

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям
О.Г. Прохоренко
30 июня 2023 г.
Регистрационный № УД –779/б.

Математический анализ
Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:
6-05-0533-10 Информатика.

6-05-0533-12 Кибербезопасность.

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-12-2023, ОСВО 6-05-0533-10-2023, примерных учебных планов № 6-05-05-021/пр. от 20.12.2022г., № 6-05-05-030/пр. от 30.01.2023г. и учебных планов БГУ № 6-5.3-58/01, № 6-5.3-58/02, № 6-5.3-58/03, № 6-5.3-58/04, № 6-5.3-58/05, № 6-5.3-60/02 от 15.05.2023г.

СОСТАВИТЕЛИ:

М.М. Васьковский, заведующий кафедрой высшей математики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;
С.А. Мазаник, профессор кафедры высшей математики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор,
О.А. Кастрица, доцент кафедры высшей математики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензенты:

Бровка Н.В., профессор кафедры теории функций ММФ БГУ доктор педагогических наук, профессор.
Зенько С.И., доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики Белорусского государственного педагогического университета им. М.Танка, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой высшей математики Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 29.06.2023 г.).

Заведующий кафедрой высшей математики
доктор физико-математических наук,
профессор



М.М. Васьковский

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Математический анализ» разработана в соответствии с образовательными стандартами первой ступени высшего образования и учебным планом специальностей **6-05-0533-10 Информатика, 6-05-0533-12 Кибербезопасность.**

Учебная дисциплина «Математический анализ» знакомит студентов со способами исследования функциональных зависимостей между переменными величинами. Изучаемые методы базируются на использовании предельного перехода, дифференциального и интегрального исчисления.

Основой для изучения математического анализа являются математические дисциплины, изучаемые в средней школе.

Цели и задачи учебной дисциплины

Основные цели изучения дисциплины «Математический анализ»:

- формирование и развитие практико-ориентированной компетентности, позволяющей использовать полученные знания для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;
- формирование логического мышления, позволяющего грамотно анализировать получаемую информацию и делать соответствующие выводы для достижения желаемых результатов;
- овладение методами и средствами приобретения новых знаний, используя современные информационные технологии;
- формирование навыков исследовательской и активной профессиональной деятельности, постановки задач, выработки и принятия решений.

Основные задачи, решаемые при изучении учебной дисциплины «Математический анализ»:

- дать студентам базу, необходимую для усвоения материала дисциплин учебных планов специальностей;
- сформировать составную часть банка знаний, получаемых будущими специалистами в процессе учебы и необходимых им в дальнейшем для успешной работы.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Математический анализ» входит в модуль «Математический анализ» государственного компонента специальностей **6-05-0533-10 Информатика, 6-05-0533-12 Кибербезопасность.**

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

«Математический анализ» используется при изучении учебных дисциплин «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Функциональный анализ»,

«Методы оптимизации», «Дифференциальные уравнения в частных производных и их приложения», «Численные методы».

При изложении дисциплины важно показать возможности использования аппарата анализа при решении прикладных задач, возникающих в различных областях науки, техники, экономики и др. Целесообразно выделить моменты построения математических моделей естественных процессов с целью их последующего изучения методами дифференциального и интегрального исчисления, а также обратить внимание на алгоритмические аспекты получаемых результатов.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины должно обеспечить формирование **базовых профессиональных компетенций**

– студентами специальности **6-05-0533-10 Информатика**

БПК-1. Решать математические задачи и строить логические цепочки утверждений.

БПК-2. Применять основы дифференциального и интегрального исчисления, демонстрировать способность применения математического анализа к исследованию алгоритмов.

– студентами специальности **6-05-0533-12 Кибербезопасность**

БПК-1. Решать математические задачи и строить логические цепочки утверждений.

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;

УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные понятия математического анализа;
- методы исследования функций одной и нескольких переменных с использованием аппарата дифференциального исчисления;
- принципы построения и использования интеграла при решении задач математики и прикладных задач;

уметь:

- дифференцировать функции одной и нескольких переменных;
- находить первообразные, вычислять кратные, криволинейные, поверхностные интегралы;

владеть:

- основным аппаратом математического анализа;
- навыками исследования функциональных зависимостей методами математического анализа;
- навыками построения математических моделей естественных процессов.
- способами использования аппарата дифференциального и интегрального исчисления при проведении математических исследований.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 – 3 семестрах.

Всего на изучение учебной дисциплины «Математический анализ» для специальностей **6-05-0533-10 Информатика, 6-05-0533-12 Кибербезопасность** отведено:

– всего 648 часов, аудиторных – 340 часов.

Из них:

– в первом семестре для изучения дисциплины предусмотрено 132 аудиторных часа, в том числе: лекции – 66 часов, практические занятия – 60 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

– во втором семестре предусмотрено 136 аудиторных часов, в том числе: лекции – 68 часов, практические занятия – 60 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов.

– в третьем семестре предусмотрено 72 учебных часа, в том числе лекции – 36 часов, практические занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 18 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации – зачет в 1 и 2 семестрах, экзамен в каждом семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Функции одной действительной переменной

Тема 1.1. Введение

Историческое развитие математического анализа, его место среди других математических наук и в естествознании. Дифференциальное и интегральное исчисление как основа математического анализа функциональных зависимостей.

Тема 1.2. Числа, числовые множества и числовые последовательности

Действительные числа. Критерий различия действительных чисел. Числовые множества. Отображения. Счетные и несчетные множества. Перестановки и сочетания. Формула Ньютона. Границы числовых множеств. Теорема о гранях.

Числовые последовательности. Бесконечно малые последовательности. Сходящиеся последовательности, их свойства. Сходимость монотонных последовательностей. Число “ e ”. Принцип выбора Больцано-Вейерштрасса. Фундаментальные последовательности. Критерий Коши сходимости числовой последовательности.

Тема 1.3. Предел функции. Непрерывность

Функция одной переменной. Предел функции в точке. Критерий Гейне. Критерий Коши существования конечного предела функции. Односторонние пределы. Бесконечные пределы и пределы на бесконечности.

Непрерывность функции в точке. Односторонняя непрерывность. Классификация точек разрыва. Непрерывность монотонной функции. Непрерывность обратной функции и композиции функций. Непрерывность элементарных функций. Замечательные пределы. Сравнение функций. O -символика. Локальные свойства непрерывных функций. Функции, непрерывные на множестве. Достижение непрерывной на отрезке функцией своих экстремальных значений (теорема Вейерштрасса). Равномерная непрерывность функций. Теорема Кантора.

Тема 1.4. Дифференцируемость функции

Дифференцируемость функции в точке. Производная. Геометрический и механический смысл производной. Правила дифференцирования. Производная обратной функции. Производная композиции функций. Производные основных элементарных функций. Дифференциал функции. Инвариантность формы первого дифференциала.

Использование производной и дифференциала в приближенных вычислениях.

Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Лейбница. Дифференцирование функций, заданных неявно и параметрически.

Формула Тейлора. Различные способы представления остаточного члена. Разложение основных элементарных функций по формуле Тейлора. Ряд Тейлора. Формулы Эйлера.

Тема 1.5. Исследование функций

Стационарные точки функции. Теоремы Ферма, Ролля. Формула конечных приращений (теорема Лагранжа). Теорема Коши. Правила Лопиталья раскрытия неопределенностей.

Монотонные дифференцируемые функции. Экстремумы. Необходимое условие экстремума. Исследование критических точек. Глобальный экстремум. Выпуклость функций. Асимптоты. Построение эскиза графика функций.

Тема 1.6. Первообразная и неопределенный интеграл

Первообразная. Неопределенный интеграл. Первообразные основных элементарных функций. Замена переменных в неопределенном интеграле. Интегрирование по частям. Неберущиеся интегралы. Существование элементарных первообразных у рациональных функций. Методы рационализации.

Тема 1.7. Определенный интеграл

Определенный интеграл Римана. Критерий Коши интегрируемости функции. Интегрируемость непрерывной функции. Интегральное колебание. Необходимые и достаточные условия Дарбу интегрируемости в смысле Римана. Основные свойства определенного интеграла. Классы интегрируемых функций. Интеграл с переменным верхним пределом. Теорема Барроу. Формула Ньютона-Лейбница. Основные приемы вычисления определенного интеграла.

Понятие о других способах построения интеграла.

Приложения интеграла. Длина дуги, площадь фигуры, объем тела, использование интегралов для их вычисления. Приложения интегралов в механике, физике, экономике и др.

Раздел 2. Функции нескольких действительных переменных

Тема 2.1. Функции n переменных

Пространство \mathbf{R}^n . Сходящиеся последовательности в \mathbf{R}^n . Принцип выбора. Критерий Коши сходимости последовательности в \mathbf{R}^n .

Функции нескольких переменных. Предел. Повторные пределы. Непрерывность. Непрерывность по одной из переменных. Локальные свойства непрерывных функций. Непрерывность на множестве. Равномерная непрерывность.

Дифференцируемость в точке функции нескольких переменных. Частные производные. Условия дифференцируемости. Дифференциал. Дифференцирование композиции функций нескольких переменных. Инвариантность формы первого дифференциала.

Производные и дифференциалы высших порядков. Условия равенства смешанных производных. Оператор дифференцирования. Формула Тейлора. Теорема о неявной функции.

Векторные функции n переменных. Непрерывность. Дифференцируемость. Производное отображение. Матрица Якоби. Дифференциал. Дифференцирование композиции. Теорема о неявной векторной функции. Зависимость функций.

Экстремум функции нескольких переменных. Необходимые условия. Исследование стационарных точек. Условный экстремум. Функция Лагранжа. Глобальный экстремум.

Тема 2.2. Кратные интегралы

Интеграл Римана функции двух и трех переменных. Критерии Коши и Дарбу интегрируемости. Основные свойства интеграла. Классы интегрируемых функций. Замена переменных в кратных интегралах. Использование полярных, цилиндрических и сферических координат при вычислении интегралов.

Использование кратных интегралов при решении геометрических, физических и других прикладных задач.

Тема 2.3. Элементы дифференциальной геометрии

Кривые на плоскости и в пространстве. Векторное задание кривой. Трехгранник Френе. Кривизна и кручение. Поверхности. Векторное задание поверхности. Первая квадратичная форма поверхности. Касательная плоскость и нормаль. Односторонние и двусторонние поверхности. Понятие многообразия.

Тема 2.4. Криволинейные интегралы

Криволинейные интегралы первого и второго рода. Формула Грина. Условия Эйлера. Использование формулы Ньютона-Лейбница для вычисления криволинейных интегралов.

Тема 2.5. Поверхностные интегралы

Поверхностные интегралы первого и второго рода. Формула Стокса. Формула Остроградского.

Использование криволинейных и поверхностных интегралов при решении прикладных задач.

Раздел 3. Интегралы, зависящие от параметра

Тема 3.1. Сходимость функции к пределу на множестве.

Предел функции на множестве. Предельная функция. Равномерная сходимость на множестве. Критерий Коши равномерной сходимости. Теорема Дини. Повторный предельный переход. Теорема Стокса-Зейделя о непрерывности предельной функции.

Тема 3.2. Интеграл, зависящий от параметра

Функция, определяемая как интеграл, зависящий от параметра (ИЗОП). Переход к пределу в ИЗОП. Непрерывность ИЗОП, Дифференцирование ИЗОП. Интегрирование ИЗОП. ИЗОП с переменными пределами интегрирования.

Раздел 4. Числовые ряды

Тема 4.1. Числовые ряды

Числовой ряд. Сходимость ряда. Необходимое условие сходимости. Критерий Коши сходимости ряда. Положительные ряды. Сходимость положительных рядов.

Тема 4.2. Признаки сходимости числовых рядов

Признаки сравнения. Признаки Коши, Даламбера, интегральный, Гаусса и др. Знакопеременные ряды. Признаки Лейбница, Дирихле и Абеля. Абсолютная сходимость.

Тема 4.3. Действия над числовыми рядами

Перестановка членов ряда. Группировка членов ряда. Произведение рядов. Двойные и повторные ряды.

Понятие о других способах суммирования рядов.

Раздел 5. Функциональные последовательности и ряды

Тема 5.1. Функциональные последовательности

Сходимость функциональных последовательностей. Предельная функция. Равномерная сходимость. Критерий Коши равномерной сходимости функциональной последовательности. Супремальный критерий равномерной сходимости.

Тема 5.2. Функциональные ряды

Множество сходимости функционального ряда. Функция, определяемая как сумма ряда. Равномерная сходимость функционального ряда. Признаки Вейерштрасса, Дирихле и Абеля равномерной сходимости функциональных рядов.

Тема 5.3. Свойства суммы функционального ряда и предельной функции последовательности

Предельный переход в рядах. Непрерывность суммы ряда и предельной функции последовательности. Теорема Дини. Почленное дифференцирование и интегрирование рядов и последовательностей.

Тема 5.4. Степенные ряды

Степенной ряд. Теорема Абеля. Множество сходимости степенного ряда. Радиус сходимости. Свойства суммы степенного ряда. Представление функций степенными рядами. Ряд Тейлора. Степенные ряды с комплексной переменной.

Основные степенные разложения и их приложения.

Раздел 6. Несобственные интегралы

Тема 6.1. Несобственный интеграл первого рода

Несобственные интегралы по неограниченному промежутку (НИ-1). Вычисление НИ-1. Сходимость НИ-1. Критерий Коши сходимости НИ-1.

Критерий сходимости НИ-1 от положительной функции. Признаки сравнения для НИ-1. Степенной признак сходимости НИ-1.

НИ-1 от произвольных функций. Признаки Дирихле и Абеля. Абсолютная сходимость. Главное значение несобственного интеграла первого рода.

Тема 6.2. Несобственный интеграл второго рода

Несобственные интегралы от неограниченной функции (НИ-2). Вычисление НИ-2. Сходимость НИ-2. Критерий Коши сходимости НИ-2. Степенной признак сходимости НИ-2. Абсолютная сходимость НИ-2. Главное значение несобственного интеграла второго рода.

Несобственные интегралы смешанного типа.

Тема 6.3. Несобственные интегралы, зависящие от параметра (НИЗОП)

Множество сходимости. Равномерная сходимость НИЗОП-1. Критерий Коши равномерной сходимости НИЗОП-1. Признаки равномерной сходимости НИЗОП-1: признак Вейерштрасса, степенной признак, признак Дирихле, признак Абеля.

Предельный переход в НИЗОП-1. Непрерывность НИЗОП-1. Дифференцирование НИЗОП-1. Интегрирование НИЗОП-1. Несобственный интеграл второго рода, зависящий от параметра (НИЗОП-2).

Определение НИЗОП-2. Сходимость и равномерная сходимость НИЗОП-2. Признаки равномерной сходимости НИЗОП-2. Свойства функции, определяемой как НИЗОП-2: предельный переход, непрерывность, дифференцирование, интегрирование.

Несобственные интегралы смешанного типа, зависящие от параметра.

Тема 6.4. В-функция и Г-функция Эйлера. Интеграл Эйлера. В-функция Эйлера. Г-функция Эйлера. Основные свойства функций Эйлера.

Тема 8.2. Именные интегралы. Интеграл Эйлера – Пуассона. Интеграл Дирихле. Интегралы Лапласа. Другие именные интегралы.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия		
I семестр					
Раздел 1. Функции одной действительной переменной					
1.1	Введение.	2			
1.2	Числа, числовые множества и числовые последовательности.	8	12		Отчеты по практическим заданиям. Контрольная работа №1.
1.3	Предел функции. Непрерывность.	8	6	2	Отчеты по практическим заданиям
1.4	Дифференцируемость функции.	10	10		Отчеты по практическим заданиям. Собеседование. Контрольная работа №2.

1.5	Исследование функций.	20	20	2	Отчеты по практическим заданиям. Коллоквиум. Контрольная работа №3.
1.6	Первообразная и неопределенный интеграл.	8	8		Отчеты по практическим заданиям
1.7	Определенный интеграл.	10	4	2	Отчеты по практическим заданиям. Собеседование. Контрольная работа №4 .
II семестр					
Раздел 2. Функции нескольких действительных переменных					
2.1	Функции n переменных.	22	20	2	Отчеты по практическим заданиям. Собеседование. Контрольная работа №5.
2.2	Кратные интегралы.	12	12	2	Отчеты по практическим заданиям. Учебная дискуссия Коллоквиум.

2.3	Элементы дифференциальной геометрии.	4	2		Отчеты по практическим заданиям. Контрольная работа №6.
2.4	Криволинейные интегралы.	8	6		Отчеты по практическим заданиям. Учебная дискуссия.
2.5	Поверхностные интегралы.	6	6	2	Отчеты по практическим заданиям. Контрольная работа №7.
Раздел 3. Интегралы, зависящие от параметра					
3.1	Сходимость функции к пределу на множестве	2	2		Отчеты по практическим заданиям. Учебная дискуссия
3.2	Интеграл, зависящий от параметра	2	2		Отчеты по практическим заданиям. Учебная дискуссия
Раздел 4. Числовые ряды					

4.1	Числовой ряд. Принципы сходимости	4	2		Собеседование. Отчеты по практическим заданиям. Коллоквиум.
4.2	Признаки сходимости положительных рядов.	4	4	2	Собеседование. Отчеты по практическим заданиям.
4.3	Знакопеременные ряды	2	2		Собеседование. Отчеты по практическим заданиям
4.3	Действия над числовыми рядами.	2	2		Отчеты по практическим заданиям. Контрольная работа №8
III семестр					
Раздел 5. Функциональные последовательности и ряды					
5.1	Функциональные последовательности	2	2		Отчеты по практическим заданиям

5.2	Функциональный ряд	4	6		Отчеты по практическим заданиям
5.3	Свойства суммы функционального ряда	4	2	2	Отчеты по практическим заданиям
5.4	Степенные ряды	6	4		Отчеты по практическим заданиям Собеседование. Контрольная работа № 9
Раздел 6. Несобственные интегралы					
6.1	Несобственный интеграл первого рода (НИ-1)	4	4		Собеседование. Отчеты по практическим заданиям.
6.2	Несобственный интеграл второго рода (НИ-2)	2	4		Собеседование. Отчеты по практическим заданиям.
6.3	Несобственные интегралы, зависящие от параметра (НИЗОП)	6	4	2	Отчеты по практическим заданиям.

6.4	Именные интегралы	8	4	2	Отчеты по практическим заданиям Контрольная работа № 10.
-----	-------------------	---	---	---	--

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Леваков, А. А. Математический анализ : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим специальностям / А. А. Леваков ; БГУ. - Минск : БГУ, 2014. - 383 с. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/113453>.

2. Кастрица, О. А. Математический анализ. Краткий курс : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по спец. "Прикладная информатика" / О. А. Кастрица, С. А. Мазаник ; БГУ. - Минск : БГУ, 2017. - 299 с. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/192957>.

3. Альсевич, Л. А. Математический анализ. Последовательности. Функции. Интегралы: практикум: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим, физическим и экономическим специальностям / Л. А. Альсевич, С. Г. Красовский. - Минск: Вышэйшая школа, 2021. - 471 с.

4. Альсевич, Л. А. Математический анализ. Последовательности и функции. Практикум : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по математическим спец. / Л. А. Альсевич, С. Г. Красовский, А. Ф. Наумович. - Минск : Вышэйшая школа, 2019. - 327 с.

5. Бровка, Н. В. Практикум по математическому анализу: учебное пособие для студ. учреждений высшего образования по математическим специальностям: в 3 ч. / Н. В. Бровка, А. В. Ляцкая, А. П. Карпова; БГУ. - Минск: БГУ, 2023. - Ч. 1. - 2023. - 455 с. - URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/303294>.

6. Математический анализ. Ряды и несобственные интегралы : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по физ., мат. и экон. спец. / [авт.: О. А. Кастрица]. - Минск : Вышэйшая школа, 2015. - 389 с.

7. Демидович, Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу: учебное пособие [для студентов физических и механико-математических специальностей вузов] / Б. П. Демидович. - Изд. 24-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. - 623 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/332675>.

Дополнительная литература

8. Богданов, Ю.С. Математический анализ : Учеб. пособие для студ. физ.-мат. спец. вузов / Ю.С. Богданов, О.А. Кастрица, Ю.Б. Сыроид. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 351 с.

9. Богданов, Ю. С. Лекции по математическому анализу : учеб. пособие для студ. физ. -мат. спец. вузов. Ч. 1 / Ю. С. Богданов. - Минск : Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1974. - 176с.
10. Богданов, Ю. С. Лекции по математическому анализу : учеб. пособие для студ. физ.-мат. спец. вузов. Ч. 2 / Ю. С. Богданов. - Минск : Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1978. - 182 с.
11. Ильин, В. А. Математический анализ : учебник : в 2 ч. Ч. 1 / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Бл. Х. Сендов ; под ред. А. Н. Тихонова ; МГУ им. М. В. Ломоносова . - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Проспект, 2004. - 660 с.
12. Ильин, В. А. Математический анализ : учебник : в 2 ч. Ч. 2 / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Бл. Х. Сендов ; под ред. А. Н. Тихонова ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Проспект, 2004. - 357 с.
13. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: учебник [для вузов]: в 3 т. / Г. М. Фихтенгольц. - Изд. 17-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2023 -Т. 1. - 2023. - 607 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/284078>.
14. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: учебник: в 3 т. / Г. М. Фихтенгольц. - Изд. 16-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. -Т. 2. - 2022. - 800 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/199928>.
15. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: учебник [для вузов] / Г. М. Фихтенгольц. - Изд. 13-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. - Т. 3. - 2022. - 656 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/221270>.
16. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физика" и "Прикладная математика" / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. - Изд. 4-е, стер. - Москва : Наука, 1979. - 319 с.
17. Богданов, Ю. С. Начала анализа в задачах и упражнениях : учеб. пособие для студ. мат. спец. ун-тов / Ю. С. Богданов, О. А. Кастрица. - Минск : Высшэйшая школа, 1988. - 172 с.
18. Альсевич, Л. А. Определенный интеграл : учеб. материалы для студ. факультета прикладной математики и информатики / Л. А. Альсевич, С. Г. Красовский, А. Ф. Наумович ; БГУ, Факультет прикладной математики и информатики, Каф. высшей математики. - Минск : БГУ, 2018. - 63 с. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/208972>.
19. Электронный учебно-методический комплекс «Высшая математика». Государственный регистр информационных ресурсов. Регистрационное свидетельство №1271101243 от 29 апреля 2011 г. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/8436> – Дата доступа: 03.05.2018.
20. Математический анализ: электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 03 04 «Информатика». В 3 ч. Ч. 1 / С.А. Мазаник, О.А. Кастрица; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики,

Каф. высшей математики. – Минск: БГУ, 2020. – 75 с. – Библиогр.: с. 67–69.
Деп. в БГУ 30.06.2020. №007230062020.

<https://elib.bsu.by/handle/123456789/244693>.

21. Математический анализ: электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 03 04 «Информатика». В 3 ч. Ч. 2 / С.А. Мазаник, О.А. Кастрица; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. высшей математики. – Минск: БГУ, 2020. – 76 с.: ил. – Библиогр.: с. 67–69., Деп. в БГУ 14.12.2020. №014614122020.

<https://elib.bsu.by/handle/123456789/252752>.

22. Математический анализ: электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 03 04 «Информатика». В 3 ч. Ч. 3 / С.А. Мазаник, О.А. Кастрица; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. высшей математики. – Минск: БГУ, 2021. – 105 с.: ил. – Библиогр.: с. 94–97. №003405042021, Деп. в БГУ 05.04.2021.

<https://elib.bsu.by/handle/123456789/257817>.

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г. «Об утверждении Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования»; Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете (приказ ректора БГУ № 189-ОД от 31.03.2020).

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным и конечным требованиям образовательной программы используются оценочные средства, включающие следующие формы:

Устные формы:

– собеседование.

Письменные формы:

– коллоквиум;

– контрольная работа;

– отчеты по практическим заданиям.

Устно-письменные формы:

– зачет;

– экзамен по учебной дисциплине.

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Математический анализ» предусматривается изложение теории с включением проблемного подхода к изучению отдельных тем. Обращается внимание на алгоритмические аспекты получаемых результатов.

Методика формирования итоговой оценки

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Математический анализ» учебным планом предусмотрен зачет и экзамен в каждом семестре. Зачет в 1 и 2 семестре, экзамен в 1,2,3 семестре.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

формирование оценки за текущую успеваемость:

- отчеты по практическим заданиям – 40 %;
- оценки за выполнение всех контрольных работ – 60 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки текущей успеваемости составляет 40 %, вес экзаменационной оценки составляет 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.3. *Предел функции. Непрерывность.* (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М. 1990 г. Отдел I, §5.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 1.5. *Исследование функций.* (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М.1990 г. Отдел II, §11 - 12.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 1.7. *Определенный интеграл* (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М. 1990 г. Отдел IV, §6-10.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 2.1. *Функции n переменных* (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М. 1990 г. Отдел VI, §2,6,7.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 2.2. Кратные интегралы (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М. 1990 г. Отдел VIII, §1-4, §6,7.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 2.5. Поверхностные интегралы (2 ч.)

Решение задач из задачника: Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М. 1990 г. Отдел VIII, §14,15.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 4.2. Признаки сходимости числовых рядов (2 ч.)

Решение задач из пособия: Кастрица, О.А. Ряды и несобственные интегралы: учеб. пособие / О.А. Кастрица, С.А.Мазаник, А.Ф.Наумович, Н.Ф. Наумович – Мн.: Вышэйш. шк., 2015 г. Глава 1, п.1.1.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 5.3. Свойства суммы функционального ряда (2 ч.)

Решение задач из пособия: Кастрица, О.А. Ряды и несобственные интегралы: учеб. пособие / О.А. Кастрица, С.А.Мазаник, А.Ф.Наумович, Н.Ф. Наумович – Мн.: Вышэйш. шк., 2015 г. Глава 1, п.2.2.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 6.3. Равномерная сходимость НИЗОП (2ч.)

Решение задач из пособия: Кастрица, О.А. Ряды и несобственные интегралы: учеб. пособие / О.А. Кастрица, С.А.Мазаник, А.Ф.Наумович, Н.Ф. Наумович – Мн.: Вышэйш. шк., 2015 г. Глава 5, п.5.3.2, 5.3.3, 5.4.2, 5.4.3.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Тема 6.4. Вычисление НИЗОП (2ч.)

Решение задач из пособия: Кастрица, О.А. Ряды и несобственные интегралы: учеб. пособие / О.А. Кастрица, С.А.Мазаник, А.Ф.Наумович, Н.Ф. Наумович – Мн.: Вышэйш. шк., 2015 г. Глава 6.

Форма контроля - отчет о выполнении практических заданий.

Описание инновационных подходов и методов преподавания учебной дисциплины

При организации образовательного процесса рекомендуется использовать перечисленные ниже методы.

Метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Метод группового обучения, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения возможности самостоятельной работы при изучении теории и выполнении практических заданий рекомендуется использовать изданные учебные пособия и методические разработки кафедры, большая часть которых размещена в электронной библиотеке университета.

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Вопросы

для подготовки к экзамену
1-й курс, осенний семестр

1. Числа (натуральные, целые, рациональные, действительные). Критерий равенства и критерий различия действительных чисел.
2. Перестановки и сочетания. Формула Ньютона.
3. Границы и грани числовых множеств. Теорема о гранях.
4. Бесконечно малые последовательности. М-лемма. Свойства бмп.
5. Сходящиеся последовательности, их свойства.
6. Монотонные последовательности. Критерий сходимости монотонной последовательности. Число e .
7. Выбор монотонной подпоследовательности. Принцип выбора.
8. Фундаментальные последовательности. Критерий Коши.
9. Предел функции в точке. Критерий Гейне. $\lim_{x \rightarrow 0} \sin \frac{1}{x}$.
10. Односторонние пределы. Пределы на бесконечности. Бесконечные пределы.
11. Непрерывность функции в точке, на множестве. Непрерывность композиции.
12. Точки разрыва. Классификация точек разрыва.
13. Сравнение функций. Примеры. Критерий эквивалентности функций. Основные эквивалентности. Использование эквивалентности при вычислении пределов.
14. Теоремы о локальных свойствах непрерывных функций.
15. Теоремы о промежуточном значении. Теорема Вейерштрасса.

16. Равномерная непрерывность функции на множестве. Теорема Кантора.
17. Замечательные пределы. Использование их при вычислении предела функции.
18. Равномерная непрерывность. Теорема Кантора.
19. Дифференцируемость функции. Дифференциал. Производная. Геометрический и экономический смысл производной.
20. Производные порядка n основных элементарных функций. Формула Лейбница.
21. Дифференцируемость композиции.
22. Дифференцирование функций, заданных параметрически или неявно.
23. Дифференциал функции. Старшие дифференциалы. Инвариантность формы первого дифференциала. Формула Лейбница для дифференциала.
24. Стационарные точки функции. Теоремы Ферма и Ролля.
25. Критерий постоянства дифференцируемой функции. Теорема Коши об отношении конечных приращений.
26. Теорема Лагранжа. Формула конечных приращений.
27. Правила Лопиталья. Раскрытие неопределенностей разных типов.
28. Переразложение многочлена по степеням $(x - a)$. Теорема о задании многочлена. Критерий кратности корня. Формула Тейлора для многочлена.
29. Многочлен Тейлора для функции, его основное свойство. Формула Тейлора.
30. Остаточный член формулы Тейлора. Теорема о представлении остаточного члена. Формулы Коши для остаточного члена.
31. Формулы Лагранжа и Пеано для остаточного члена.
32. Формула Тейлора для e^x , $\sin x$, $\cos x$, $\ln(1+x)$, $(1+x)^\mu$. Оценка остаточных членов.
33. Использование формулы Тейлора для приближенных вычислений и при вычислении пределов.
34. Числовой ряд. Сходимость ряда. Сумма ряда. Ряд Тейлора.
35. Степенной ряд. Разложение функции в степенной ряд. Единственность разложения. Критерий разложимости.
36. Разложение в степенной ряд функций e^x , $\sin x$, $\cos x$, $\ln(1+x)$, $(1+x)^\mu$. На каких множествах справедливы эти разложения?
37. Экспонента комплексного аргумента. Формулы Эйлера.
38. Монотонность функции. Критерии монотонности и строгой монотонности.
39. Локальный экстремум. Необходимое условие. Первое и Второе Правила исследования стационарных точек.
40. Третье Правило исследования стационарных точек. Острый экстремум. Глобальный экстремум.

41. Выпуклость функции. Расположение графика относительно хорды. Теорема о производной выпуклой функции.
42. Выпуклость функции. Расположение графика относительно касательной. Использование второй производной. Экономический смысл выпуклости.
43. Точки перегиба. Необходимое условие перегиба. Достаточные условия.
44. Асимптоты. Примеры. Асимптоты функции, заданной параметрически.
45. План комплексного исследования функции и построения графика.
46. Первообразная. Неопределенный интеграл. Свойства неопределенного интеграла. Не берущиеся интегралы.
47. Замена переменной в неопределенном интеграле. Примеры. Формула линейной подстановки.
48. Интегрирование по частям. Вычисление $\int \frac{dx}{(a^2 + x^2)^n}$.
49. Многочлены. Деление с остатком. Корни многочлена. Основная теорема алгебры. Теорема о разложении многочлена на неприводимые множители.
50. Рациональные функции. Теорема о разложении рациональной функции на сумму простейших.
51. Метод неопределенных коэффициентов и его использование для разложения рациональных функций.
52. Интегрирование рациональных функций.
53. Рациональные функции двух переменных. Вычисление $\int R\left(x, \sqrt[m]{\frac{\alpha x + \beta}{\gamma x + \delta}}\right) dx$.
54. Вычисление $\int R(x, \sqrt{ax^2 + bx + c}) dx$. Подстановки Эйлера. Использование выделения полного квадрата.
55. Интегрирование биномиального дифференциала.
56. Интегрирование рационально-тригонометрических функций.
57. Интегральное разбиение. Интегральные суммы. Определенный интеграл. Ограниченность интегрируемой функции.
58. Критерий Коши интегрируемости функции.
59. σ – лемма. Интегрируемость непрерывной функции.
60. Интегральное колебание функции на множестве. Необходимое условие Дарбу интегрируемости функции. Формулировка Критерия Дарбу.
61. Ω – лемма. Достаточное условие Дарбу интегрируемости функции. Критерий Дарбу.
62. Классы интегрируемых функций.
63. Сохранение интегрируемости при изменении значения функции в одной точке. Интегрируемость функции, заданной на интервале.

64. Линейность интеграла. Монотонность интеграла. Критерий равенства нулю интеграла от непрерывной функции.
65. Аддитивность интеграла. Оценки интеграла. Теоремы о среднем.
66. Непрерывность интеграла с переменным верхним пределом. Теорема Барроу. Формула Ньютона – Лейбница.
67. Замена переменной в определенном интеграле. Интегрирование по частям.
68. Несобственные интегралы.
69. Площадь фигуры. Геометрический смысл интеграла. Площадь криволинейного сектора.
70. Объем тела. Вычисление объема через площади поперечных сечений.
71. Длина кривой. Вычисление длины. Дифференциал дуги.
72. Статические моменты системы точек, прямоугольника, криволинейной трапеции. Центр тяжести системы материальных точек. Центр тяжести криволинейной трапеции.

Вопросы

для подготовки к экзамену
1-й курс, весенний семестр.

1. Пространство \mathbf{R}^n . Расстояние в \mathbf{R}^n .
2. Последовательности в \mathbf{R}^n . Сходимость. Основной критерий сходимости.
3. Функции n переменных (ф. n п.). Предел. Критерий Гейне.
4. Непрерывность ф. n п. Непрерывность композиции.
5. Основные теоремы о свойствах непрерывных ф. n п.
6. Равномерная непрерывность ф. n п. Теорема Кантора.
7. Дифференцируемость ф. n п. Частные производные.
8. Необходимые условия дифференцируемости. Достаточные условия дифференцируемости.
9. Дифференцируемость композиции. Вычисление производных сложной функции.
10. Производные старших порядков. Теорема Шварца.
11. Дифференциалы. Оператор d . Примеры использования.
12. Формула Тейлора. Примеры.
13. Функции $f : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m$. Предел. Критерии сходимости.
14. Дифференцируемость функции $f : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m$. Производное отображение. Матрица Якоби.
15. Дифференциал функции $f : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m$.
16. Структура матрицы Якоби. Производная и матрица Якоби композиции функций.
17. Теорема о неявной функции.
18. Дифференцирование неявной функции.

19. Неявные векторные функции. Теорема о неявной векторной функции. Алгоритм дифференцирования.
20. Задача о локальном экстремуме. Необходимые условия. Достаточные условия для f . 2 п. Примеры.
21. Достаточные условия локального экстремума f, n п.
22. Зависимость функций. Признак независимости. Признак зависимости.
23. Условный экстремум. Функция Лагранжа.
24. Алгоритм решения задачи на условный экстремум. Глобальный экстремум.
25. Квадратичные формы. Знакоопределенные квадратичные формы. Критерий Сильвестра.
26. 2И. Необходимое условие существования. Критерий Коши.
27. Δ -лемма. Интегрируемость непрерывной f . 2 п.
28. Сведение 2И к повторным. Алгоритм расстановки пределов.
29. Приложения 2И. Вычисление площади, массы, статических моментов, центров тяжести.
30. Интегральное колебание f . 2 п. Необходимое условие Дарбу интегрируемости f . 2 п. Достаточные условия Дарбу.
31. Классы интегрируемых f . 2 п.
32. Свойства 2И.
33. Замена переменных в 2И.
34. Переход к полярным координатам. Алгоритм расстановки пределов в полярных координатах.
35. 3И. Критерии Коши и Дарбу для 3И. Свойства 3И.
36. Сведение 3И к повторным. Алгоритм расстановки пределов.
37. Замена переменных в 3И. Использование сферических и цилиндрических координат.
38. Огибающая семейства плоских кривых. Дискриминантная кривая.
39. КрИ-1. Определение. Геометрический и механический смысл КрИ-1.
40. Вычисление КрИ-1.
41. КрИ-2. Физический смысл КрИ-2. Связь с КрИ-1.
42. Вычисление КрИ-2. Свойства КрИ-2.
43. Формула Грина.
44. Основная теорема о КрИ.
45. Вычисление первообразной для $Pdx + Qdy$. Формула Ньютона – Лейбница для КрИ.
46. Поверхности в \mathbf{R}^3 . Координатные кривые. Касательная плоскость. Вычисление вектора нормали. Односторонние и двухсторонние поверхности.
47. Первая квадратичная форма поверхности. Площадь поверхности. Вычисление площади поверхности.
48. ПовИ-1. Вычисление ПовИ-1.
49. Свойства ПовИ-1. Приложение ПовИ-1.
50. ПовИ-2. Связь с ПовИ-1.
51. ПовИ-2, вычисление ds . Связь ПовИ-2 с 2И.

52. Формула Остроградского. Построение формул для вычисления объема.
53. Связь КрИ с ПовИ. Формула Стокса.
54. Основная теорема о КрИ в \mathbf{R}^3 . Вычисление первообразной для $Pdx+Qdy+Rdz$.
55. Числовой ряд. Сходимость. Сумма. Необходимое условие сходимости. Критерий Коши.
56. Положительные ряды. Критерий сходимости положительного ряда. Геометрический и гармонический ряды.
57. Признаки сравнения.
58. Признаки Коши и Даламбера.
59. Интегральный признак. Обобщенный гармонический ряд. Степенной признак.
60. Признаки Дюамеля и Гаусса.
61. Формула Валлиса.
62. Формула Стирлинга.
63. Знакопеременные ряды. Признак Лейбница.
64. Преобразование Абеля. Лемма Абеля.
65. Признак Дирихле. Признак Абеля.
66. Абсолютная и условная сходимость ряда. Сходимость абсолютно сходящегося ряда. Критерий абсолютной сходимости. Необходимое условие условной сходимости.
67. Линейная комбинация рядов. Группировка в рядах.
68. Перестановка членов ряда. Теоремы о допустимости перестановки. Теорема Римана.
69. Перемножение рядов. Теорема Коши.
70. Перемножение рядов по правилу Коши. Теорема Мертенса. Пример расходимости произведения сходящихся рядов.
71. Бесконечные произведения. Остаток. Необходимое условие сходимости. Связь бесконечных произведений с рядами.
72. Абсолютная сходимость бесконечного произведения. Признак сходимости.
73. Обобщенное суммирование рядов. Необходимое условие сходимости ряда по методу Чезаро. Теорема о регулярности метода Чезаро.

Вопросы

для подготовки к экзамену
2-й курс, осенний семестр.

1. Функциональные последовательности. Сходимость. Равномерная сходимость. Критерий Коши. Пример последовательности, сходящейся неравномерно.
2. Функциональные ряды. Сходимость. Равномерная сходимость. Критерий Коши. Принцип переноса результатов.
3. Мажоранта. Признак Вейерштрасса для рядов.
4. Супремальный критерий равномерной сходимости последовательности.

5. Признаки Дирихле и Абеля равномерной сходимости рядов.
6. Почленный предельный переход в рядах и последовательностях.
7. Теорема Стокса-Зейделя. Примеры. Теорема Дини.
8. Почленное интегрирование рядов и последовательностей.
9. Почленное дифференцирование рядов и последовательностей.
10. Использование локальной равномерной сходимости.
11. Степенной ряд. Теорема Абеля.
12. Радиус и промежуток сходимости степенного ряда.
13. Равномерная сходимость степенного ряда. Теорема Абеля о равномерной сходимости.
14. Свойства суммы степенного ряда.
15. Разложение функции в степенной ряд. Условия и критерий разложимости.
16. Основные разложения в степенной ряд. Примеры использования основных разложений для разложения более сложных функций.
17. Использование степенных рядов для решения дифф. уравнений.
18. НИ-1. Сходимость. Примеры. Несобственная двойная подстановка. Критерий Коши сходимости НИ-1.
19. Свойства НИ-1. Аналогии с рядами.
20. НИ-1 от положительной функции. Основной критерий сходимости. Признаки сравнения.
21. Признаки Дирихле сходимости НИ-1.
22. Признак Абеля сходимости НИ-1.
23. НИ-2. Несобственная двойная подстановка. Критерий Коши. Свойства.
24. Признаки сходимости НИ-2 от положительной функции.
25. Вычисление НИ. Замена переменных и интегрирование по частям..
26. Абсолютная сходимость НИ. НИ смешанного типа. Главное значение НИ-1, НИ-2.
27. Вычисление $v.p. \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x}{(x-\alpha)^2 + \beta^2} dx$ и $v.p. \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x}{x-\alpha+i\beta} dx$.
28. Вычисление $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^{2m}}{1+x^{2n}} dx$.
29. Предел и равномерный предел функции $f(x, y)$ при $y \rightarrow y_0$. Критерий Коши.
30. Равномерный предел функции $f(x, y)$ при $y \rightarrow y_0$. Супремальный критерий.
31. Равномерный предел функции $f(x, y)$ при $y \rightarrow y_0$. Теорема для функции, непрерывной на замкнутом прямоугольнике.
32. Определение равномерного предела функции. Теорема Стокса – Зейделя о непрерывности предельной функции.
33. ИЗОП. Определение. Примеры. Теорема о предельном переходе в ИЗОП.

34. Дифференцирование ИЗОП. Случай, когда пределы интеграла зависят от параметра. Интегрирование ИЗОП.
35. НИЗОП-1. Сходимость. Равномерная сходимость на множестве.
36. Критерий Коши равномерной сходимости НИЗОП-1. Признак Вейерштрасса.
37. Признаки Дирихле и Абеля равномерной сходимости НИЗОП-1.
38. Теорема о предельном переходе в НИЗОП.
39. Равномерная сходимость НИЗОП-1. Непрерывность НИЗОП-1.
40. Интегрирование НИЗОП-1. НИ от НИЗОП.
41. Теорема о дифференцировании НИЗОП-1.
42. Использование локальной равномерной сходимости. Пример использования дифференцирования по параметру для вычисления НИЗОП-1.
43. НИЗОП-2. Равномерная сходимость. Критерий Коши. Локальная равномерная сходимость.
44. Равномерная сходимость НИЗОП-2. Теоремы о непрерывности и дифференцируемости НИЗОП-2.
45. Интеграл Эйлера $E(p) = \int_0^{+\infty} \frac{x^{p-1}}{1+x} dx$. Сходимость. Локальная равномерная сходимость. Непрерывность.
46. Вычисление $E(p) = \int_0^{+\infty} \frac{x^{p-1}}{1+x} dx$.
47. Функция $B(a,b)$ Эйлера. Сходимость. Симметричность функции $B(a,b)$.
48. Функция $B(a,b)$. Формулы понижения. Второе представление функции $B(a,b)$.
49. Формула дополнения для функции $B(a,b)$.
50. Функция $\Gamma(a)$ Эйлера. Непрерывность, дифференцируемость.
51. Формулы понижения. График функции $\Gamma(a)$.
52. Связь функций B и Γ . Формула дополнения для Γ -функции.
53. Интеграл Пуассона.
54. Интеграл Дирихле.
55. Интегралы Лапласа.
56. Интегралы Фруллани.

Иллюстрировать ответы на вопросы примерами.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Методы оптимизации	Кафедра методов оптимального управления	Нет	Изменения не требуются (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)

Функциональный анализ	Кафедра компьютерных технологий и систем	Нет	Изменения не требуются (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)
Дифференциальные уравнения в частных производных и их приложения	Кафедра компьютерных технологий и систем	Нет	Изменения не требуются (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)
Теория вероятностей и математическая статистика	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	Нет	Изменения не требуются (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)
Численные методы	Кафедра вычислительной математики	Нет	Изменения не требуются (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры высшей математики (протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)

Заведующий кафедрой
доктор физ.-матем. наук,
(ученая степень, звание)

(подпись)

М.М. Васьковский
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФПМИ
кандидат физ.-матем. наук,
(ученая степень, звание)

(подпись)

Ю.Л. Орлович
(И.О.Фамилия)