. Достаточные условия перегиба для дважды и n раз дифференцируемой функции. Асимптоты. Общая схема исследования функций и построения графиков (декартова и полярная системы координат, параметрически заданные кривые).

Тема 4. Неопределенный интеграл. Некоторые сведения о комплексных числах и их использовании для разложения многочленов с вещественными коэффициентами на множители. Разложение дробно-рациональных выражений на сумму простых дробей. Первообразная функция и неопределенный интеграл. Геометрическое истолкование первообразной. Таблица основных интегралов. Интегрирование путем замены переменной. Интегрирование по частям. Интегрирование рациональных дробей. Интегрирование некоторых иррациональностей. Интегрирование дифференциальных биномов (подстановки Чебышева). Подстановки Эйлера. Интегрирование тригонометрических функций. Понятие о функциях, не имеющих элементарных первообразных. Эллиптические интегралы.

Тема 5. Определенный интеграл Римана на отрезке и его приложения. Несобственные интегралы. Интегральные суммы Римана для функций, заданных на отрезке, и их предел. Суммы Дарбу и их свойства. Необходимое и достаточное условие существования определенного интеграла. Классы функций, интегрируемых по Риману. Свойства определённого интеграла. Теоремы о среднем значении интеграла. Интеграл с переменным верхним пределом. Свойства интеграла с переменным верхним пределом, формула Ньютона-Лейбница. Замена переменной в определенном интеграле.

Интегрирование по частям в определенном интеграле. Понятие площади (на классе многоугольных фигур, для произвольной ограниченной замкнутой области). Необходимое и достаточное условие существования площади произвольной ограниченной замкнутой области. Классы кривых, имеющих нулевую площадь. Вычисление площадей плоских фигур с помощью определенных интегралов. Определение гладкой кривой линии. Определение длины гладкой кривой линии, вычисление ее длины с помощью определенного интеграла. Длина кривой в полярной системе координат. Вычисление объемов тел вращения. Статистические моменты и координаты центра тяжести конечной системы материальных точек, материальной пластинки, гладкой кривой. Две теоремы Паппа-Гульдина. Определение несобственных интегралов 1 и 2 рода. Признаки сходимости. Замена переменной и интегрирование по частям в несобственных интегралах.

Тема 6. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. Понятие метрического пространства. Окрестность; внутренние, граничные, предельные точки; замкнутое, открытое, ограниченное множество в метрическом пространстве. Конечномерное евклидово пространство. Повторные пределы. Теорема о повторных пределах. Понятие дифференцируемости, дифференциала, геометрический смысл частных производных. Достаточные условия дифференцируемости функции нескольких переменных. Дифференцирование сложной функции. Инвариантность формы первого дифференциала. Производная по данному направлению, градиент. Уравнение касательной плоскости и нормали к графику функции двух переменных. Частные производные и дифференциалы высших порядков. Теорема о смешанных производных. Формула Тейлора для функции нескольких переменных. Понятие неявной функции. Теоремы существования, непрерывности, дифференцируемости неявных функций, определяемых одним уравнением и системой уравнений. Необходимое условие локального экстремума. Достаточные условия локального экстремума. Второй дифференциал как квадратичная форма. Критерий Сильвестра положительной и отрицательной определенности квадратичной формы. Условный экстремум. Методы нахождения условного экстремума. Функция Лагранжа.

Тема 7. Числовые и функциональные ряды. Равномерная сходимость функционального ряда, необходимое и достаточное условие равномерной сходимости ряда. Признаки Вейерштрасса, Абеля, Дирихле равномерной сходимости функциональных рядов. Простейшие свойства функциональных рядов: непрерывность суммы ряда, почленное интегрирование и почленное дифференцирование функционального ряда. Понятие степенного ряда. Простейшие свойства степенных рядов: равномерная сходимость степенного ряда внутри промежутка сходимости, непрерывность суммы степенного ряда, почленное интегрирование степенного ряда. Степенной ряд, ряд Тейлора. Разложения в степенные ряды некоторых элементарных функций. Простейшие применения степенных рядов: нахождение значений функций, вычисление интегралов, решение уравнений. Формулы для радиуса сходимости.

Тема 8. Криволинейные интегралы и их применение. Криволинейный интеграл первого рода, определение, вычисление, применение к подсчету масс материальных кривых, сил притяжения материальных кривых и точек. Криволинейный интеграл второго рода, определение, вычисление, связь с интегралом первого рода, приложение к вычислению работы силового поля.

Тема 9. Двойные интегралы и их применение. Определение, условия существования, простейшие свойства двойных интегралов. Вычисление двойных интегралов в случае прямоугольной области и в случае произвольной области. Приложение двойных интегралов: объем цилиндрического бруса, площадь плоской фигуры, масса материальной пластинки. Формула Грина. Приложения формулы Грина, выражение площади плоской фигуры с помощью криволинейного интеграла, условие независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования, потенциальные силовые поля. Замена переменных в двойном интеграле: отображение плоских областей, криволинейные координаты,

выражение площади в криволинейных координатах, замена переменных в двойном интеграле.

Тема 10. Тройные интегралы и их применение. Определение тройного интеграла. Свойства тройных интегралов. Вычисление тройных интегралов. Формула Гаусса-Остроградского, приложения формулы к вычислению поверхностных интегралов, объемов тел. Поток. Дивергенция. Криволинейные координаты в пространстве. Выражение объема в криволинейных координатах. Замена переменных в тройном интеграле. Простейшие применения тройных интегралов: вычисление объемов тел, нахождение массы тела по данной плотности, центр тяжести материального тела, притяжение материальной точки материальным телом.

Тема 11. Поверхностные интегралы и их применение. Площадь поверхности. Сторона поверхности. Ориентация поверхности и выбор ее стороны. Определение поверхностного интеграла первого рода. Вычисление поверхностного интеграла первого рода. Приложения поверхностных интегралов первого рода: масса материальной поверхности, центр тяжести материальной поверхности, сила притяжения материальной точки материальной поверхностью. Поверхностные интегралы второго рода. Вычисление поверхностных интегралов второго рода. Приложение поверхностных интегралов к вычислению потоков векторных полей. Формула Стокса. Векторная запись формулы Стокса. Циркуляция. Ротор.

Тема 12. Введение в ряды Фурье. Ортонормированные системы функций, понятие тригонометрического ряда, понятия ряда Фурье. Интегральное представление частичной суммы ряда Фурье (интеграл Дирихле), лемма Римана, принцип локализации. Признак поточечной сходимости ряда Фурье. Случай непериодической функции. Разложение по косинусам и по синусам. Комплексная форма ряда Фурье.

Тема 13. Интегралы, зависящие от параметра. Определение и критерий равномерного по параметру стремления к предельной функции. Предельный переход под знаком интеграла. Непрерывность интеграла, зависящего от параметра. Дифференцируемость и интегрируемость интеграла, зависящего от параметра. Формула Лейбница. Определение и критерий равномерной сходимости несобственного интеграла на бесконечном промежутке. Признаки Вейерштрасса, Абеля, Дирихле равномерной сходимости несобственного интеграла с параметром. Несобственные интегралы, зависящие от параметра. Предельный переход и непрерывность несобственных интегралов, зависящих от параметра. Интегрируемость и дифференцируемость под знаком интеграла. Теорема о перестановке порядка интегрирования в несобственном интеграле. Эйлеровы интегралы. Свойства Бета-функций и Гамма-функций и связь между ними.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем проведения контрольных работ, индивидуальных работ, коллоквиумов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий 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 первом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и две задачи. Студент освобождается от решения задач, если успешно сдал все контрольные и индивидуальные работы в течении семестра. Студент освобождается от первого вопроса билета, если успешно участвовал в коллоквиумах по темам 1 и 2. Продолжительность экзамена 2 часа (для одного студента).

Экзамен во втором семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и две задачи. Студент освобождается от решения задач, если успешно сдал все контрольные и индивидуальные работы в течении семестра.

Студент освобождается от первого вопроса билета, если успешно участвовал в коллоквиумах по темам 4 и 5. Продолжительность экзамена 2 часа (для одного студента).

Экзамен в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и две задачи. Студент освобождается от решения задач, если успешно сдал все контрольные и индивидуальные работы в течении семестра. Студент освобождается от первого вопроса билета, если успешно участвовал в коллоквиумах по темам 8 и 9. Продолжительность экзамена 2 часа (для одного студента).

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

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» (1семестр) - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=27893>

(2 семестр) - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=25648>

(3 семестр) - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26004>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) План практических занятий по дисциплине.

1 семестр.

1. Комбинаторика и бином Ньютона.

2. Множества. Операции над множествами

3. Отображение, функция. Образ, прообраз

4. Построение графиков функций элементарными средствами. Основные элементарные функции.

5. Композиция функций, обратная функция

6. Числовые множества. Точные грани.

7. Параметрические кривые – функции и не функции

8. Метод математической индукции

9. Метод математической индукции.

2-й час: самостоятельная работа: множества, отображения, матем. индукция.

10. Предел последовательности – определение

11. Предел последовательности №58-66 из задачника Демидовича с разбором

12. Нахождение пределов с использованием теорем об арифметических действиях

13. Нахождение пределов. Т. о трех последовательностях.

14. Предел монотонной последовательности. Число e . Критерий Коши.

15. **Контрольная работа. Предел последовательности**

16. Предел функции – определения Коши и Гейне

17. Различные виды пределов

18. Нахождение пределов функций (первый замечательный предел)

19. Нахождение пределов функций (второй замечательный предел)

20. О-символика.

21. Непрерывность. Точки разрыва.

22. **Контрольная работа. Предел и непрерывность функции**

23. Производная – по определению.

24. Первый дифференциал. Касательная. Техника дифференцирования.

25. Техника дифференцирования.

26. Правило Лопиталя.

27. Пр. Лопиталя. 2-й час: **самостоятельная работа** – производная и правило Лопиталя

28. Формула Тейлора

29. Исследование функции – пределы, точки разрыва, асимптоты на графике
30. Исследование функции – использование первой и второй производной
31-32. Исследование функций и параметрических кривых, построение их графиков.
Применение к решению задач на наибольшее, наименьшее значение.

Индивидуальная работа: построение графика функции, параметрической кривой, задача на экстремум.

2 семестр.

1. Интегрирование простейших функций, метод подведения под знак дифференциала.
2. Интегрирование по частям.
3. Интегрирование рациональных дробей.
4. Интегрирование рациональных дробей, метод Остроградского.
5. Интегрирование иррациональных функций.
6. Подстановки Чебышева и Эйлера.
7. Интегрирование тригонометрических функций.
8. Интегрирование различных функций – подготовка к контрольной работе.

9. Контрольная работа – «Неопределённый интеграл».

10. Определённый интеграл. Интегральные суммы, суммы Дарбу, определение определённого интеграла.
11. Замена переменных и интегрирование по частям в определённом интеграле.
12-13. Приложения определённого интеграла – длина дуги, площадь, объём, физические приложения.

Индивидуальная работа «Определённый интеграл»

14. Предел функции многих переменных. Дифференцирование.
15. Дифференцируемость функции многих переменных. Касательная плоскость. Производная по направлению.
16. Дифференциал. Дифференцируемость сложной функции.
17. Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Тейлора.
18. Экстремум функции многих переменных.
19. Замена переменных.
20-21. неявные функции – теорема существования, дифференцирование, разложение по формуле Тейлора, задачи на экстремум.

22. Условный экстремум.

23. Контрольная работа – «Функции многих переменных».

24. Числовые ряды. Непосредственное суммирование, критерий Коши, признаки сравнения.
25. Признаки Даламбера, Коши, Маклорена-Коши, Раабе, Гаусса.
26. Сходимость произвольных рядов. Абсолютная и условная сходимость.
27. Равномерная сходимость последовательности и ряда.
28. Достаточные признаки Вейерштрасса, Абеля и Дирихле.
29. Определение области сходимости функционального ряда.
30. Степенной ряд, радиус сходимости.
31. Ряд Тейлора, конкретные разложения.
32. Почленное интегрирование и дифференцирование степенных рядов.
Задачи на суммирование.

Самостоятельная работа «Числовые и степенные ряды»

3 семестр.

1. Криволинейные интегралы 1 рода, 2 рода
2. Двойные интегралы.

3. Двойные интегралы.
4. Формула Грина. Независимость криволинейного интеграла от пути интегрирования.
5. Замена переменных в двойном интеграле
- 6, 7. Поверхностный интеграл 1 рода. Поверхностный интеграл 2 рода.
8. Формула Стокса
9. Тройной интеграл.
10. Формула Гаусса-Остроградского.
11. Замена переменных в тройном интеграле.
- 12. Контрольная работа: криволинейные, двойные интегралы, поверхностные, тройные интегралы.**
- 13, 14. Ряды Фурье.
- 15, 16. Интегралы, зависящие от параметра. Бета- и Гамма-функции.
- Индивидуальная работа. Интегралы с параметрами. Ряды Фурье.**

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.
Для того, чтобы успешно освоить дисциплину «Математический анализ», необходимо:

- посещать все лекционные и практические занятия, вести конспекты в письменном виде;
- выполнять домашние задания в письменной форме или в форме тестов и заданий (в зависимости от содержания домашних заданий);
- при возникновении проблем с домашними заданиями посещать консультации, проводимые преподавателями;
- вовремя решать необходимые контрольные работы (на практических занятиях) и индивидуальные работы (как домашние задания).
- при подготовке к экзамену использовать собственные конспекты лекций и литературу, рекомендованную преподавателем;
- Использовать предэкзаменационную консультацию для того, чтобы прояснить непонятные вопросы теории и практики.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Введение в математический анализ : методическая разработка /Том. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. общ. математики ; сост.: Кошельский Ю. К., Панько С. В., Путятин Е. Н. Томск : [б. и.] , 2007
2. Отображения и функции : методическая разработка /сост. Ю. К. Кошельский, С. В. Панько, Е. Н. Путятин ; Том. гос. ун-т. Томск : [б. и.] , 2007
3. Математический анализ в примерах и задачах Электронный ресурс : учебно-методический комплекс /Панько С. В., Путятин Е. Н., Кошельский Ю. К. ; Том. гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования
4. Производная. Дифференциал : методическая разработка /сост. Ю. К. Кошельский, С. В. Панько, Е. Н. Путятин ; Том. гос. ун-т, Механико-математический фак., Каф. общей математики. Томск : [б. м.] , 2006
5. Формула Тейлора. Правило Лопиталя : методическая разработка /Том. гос. ун-т, ММФ, Каф. общей мат. ; сост.: Кошельский Ю. К., Панько С. В., Путятин Е. Н. Томск : [б. и.] , 2006
6. Исследование и построение графиков функций : методическая разработка /Том. гос. ун-т, Мех. -мат. фак., Каф. общ. математики ; сост.: Путятин Е. Н., Устинова И. Г. Томск : [б. и.] , 2011
7. Неопределенный интеграл : методическая разработка : [для студентов физического, физико-технического, радиофизического факультетов дневной формы

обучения] / Том. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. общей математики ; [сост. Е. Н. Путятина]. - Томск : [ТГУ], 2013.

8. Числовые ряды и бесконечные произведения : методическая разработка /Том. гос. ун-т, мех.-мат. фак., каф. общей математики ; сост. Путятина Е. Н. Томск : [б. и.] , 2012

9. Контрольные задания по теме "Функции нескольких переменных" : для студентов 1 курса ФФ, ФТФ, РФФ / сост. : Галанова Н. Ю. , Лазарева Е. Г. ; Том. гос. ун-т. - Томск : [Том. гос. ун-т], 2001. - 17 с.

10. Интегрирование функций нескольких переменных : методическая разработка / Том. гос. ун-т, ММФ, Каф. общ. мат. ; сост.: Е. Г. Лазарева. - Томск : [б. и.], 2006. - 48 с.

11. Собственные и несобственные интегралы, зависящие от параметра : методическая разработка / Том. гос. ун-т, Механико-мат. фак. , Каф. общей математики ; сост. : Лазарева Е. Г.. - Томск : [б. и.], 2004. - 35 с.: ил.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Ч.1, 2. М: Физматлит, 2019.

3. Демидович Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 624 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/184105>.

4. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа Т.1, Т. 2, кн. 1,2, Т.3. - Москва: Юрайт , 2016.

5. Кудрявцев Л. Д., Кутасов А. Д., Чехлов В. И., Шабунин М. И. Сборник задач по математическому анализу Т.1, 2, 3. - Москва: Физматлит, 2009 – 2016.

б) дополнительная литература:

1. Архипов Г.И., Садовничий В.А., Чубариков В.Н. Лекции по математическому анализу. М.: Высшая школа, 2000.

2. Бутузов В.Ф., Крутицкая Н.Ч., Медведев Г.Н., Шишкин А.А. Математический анализ в вопросах и задачах. Спб: Лань, 2008.

3. Зорич В.А. Математический анализ Т.1, Т.2. М.: Изд-во: МЦНМО, 2007.

4. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления Т.1,2,3.- Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2016.

5. Камынин Л.И. Курс математического анализа Т.1, Т.2. М: Изд-во МГУ, 2001.

6. Тер Крикоров А.М., Шабунин М.И., Курс математического анализа. Изд-во: Лаборатория знаний, 2016.

7. Виноградова И.А., Олехник С.Н., Садовничий В.А. Задачи и упражнения по математическому анализу. Изд-во: МЦНМО, 2017.

в) ресурсы сети Интернет:

– Математический анализ (часть 1) <https://stepik.org/course/716/>

– Математический анализ (часть 2) <https://stepik.org/course/711/>

– Лекции и семинары преподавателей МГУ по математическому анализу на портале «Открытые видеолекции учебных курсов МГУ» <https://teach-in.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 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

Лазарева Елена Геннадьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей математики ММФ ТГУ, доцент

Галанова Наталия Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей математики ММФ ТГУ, доцент

Пуяткина Елена Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общей математики ММФ ТГУ, доцент