

c914df807d771447164c08ee17f8e2f93dde816b

«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

Кафедра естественных наук и физико-математического образования

2020 г.



Б1.О.06.05 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Направление подготовки

Форма обучения

Очная

2020

Рабочая программа дисциплины «Дифференциальные уравнения». Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Нижний Тагил, 2020. – 12 с.

Настоящая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Автор: кандидат педагогических наук, Т. Ю. Паршина
доцент кафедры ЕНФМ

Рецензент: кандидат педагогических наук, Е. В. Вязовова
доцент кафедры ЕНФМ

Программа одобрена на заседании кафедры ЕНФМ. Протокол от 10.04.2020 г. № 7.

Заведующий кафедрой О. В. Полявина

Программа рекомендована к печати методической комиссией факультета естествознания, математики и информатики. Протокол от 17.04.2020 г. № 7.

Председатель методической комиссии В. А. Гордеева

Программа утверждена решением Ученого совета факультета естествознания, математики и информатики. Протокол от 30.04.2020 г. № 8.

Декан Т. В. Жуйкова

Главный специалист отдела информационных ресурсов О. В. Левинских

© Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2020.
© Паршина Тамара Юрьевна, 2020.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Результаты освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы.....	5
4.2. Учебно-тематический план	6
4.3. Содержание дисциплины.....	6
5. Образовательные технологии.....	7
6. Учебно-методические материалы.....	7
6.1. Организация самостоятельной работы студентов	7
6.2. Организация текущего контроля и промежуточной аттестации	10
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	12
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	12

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: формирование и развитие у студентов профессиональных и специальных компетенций на основе обучения фундаментальным понятиям теории дифференциальных уравнений; принципам и подходам качественного исследования задач, формулируемых в виде обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задачи:

1. Сформировать знания студентов о системе основных понятий, относящихся к теории дифференциальных уравнений, об аналитических методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

2. Углубить представления о применении дифференциальных уравнений в математическом моделировании динамических процессов и явлений различной природы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» является частью учебного плана по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профили «Математика» и «Информатика». Дисциплина Б1.О.06.05 «Дифференциальные уравнения» включена в Блок Б.1 «Дисциплины (модули)» и является составной частью раздела «Обязательная часть», модуля Б1.О.06 «Предметно-содержательный модуль». Дисциплина реализуется в НТГСПИ на кафедре естественных наук и физико-математического образования.

Данная дисциплина логически связана с дисциплинами профилей «Математика» и «Информатика» (элементарная математика, теория вероятностей и математическая статистика, общий курс физики), которые изучаются на первом – четвёртом курсах. Дисциплина содержит темы, необходимые для успешного изучения общего курса физики, помогает глубже осваивать темы элементарной математики, касающиеся теории функций.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование и развитие следующих компетенций (таблица № 1):

Таблица № 1

Компетенции и индикаторы достижения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	ОТФ из Проф.стандарта
УК1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК 1.1. Знает основные источники и методы поиска информации, необходимой для решения поставленных задач	
	ИУК 1.2. Умеет осуществлять поиск информации для решения поставленных задач, применять методы критического анализа и синтеза информации	
	ИУК 1.3. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки; отличает факты от мнений, интерпретаций и оценок; применяет методы системного подхода для решения поставленных задач	
ПК7. Способен формировать у обучающихся умения	ИПК 7.1. Знает понятие «модель», виды и свойства моделей; имеет представление о моделировании и его	А. Педагогическая деятельность по проектированию и

процессы окружающей реальности и пользоваться заданной математической или информационной моделью.	основных этапах.	реализации образовательного процесса в образовательных организациях
	ИПК 7.2. Умеет обучать описывать и формализовать предметную область, строить математические и информационные модели процессов окружающей среды, в том числе и с использованием ИКТ.	
	ИПК 7.3. Подготовлен к построению математических моделей в различных предметных областях и реализации их с использованием ИКТ.	
ПК8. Способен формировать у обучающихся конкретные знания, умения и навыки в области математики и информатики.	ИПК 8.1. Знает основные математические понятия и основы теоретической информатики, связи между ними и возможности использования при решении математических задач.	А. Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования. В. Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ
	ИПК 8.2. Умеет решать типовые математические задачи и обучать методам их решения.	
	ИПК 8.3. Умеет решать типовые задачи по информатике и программированию и обучать методам их решения.	
	ИПК 8.4. Подготовлен решать задачи разного уровня сложности по математике и информатике, определяя их место в школьном курсе.	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

31. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

32. Методы интегрирования наиболее часто встречающихся в приложениях обыкновенных дифференциальных уравнений.

Уметь:

У1. Корректно поставить задачу описания математической модели динамического процесса и составить соответствующее дифференциальное уравнение.

У2. Провести качественный анализ простейших типов обыкновенных дифференциальных уравнений, интегрировать типовые дифференциальные уравнения первого и второго порядков.

У3. Решать типовые дифференциальные уравнения.

Владеть:

В1. Навыками решения простых, наиболее часто встречающихся в приложениях, типов обыкновенных дифференциальных уравнений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётных единиц (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице № 2.

Таблица № 2

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	3 курс, 5 семестр
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72
Контактная работа, в том числе:	24
Лекции	10
Практические занятия	14
Самостоятельная работа, в том числе:	39
Изучение теоретического курса	14
Самоподготовка к текущему контролю знаний	13
Выполнение контрольной работы	12
Подготовка к зачёту с оценкой	9

Таблица № 3

4.2. Учебно-тематический план

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего часов	Контактная работа		Сам. работа	Формы текущего контроля успеваемости
		Лекции	Практич. занятия		
3 курс, 5 семестр					
Тема 1. Обыкновенное дифференциальное уравнение.	4	1	1	2	Решение задач у доски. Проверка домашней работы, проверочные работы по теме, мини- зачёты по теории. Выполнение домашней контрольной работы.
Тема 2. Дифференциальные уравнения первого порядка. Задача Коши.	15	2	3	10	
Тема 3. Дифференциальные уравнения высших порядков.	7	1	2	4	
Тема 4. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков.	10	2	2	6	
Тема 5. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения высших порядков.	13	2	2	9	
Тема 6. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.	14	2	4	8	
Подготовка к зачёту	9			9	
Всего за семестр	72	10	14	48	

4.3. Содержание дисциплины Лекционный курс (10 часов)

Лекция 1. Обыкновенное дифференциальное уравнение. (1 час)

Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Геометрический смысл дифференциального уравнения первого порядка. Понятие решения, поле направлений, изоклины, интегральные кривые.

Лекция 2. Дифференциальные уравнения первого порядка. Задача Коши. (2 часа)

Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной. Уравнения с разделяющимися переменными и уравнения, приводимые к ним. Однородные уравнения и уравнения, приводимые к однородным. Линейные уравнения. Принцип суперпозиции. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Необходимое и достаточное условие уравнения в полных дифференциалах. Понятие общего интеграла. Определение и свойства интегрирующего множителя. Постановка задачи Коши. Формулировка теоремы существования и единственности решения задачи Коши для дифференциального уравнения первого порядка. Понятие особой точки, особого решения. Общий метод введения параметра.

Лекция 3. Дифференциальные уравнения высших порядков. (1 час)

Дифференциальные уравнения высшего порядка, разрешенные относительно производной. Виды уравнений, допускающих понижение порядка. Методы решения.

Лекция 4. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. (2 часа)

Линейные уравнения n -го порядка. Свойства решений. Понятие о линейной независимости функций. Необходимое условие линейной независимости функций. Определитель Вронского. Необходимое и достаточное условие независимости n решений однородного линейного уравнения n -го порядка. Структура общего решения линейного однородного дифференциального уравнения n -ого порядка. Понятие о фундаментальной системе решений. Доказательство существования фундаментальной системы решений. Построение общего решения.

Лекция 5. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения высших порядков. (2 часа)

Неоднородное линейное уравнение n -го порядка. Структура общего решения. Метод вариации произвольных постоянных.

Лекция 6. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. (2 часа)

Понятие линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами. Однородные и неоднородные уравнения. Характеристическое уравнение, вид общего решения в зависимости от корней характеристического уравнения. Структура общего решения. Нахождение частного решения неоднородного уравнения методом неопределенных коэффициентов.

5. Образовательные технологии

Процесс обучения дисциплине «Дифференциальные уравнения» рекомендуется строить с опорой на традиционный подход, при котором на лекционных занятиях закладываются основы теоретических знаний по дисциплине, а на практических занятиях ведется работа по усвоению теории и приобретению практических умений и навыков решения типичных задач.

С целью формирования у студентов компетенций, предусмотренных программой, следует применять следующие технологии:

- практикум с использованием практико-ориентированных задач;
- технологию деятельностного подхода;
- обучение в сотрудничестве.

6. Учебно-методические материалы

6.1. Организация самостоятельной работы студентов

Тема 1. Обыкновенное дифференциальное уравнение.

Задание. Повторить основные вопросы теории:

1. Определение дифференциального уравнения, порядка уравнения, общее и частное решение.
2. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям.

Тема 2. Дифференциальные уравнения первого порядка. Задача Коши.

Задание. Повторить основные вопросы теории:

1. Дифференциальное уравнение первого порядка, его вид, общее и частное решение.
2. Виды дифференциальных уравнений 1 порядка и методы решения

Решить задачи.

1. Найти общее решение дифференциального уравнения первого порядка

$$(e^{2x} + 5)dy + ye^{2x}dx = 0, \quad y(4 + e^x)dy - e^x dx = 0, \quad \sqrt{3 + y^2}dx - ydy = x^2 ydy$$

2. Найти общий интеграл дифференциального уравнения первого порядка

$$xy' = \frac{3y^3 + 4x^2y}{2y^2 + 2x^2}, \quad x(2y^2 + x^2)y' = 3y^3 + 2yx^2.$$

3. Найти решение задачи Коши а) $y' - \frac{y}{x+2} = x^2 + 2x, \quad y(-1) = \frac{3}{2};$

$$\text{б) } y' + \frac{y}{x} = \sin x, \quad y(\pi) = \frac{1}{\pi}; \quad \text{в) } y' + y \operatorname{tg} x = \cos^2 x, \quad y\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{1}{2}.$$

Литература для подготовки к практическому занятию:

1. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2012. — 341. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56392>
2. Задачи и упражнения по математическому анализу для вузов [Текст] : [Учеб. пособие] / [Г. С. Бараненков, Б. П. Демидович, В. А. Ефименко и др.]; Под. ред. Б. П. Демидовича. — Москва : Астрель : АСТ, 2003. — 495 с.
3. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа [Текст] : [учеб. для мат. отд-ний вузов : в 2 т.] / Г. М. Фихтенгольц. — Санкт-Петербург : Лань, 2006. — Т. 2. — 463 с

Темы 3, 4, 5. Дифференциальные уравнения высших порядков. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков.

Задание. Повторить основные вопросы теории:

1. Порядок уравнения, виды уравнений, допускающие понижение порядка.
2. Общее и частное решение дифференциального уравнения.

Решить задачи.

1. Найти общее решение дифференциального уравнения $xy''' + 2y'' = 0$, $xy''' - y'' + \frac{1}{x} = 0$, $x^4 y'' + x^3 y' = 1$, $y'' x \ln x = y''$.

2. Найти частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее заданным

$$\text{начальным условиям: а) } 4y^3 y'' = y^2 - 1, \quad y(0) = \sqrt{2}, \quad y'(0) = \frac{1}{2\sqrt{2}};$$

$$\text{б) } y'' = 128y^3, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = 8; \quad \text{в) } y'' + 2 \sin y \cdot \cos^3 y = 0, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 1.$$

Литература для подготовки к практическому занятию:

1. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2012. — 341. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56392>
2. Задачи и упражнения по математическому анализу для вузов [Текст] : [Учеб. пособие] / [Г. С. Бараненков, Б. П. Демидович, В. А. Ефименко и др.]; Под. ред. Б. П. Демидовича. — Москва : Астрель : АСТ, 2003. — 495 с.

3. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа [Текст] : [учеб. для мат. отд-ний вузов : в 2 т.] / Г. М. Фихтенгольц. – Санкт-Петербург : Лань, 2006. – Т. 2. – 463 с

**Тема 6. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.
(2 часа)**

Задание. Повторить основные вопросы теории:

1. Определение первообразной функции, неопределённого интеграла.
2. Свойства неопределённого интеграла.

Решить задачи.

1. Найти общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения

$$y'' + 9y = 6 \cos 3x + 12 \sin 3x, \quad y'' - 12y' + 36y = 14e^{6x}, \quad y'' + 2y' + y = e^{-x}(12x - 10),$$

$$y'' - 2y' + 5y = 10e^{-x} \cdot \cos 2x, \quad y'' + 16y = \frac{16}{\sin 4x}.$$

2. Найти частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее заданным начальным условиям

а) $y'' - 8y' + 7y = 7 + 6xe^x, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = 1;$

б) $y'' + y = 2 \cos x + 4e^{-x}, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = 0.$

Литература для подготовки к практическому занятию:

1. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2012. — 341. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56392>

2. Задачи и упражнения по математическому анализу для вузов [Текст] : [Учеб. пособие] / [Г. С. Бараненков, Б. П. Демидович, В. А. Ефименко и др.]; Под. ред. Б. П. Демидовича. – Москва : Астрель : АСТ, 2003. – 495 с.

3. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа [Текст] : [учеб. для мат. отд-ний вузов : в 2 т.] / Г. М. Фихтенгольц. – Санкт-Петербург : Лань, 2006. – Т. 2. – 463 с

Таблица № 4

Темы занятий	Количество часов			Содержание самостоятельной работы	Формы контроля СРС
	Всего	Аудиторных	Самостоят. т. работы		
Тема 1. Обыкновенное дифференциальное уравнение.	4	2	2	Изучение теории по учебной литературе. Проработка материалов лекции.	Опрос по теории
Тема 2 Дифференциальные уравнения первого порядка. Задача Коши.	15	5	10	Изучение теории по учебной литературе. Проработка материалов лекции. Разбор готовых решений по учебной литературе.	Опрос по теории Решение задач на практическом занятии. Домашняя контрольная работа.
Тема 3. Дифференциальные уравнения высших порядков.	7	3	4	Изучение теории по учебной литературе. Проработка	Опрос по теории

				материалов лекции. Разбор готовых решений по учебной литературе.	
Тема 4. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков.	10	4	6	Изучение теории по учебной литературе. Проработка материалов лекции. Разбор готовых решений по учебной литературе.	Опрос по теории Решение задач на практическом занятии.
Тема 5. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения высших порядков.	13	4	9	Изучение теории по учебной литературе. Проработка материалов лекции. Разбор готовых решений по учебной литературе.	Опрос по теории Домашняя контрольная работа.
Тема 6. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.	14	6	8	Изучение теории по учебной литературе. Проработка материалов лекции. Разбор готовых решений по учебной литературе.	Опрос по теории Решение задач на практическом занятии. Домашняя контрольная работа.
Зачёт с оценкой	9		9	Подготовка к зачёту	Ответ на зачёте
Итого	72	24	48		

6.2. Организация текущего контроля и промежуточной аттестации

Проверка усвоения знаний ведется на практических занятиях в письменной форме (опросы по теории) и устной форме в ходе решения задач у доски. Кроме того, предполагается выполнение индивидуальных домашних контрольных работ.

Промежуточная аттестация по данной дисциплине проводится в форме зачёта с оценкой (5 семестр).

Примерные варианты домашней контрольной работы

1. Найти общее решение дифференциального уравнения первого порядка $\sqrt{4+y^2} \cdot dx - y \cdot dy = x^2 y \cdot dy$.

2. Найти общий интеграл дифференциального уравнения первого порядка $y' = \frac{x+y}{x-y}$.

3. Найти решение задачи Коши $y' + y \cdot \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x, y(0) = 0$.

4. Решить задачу Коши $y^2 dx + (xy - 1) dy = 0, y(1) = e$.
5. Найти общее решение дифференциального уравнения $2xy'' = y''$.
6. Найти общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения:
 - а) $y'' + 2y' + y = 6e^{-x}$;
 - б) $y'' + 2y' + y = 6e^{-x}$.
7. Найти частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее начальным условиям $y'' + 25y = e^x \cdot (\cos 5x - 10 \sin 5x), y(0) = 3, y'(0) = -4$.
8. Записать уравнения кривых, для которых точка пересечения любой касательной с осью OX имеет абсциссу, равную $2/3$ абсциссы точки касания.

Вопросы теории к зачёту

1. Понятие обыкновенного дифференциального уравнения.
2. Дифференциальные уравнения первого порядка.
3. Общее решение дифференциального уравнения первого порядка.
4. Уравнения, разрешимые относительно производной. Поле направлений.
5. Интегральные кривые. Постановка задачи Коши.
6. Формулировка теоремы существования и единственности решения задачи Коши для дифференциального уравнения первого порядка.
7. Дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными, метод его интегрирования. Особые решения.
8. Однородное уравнение первого порядка, метод его решения.
9. Линейное дифференциальное уравнение первого порядка, метод решения.
10. Уравнение в полных дифференциалах, способы его решения.
11. Уравнение Бернулли и метод его решения.
12. Формулировка теоремы существования и единственности решения задачи Коши.
13. Общий вид имеет линейное уравнение n -го порядка. Линейно независимые решения линейного уравнения, фундаментальная система решений. Связь общего решения и фундаментальной системы решений.
14. Общее решение неоднородного линейного уравнения. Теоремы о структуре общего решения линейного однородного и неоднородного дифференциального уравнения.
15. Решение линейных однородных и неоднородных уравнений с постоянными коэффициентами, метод вариации и метод неопределённых коэффициентов.

Примерные задачи для зачёта

Решите уравнения:

1. $\frac{y-x \cdot y'}{x+y \cdot y'} = 2, y(1) = 0$.
2. $(1-y) \cdot e^y \cdot y' + \frac{y^2}{x \cdot \ln x} = 0$.
3. $2y' - \frac{x}{y} = \frac{xy}{x^2 - 1}$.
4. $y'' = y'(1 + (y')^2)$.
5. $y'' + 4y' + 4y = e^{-2x} \cdot \ln x$.
6. $y'' + y' - 2y = 3e^x + 10 \sin 2x, y(0) = \frac{1}{2}, y'(0) = 1$.
7. $y''' - 3y'' = 4e^{2x} + 3x + 2e^{-2x} \sin x$.
8. Найти общее решение дифференциального уравнения первого порядка $x \cdot dx - 3y \cdot dy = 3x^2 y \cdot dy - 2xy^2 \cdot dx$.
9. Найти общий интеграл дифференциального уравнения первого порядка $xy' = \frac{3y^3 + 2yx^2}{2y^2 + x^2}$.

10. Найти решение задачи Коши $y' - \frac{y}{x} = x^2, y(1) = 0$.

$$y^2 \cdot dx + \left(x + e^{\frac{2}{y}} \right) \cdot dy = 0, y(e) = 2$$

11. Решить задачу Коши

12. Найти общее решение дифференциального уравнения $y''' \cdot x \cdot \ln x = y''$.

13. Найти общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения:

а) $y''' + 3y'' + 2y' = 1 - x^2$; б) $y'' - 3y' + 2y = 2 \cos x + x \cdot \sin x$.

14. Найти частное решение дифференциального уравнения, удовлетворяющее начальным условиям $y'' - 6y' + 25y = 9 \sin 4x - 24 \cos 4x, y(0) = 2, y'(0) = -2$.

15. Записать уравнения кривых, для которых сумма катетов треугольника, образованного касательной, перпендикуляром, опущенным из точки касания на ось абсцисс, и осью абсцисс, есть величина постоянная, равная a .

Билет на зачёте содержит один теоретический вопрос и четыре задачи.

За ответ на зачёте ставится оценка:

«отлично», если студент отвечает полностью на все вопросы, и его ответ содержит не более двух недочётов;

«хорошо», если студент отвечает в целом на теоретический вопрос и решает три задачи;

«удовлетворительно», если студент отвечает полностью теорию и решает две задачи;

«неудовлетворительно» – во всех остальных случаях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература

1. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2012. — 341. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56392>

2. Задачи и упражнения по математическому анализу для втузов [Текст] : [Учеб. пособие] / [Г. С. Бараненков, Б. П. Демидович, В. А. Ефименко и др.]; Под. ред. Б. П. Демидовича. – Москва : Астрель : АСТ, 2003. – 495 с.

3. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа [Текст] : [учеб. для мат. отд-ний вузов : в 2 т.] / Г. М. Фихтенгольц. – Санкт-Петербург : Лань, 2006. – Т. 2. – 463 с

Дополнительная литература

1. Берман Г. Н. Сборник задач по курсу математического анализа: Учебное пособие. – СПб: Изд-во "Лань", 2017. – 492с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/89934/#2>

2. Качественные свойства решений дифференциальных уравнений и смежные вопросы спектрального анализа [Электронный ресурс] : научное издание / И.В. Асташова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. — 646 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52616.html>

Сетевые ресурсы

Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета <http://lib.mexmat.ru/books/34>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционная аудитория – 211 А.

2. Доска, мел.

3. Мультимедиа-проектор.