

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дагестанский государственный педагогический
университет»

Кафедра высшей математики



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. ДВ. 03 ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВЫБОРУ 3

Б1.В.ДВ.03.02. Уравнения математической физики

Направление подготовки - 44.03.05 Педагогическое образование

Направленность (профиль) – «Физика» и «Математика»

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения – очная, заочная

| Форма обучения | Се-местр | Трудо-емкость | Виды учебной работы | | | | | СРС | |
|----------------|----------|---------------|---------------------|----------------|----------------|--------------------------|----|-------|--|
| | | | Лек-ции | Практ. занятия | Лабор. занятия | Проме-жуточный кон-троль | | | |
| очная | 7 | 72 | 16 | 16 | | | 40 | зачет | |
| заочная | 7 | 72 | 4 | 4 | | | 64 | зачет | |

Махачкала, 2022

Автор рабочей программы дисциплины (модуля):

профессор кафедры высшей математики, к.ф.-м.н., Гаджимурадов М.А.

Программа утверждена на заседаниях:

кафедры высшей математики (*протокол № 2 от «7» сентября 2022 г.*)

Зав. кафедрой: Гаджимурадов М.А. к.ф.м.н., проф



(подпись)

Учёного совета института физико-математического и информационно-технологического образования (*протокол № 1 от «29» сентября 2022 г.*)

Председатель: Бакмаев А.Ш., к.п.н., доцент



(ФИО, ученое звание)

(подпись)

учебно-методического совета ДГПУ (*протокол №1 от «20» октября 2022 г.*)

Председатель УМС: Дибиров И.А.



(подпись)

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью освоения дисциплины «Уравнение математической физики» являются формирование систематических знаний в области уравнений математической физики, о его месте и роли в системе математических наук, приложениях в естественных науках.

| Код компетенции | Содержание компетенции | Индикаторы достижения компетенций |
|-----------------|--|--|
| УК-1 | Владение основными положениями классических разделов математической науки, базовыми идеями и методами математики, системой основных математических структур и аксиоматическим методом. | УК-1.1. Демонстрирует знание особенностей логического мышления, аргументированно формирует собственное суждение и оценку информации, принимает обоснованное решение. УК-1.2. Применяет логические формы и процедуры, способен к рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности. УК-1.3. Анализирует источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений. |
| ПК-1 | Способность понимать универсальный характер законов логики математических рассуждений, их применимость в различных областях человеческой деятельности, роль и место математики в системе наук, значение математической науки для решения задач, возникающих в теории и практике. Способен провести анализ и геометрическую интерпретацию формулировок и теорем и применять их при решении различных задач. | ПК-1.1. Применяет основные алгоритмы дисциплины во всех разделах математического знания. ПК-1.2. Владеет навыками математического моделирования при решении практических задач. ПК-1.3 Умеет доказывать изученные теоремы дисциплины, Умеет анализировать пройденный курс. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина **Б1.В.ДВ.03.02. Уравнения математической физики** относится к дисциплине по выбору учебного плана (основной профессиональной образовательной программы) подготовки бакалавров по направлению 44.03.05 Педагогическое образование.

Дисциплина **Б1.В.ДВ.03.02. Уравнения математической физики** базируется на компетенциях, знаниях и умениях, сформированных в ходе изучения дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные уравнение».

Компетенции сформированные в процессе изучения дисциплины необходимы для освоения содержания дисциплин «Теория функций действительного переменного», «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математической статистики», «Дифференциальная геометрия», «Курсы по выбору», выполнения заданий (учебной, производственной практик, научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций выпускника: УК-1, ПК-1.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

| Код компетенции | Знает | Умеет | Владеет |
|---|--|--|--|
| УК-1 -Владеет основными положениями классических разделов математической науки, базовыми идеями и методами математики, системой основных математических структур и аксиоматическим методом. | - классические теоремы математического анализа, аксиоматическую теорию действительных чисел; методологические основы математических дисциплин. | - выбирать методы конструирования доказательства теорем и решения задач; оперативно использовать теоретические знания при решении задач исследовательского характера | - навыками поиска решения теоретических и прикладных задач на основе базовых идей и методов математики, системой основных математических структур. |
| ПК – 1 – Способен понимать универсальный характер законов логики математических рассуждений, их применимость в различных областях человеческой деятельности, роль и место математики в системе наук, значение математической науки для решения задач, возникающих в теории и практике, | -универсальный характер законов логики математических рассуждений; технологии построения математических рассуждений в процессе анализа математических понятий, поиска и доказательства теорем. | - использовать основные методы математических рассуждений в теоретических исследованиях и для решения практических задач; анализировать и творчески применять математические методы в научных исследованиях. | - навыками использования законов логики математических рассуждений в других областях человеческой деятельности; современными технологиями обновления и применения профессиональных знаний. |

| | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|
| общекультурное значение математики. | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа). Дисциплина изучается в 7 семестре.

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | |
|---|--------------|---------------------|--|
| | час. | В т.ч. по семестрам | |
| | | 7 | |
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 72 | 72 | |
| 1. Контактная работа: | | | |
| лекции (общее кол-во часов, включая практическую подготовку) | 16 | 16 | |
| практические занятия, семинары и пр. (общее кол-во часов, включая практическую подготовку) | 16 | 16 | |
| лабораторные занятия (общее кол-во часов / включая практическую подготовку) | | | |
| курсовое проектирование | | | |
| групповые, индивидуальные консультации и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем | | | |
| 2. Объем самостоятельной работы обучающихся (СРС) | 40 | 40 | |
| в том числе часов, выделенных на подготовку к экзамену (зачету) | | | |
| Вид промежуточного контроля: | | | |

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | |
|---|--------------|---------------------|--|
| | час. | В т.ч. по семестрам | |
| | | 7 | |
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 72 | 72 | |
| 1. Контактная работа: | | | |
| лекции (общее кол-во часов, включая практическую подготовку) | 4 | 4 | |
| практические занятия, семинары и пр. (общее кол-во часов, включая практическую подготовку) | 4 | 4 | |
| лабораторные занятия (общее кол-во часов / включая практическую подготовку) | | | |
| курсовое проектирование | | | |
| групповые, индивидуальные консультации и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем | | | |
| 2. Объем самостоятельной работы обучающихся (СРС) | 64 | 64 | |
| в том числе часов, выделенных на подготовку к | | | |

| Вид учебной работы | Трудоёмкость | | |
|------------------------------|--------------|---------------------|--|
| | час. | В т.ч. по семестрам | |
| | | 7 | |
| экзамену (зачету) | | | |
| Вид промежуточного контроля: | | зачет | |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины (модуля) | Общая трудоёмкость в акад. часах | Трудоёмкость по видам учебных занятий (в акад. часах) | | | |
|-------|--|----------------------------------|---|----------------|--------------|-----------|
| | | | Лек/ пр.подг. | Лаб / пр.подг. | Пр/ пр.подг. | СР |
| 1 | «Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений». | 32 | 6 | | 6 | 20 |
| 2 | | | | | | |
| 3 | «Основы теории классических уравнений математической физики» | 40 | 10 | | 10 | 20 |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| | <i>Курсовое проектирование</i> | <i>X</i> | | | | - |
| | <i>Консультация к экзамену</i> | <i>X</i> | | | | - |
| | <i>Подготовка к экзамену (зачету)</i> | <i>X</i> | | | | X |
| | Итого: | 72 | 16 | | 16 | 40 |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины (модуля) | Общая трудоёмкость в акад. часах | Трудоёмкость по видам учебных занятий (в акад. часах) | | | |
|-------|--|----------------------------------|---|----------------|--------------|----|
| | | | Лек/ пр.подг. | Лаб / пр.подг. | Пр/ пр.подг. | СР |
| 1 | «Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений». | 32 | 6 | | 6 | 20 |
| 2 | | | | | | |
| 3 | «Основы теории классических уравнений математической физики» | 40 | 10 | | 10 | 20 |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| | <i>Курсовое проектирование</i> | <i>X</i> | | | | - |
| | <i>Консультация к экзамену</i> | <i>X</i> | | | | - |
| | <i>Подготовка к экзамену (зачету)</i> | <i>X</i> | | | | X |

| | | | | | |
|--------|----|----|--|----|----|
| Итого: | 72 | 16 | | 16 | 40 |
|--------|----|----|--|----|----|

5.1. Содержание разделов дисциплины (модуля)

5. Содержание (дидактика) дисциплины.

Раздел 1. «Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений».

- 1.1 Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка.
- 1.2 Уравнения с разделенными и разделяющими переменными. Линейное ОДУ – 1 и его решение. ОДУ – 1 в полных дифференциалах и его решение.
- 1.3 Линейные однородные уравнения, линейные неоднородные уравнения (метод Бернулли, метод Лагранжа).
- 1.4 Линейные уравнения 2 – го порядка. (ЛОДУ – 2) структура их общего решения .
- 1.5 ЛОДУ – 2 с постоянными коэффициентами и методы их решения. ЛНДУ – 2 с постоянными коэффициентами.
- 1.6 Краевая задача для ЛОДУ – 2. Задача Штурма – Лиувилля, собственные значения, собственные функции. Ряды Фурье по собственным функциям.
- 1.7 Линейные дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка (ЛУЧП – 2) с двумя независимыми переменными их простейшие виды. Понятие характеристическое уравнение, характеристики. Классификация (ЛУЧП – 2), канонические формы записи, схема приведения ЛУЧП – 2 к каноническому виду.

Раздел 2. «Основы теории классических уравнений математической физики»

- 2.1 Уравнение Даламбера и его общее решение..
- 2.2 Первая и вторая краевые задачи Дарбу, их решение и корректность.
- 2.3 Смешанная краевая задача (СКЗ) для однородного уравнения Даламбера, единственность его решения.
- 2.4 Уравнения Фурье.
- 2.5 Решение СКЗ для уравнения Фурье методом Фурье.
- 2.6 Уравнения Лапласа.
- 2.7 Основные свойства гармонической функции.
- 2.8 Принцип экстремума гармонической функции.
- 2.9 Решение задачи Дирихле для круга методом Фурье.
Представления решения задач Дирихле и Неймана с помощью функции Грина

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Вид самостоятельной работы обучающихся |
|-------|--|---|
| 1 | Последовательности точек в n -мерном пространстве. | Конспектирование учебной, научной и периодической литературы. |
| 2 | Свойства функций, непрерывных на замкнутых множества. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературы). |
| 3 | Касательная плоскость и нормаль к поверхности. | Подготовка сообщений к практическим занятиям, к участию в тематических дискуссиях. |
| 4 | Условный экстремум. Метод Лагранжа. | Поиск научных публикаций и электронных источников информации, подготовки заключения по обзору информации. |
| 5 | Неявные функции, определяемые системой уравнений. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературы). |
| 6 | Восстановление функции по её полному дифференциалу. | Конспектирование учебной, научной и периодической литературы. |
| 7 | Достаточные признаки сходимости положительных рядов: признаки Рабе, Куммера, Бертрона. | Выполнение лабораторных, контрольных работ. |
| 8 | О перестановке членов в числовых рядах. | Решение практических и ситуационных задач. |
| 9 | Умножение абсолютно сходящихся рядов. | Поиск научных публикаций и электронных источников информации, подготовки заключения по обзору информации. |
| 10 | Некоторые косвенные формы разложения функций в степенные ряды. | Выполнение лабораторных, контрольных работ. |
| 11 | Вычисление определенных интегралов с помощью степенных рядов. | Решение практических и ситуационных задач. |
| 12 | Сходимость в среднем. Неравенство Бесселя и равенство Парсевала. | Конспектирование учебной, научной и периодической литературы. |

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины (модуля) | Средства текущего контроля успеваемости | Перечень компетенций |
|-------|---|---|----------------------|
| 1 | Функции многих переменных | Найти области определения функций: $z = \frac{2x + y}{x - y};$ а) $z = \arcsin \frac{x}{x + y}.$ б) | УК-1, ПК-1 |

| | | | |
|---|--|--|---------------|
| 2 | Предел функции двух переменных. | <p>Вычислить двойные и повторные пределы функций в указанных точках, если они существуют:</p> $z = \frac{xy}{1 - \sqrt{xy + 1}} \text{ в точке } (0; 0);$ $z = \frac{xy}{x^2 + y^2} \text{ в точке } (\infty; \infty).$ | УК-1, ПК-1 |
| 3 | Дифференциальное исчисление функций многих переменных. | <p>1) Найти полные дифференциалы первого и второго порядков функции $z = \operatorname{tg}(x^2 - y)$.</p> <p>2) Вычислить приближенное значение выражения $\sqrt{4,05^2 + 3,07^2}$.</p> <p>3) Найти производную первого порядка неявной функции $y(x)$, заданной уравнением $y^x - x^y = 2$.</p> <p>4) Найти производную функции $z = \ln(x^2 + y^2)$ в точке $A(3; 4)$ в направлении точки $B(1; 3)$.</p> <p>5) Исследовать на локальный экстремум функцию $z = 4x + 2y - x^2 - y^2$.</p> | УК-1, ПК-1 |
| 4 | Интегральное исчисление функций многих переменных. | <p>1) Вычислить двойной интеграл $\iint_D \sin(x + y) dx dy$, где область D ограничена линиями $x = 0, y = x, 0 = \frac{\pi}{2}$.</p> <p>2) Вычислить в полярных координатах двойной интеграл $\iint_D \sqrt{1 - x^2 - y^2} dx dy$, где область D ограничена окружностью $x^2 + y^2 = 1$.</p> <p>3) Вычислить площадь плоской фигуры, ограниченной линиями $y = \sqrt{x}, x = 4, y = 0$.</p> <p>4) Вычислить тройной интеграл $\iiint_T (xy + z) dx dy dz$, где область T ограничена поверхностями $x = 0, x = 1, y = 0, y = 2, z = 0, z = 3$.</p> | УК-1, ПК-1 |

| | | | |
|---|----------------|--|----------------|
| | | <p>5) Вычислить криволинейный интеграл по координатам: $\int_L ydx + 2xdy,$ L – дуга параболы $y=x^3$ от точки $A(0, 0)$ до точки $B(2, 8)$.</p> <p>6) Показать, что интеграл $\oint_C (3x^2y + 2y^3)dx + (x^3 + 6xy^2)dy$ по любому замкнутому контуру C, содержащемуся в односвязной области D, равен нулю.</p> | |
| 5 | Числовые ряды. | <p>1) Исходя из определения, исследовать сходимость ряда $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{(n-1)(n+2)}.$</p> <p>2) По необходимому признаку исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (-2)^n.$</p> <p>3) Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n^2 - 3}$ по первому признаку сравнения.</p> <p>4) Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2 + 2}{n^6 + 1}$ по второму признаку сравнения.</p> <p>5) Исследовать сходимость рядов, используя признаки сходимости Даламбера или Коши:</p> <p>а) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^n}{2^n(n+1)};$</p> <p>б) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{2n+1}{3n-1} \right)^n.$</p> <p>6) Исследовать на абсолютную и условную сходимость ряды:</p> <p>а) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n}{n^2};$</p> <p>б) $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{n+1}{n(2^n + 3)}.$</p> | УК-1, ПК-1, |

| | | | |
|---|---|---|-------|
| 6 | Функциональные последовательности и ряды. | <p>1) Найти область сходимости и предельную функцию функциональной последовательности</p> $f_n(x) = \frac{nx}{nx^2 + 1}.$ <p>2) Найти области сходимости функциональных рядов:</p> <p>а) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^{n \cos x}}$; б) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x}{3x + 5^n}$.</p> <p>3) Доказать, что ряды сходятся равномерно в указанных промежутках:</p> <p>а) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin nx}{n^2}$, $(-\infty, +\infty)$;</p> <p>б) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n\sqrt{n}}$, $[-1, 1]$.</p> | ПК-1, |
| 7 | Степенные ряды. | <p>1) Найти области сходимости степенных рядов:</p> <p>а) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n!)^2 x^n}{(2n)!}$; б) $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n+1}{n}\right)^n x^{2n}$.</p> <p>2) Разложить функции в степенные ряды по степеням x, используя известные разложения элементарных функций. Найти радиус сходимости полученного ряда:</p> <p>а) $f(x) = x^2 e^{-2x}$;</p> <p>б) $f(x) = \frac{1}{x^2 + 5x - 6}$.</p> <p>3) Разложить в ряд Фурье функцию</p> $f(x) = \begin{cases} -x, & -\pi < x < 0, \\ \frac{x^2}{\pi}, & 0 \leq x < \pi. \end{cases}$ | ПК-1, |

7.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Семестр – 4; форма аттестации – зачет.
2. Семестр- 5; форма аттестации—экзамен.

Варианты контрольных работ

Тема: « Дифференциальные уравнения n – го порядка»

Контрольная работа № 1

1. Найдите общее решение ОДУ – 1 :

I. $y' = \frac{x-2}{x^3};$

II. $y' = xe^{-x^2};$

I. $yy' = 2y - x;$

II. $y' = \frac{y}{x} - \frac{x}{y};$

I. $y' + xy = 4x;$

II. $y' + xy = \sin x;$

2. Найдите общее решение ОДУ – 2:

I. $y'' + 4y' + 13y = \sin x;$

II. $y'' - 2y' - 3y = e^{4x};$

3. Найдите решение задачи Коши :

I. $(1-x)y' - y = 0, \quad y(0) = 1;$

II. $y' = \frac{y^2}{x^2} - \frac{y}{x}, \quad y(-1) = 1;$

I. $y'' - 9y' = 2 - x, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 1;$ II. $y'' + 4y = 2\cos 2x, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 4.$

Тема: «уравнение математической физики».

Контрольная работа № 2

Структура и содержание дисциплины «Уравнения математической физики» таковы, что проверить знания и усвоение материала с помощью тестирования с указанием вариантов ответа невозможно, хотя бы потому, что студент имеет возможность проверить правильный ответ непосредственной подстановкой в исходные данные задачи.

Поэтому предлагается тестовые домашние контрольные работы, требующие решения задач и примеров, используя при этом теоретический материал и демонстрируя ее понимание и усвоение.

Тест №1

1. Привести к каноническому виду уравнение $U_{xx} + 2U_{xy} - 3U_{yy} = 0.$

2. Найти решение уравнения $U_{xy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, x) = x^2$; $(U_x - U_y)|_{y=x} = 0$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = \cos x$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.
4. Найти экстремум гармонической функции $U(x, y) = xy$ в круге $x^2 + y^2 \leq 1$, исходя из принципа экстремума.

Тест №2

1. Привести к каноническому виду уравнение $U_{xx} + 4U_{xy} + 5U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xx} - U_{yy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, 0) = 3x^2$; $U_y(x, 0) = 0$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = x$, используя известную формулу решения задачи Коши.
4. Сформулировать задачу Дирихле для прямоугольной области $a \leq x \leq b$, $c \leq y \leq d$ и найти ее решение методом Фурье.

Тест №3

1. Привести к каноническому виду уравнение $U_{xx} - 2U_{xy} + U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, x) = 0$; $(U_x - U_y)|_{y=x} = x^2$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = \sin x$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.
4. Выписать уравнения Лапласа $U_{xx} + U_{yy} = 0$ в полярной системе координат и найти его фундаментальное решение.

Тест №4

1. Привести к каноническому виду уравнение $U_{xx} + 2U_{xy} + U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, -x) = 0$;
 $(U_x + U_y)|_{y=-x} = x^2$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = x^2$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.
4. Дать определение гармонической функции и привести примеры для одномерного, двумерного, трехмерного уравнения Лапласа.

Тест №5

1. Привести к каноническому виду уравнение $U_{xx} + 2U_{xy} + 5U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xy} - U_{yy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, 0) = 0$;
 $U_y(x, 0) = 3x^2$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = 3x + 1$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.
4. Сформулировать задачи Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа $U_{xx} + U_{yy} = 0$ в круге $x^2 + y^2 = 1$ и проверить условие разрешимости задачи Неймана для конкретной функции.

Тест №6

1. Привести к каноническому виду уравнение $2U_{xx} + 3U_{xy} + U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xy} - U_{yy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, 0) = x$;
 $U_y(x, 0) = x^2$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = 2x^2 + 1$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.

4. Показать, что функция $U(x, y) = \ln \sqrt{x^2 + y^2}$ гармоническая всюду в плоскости, за исключением начало координат.

Тест №7

1. Привести к каноническому виду уравнение $2U_{xx} - 5U_{xy} + 3U_{yy} = 0$.
2. Найти решение уравнения $U_{xy} = 0$, удовлетворяющее условиям Коши $U(x, -x) = x^2$; $(U_x + U_y)|_{y=-x} = 0$.
3. Решить задачу Коши: $U_t - U_{xx} = 0$, $U(x, 0) = 4x + 5$, исходя из формулы решения задачи в общем случае.
4. Показать, что функция $U(x, y, z) = \frac{1}{r}$, где $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ удовлетворяет уравнению Лапласа $U_{xx} + U_{yy} + U_{zz} = 0$ везде где $r \neq 0$.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Программа минимума примеров и задач для практических занятий курса.

1. Найти решение ОДУ – 1: 1) $xy' + y = x^3$, 2) $x(1 + y) + yy'(1 + x) = 0$, 3) $y'tg = y$, 4) $(1 + x^2)dy - xydx = 0$, 5) $y' \sin x = y \ln y$, 6) $(1 + e^x)yy' = e^x$, 7) $y' + x^2 y = x^2$, 8) $(x^3 + 3xy^2)dx + (y^3 + 3x^2 y)dy = 0$, 9) $y' + y \cos x = \sin x \cos x$, 10) $ye^{2x} dx + (1 + e^{2x})dy = 0$, 11) $y' + 3y = e^{2x}$.
2. Выписать любое линейное алгебраическое уравнение, составить линейное ОДУ – 1, для которого выбранное алгебраическое уравнение является характеристическим и найти его решение с помощью решения алгебраического уравнения.
Например: $5k + 6 = 0$, $5y' + 6y = 0$, $y = ce^{-\frac{6}{5}x}$.
3. Выписать любые три однородные уравнения из п.1 в дифференциальной форме и проверить являются ли они уравнениями в полных дифференциалах.

Например: 1) $xy' + y = x^3$; **2)** $x dy + y dx = x^3 dx$; **3)** $x dy + (y - x^3) dx = 0$;

$$M(x, y) = y - x^3; N(x, y) = x; \frac{\partial M}{\partial y} = 1; \frac{\partial N}{\partial x} = 1.$$

4. Выписать любые три дифференцируемые функции двух независимых переменных, приравнять их первые дифференциалы нулю, найти решение полученных ОДУ – 1, как уравнений в полных дифференциалах.

Например: $U = x \sin(x^2 - y)$, $U_x = \sin(x^2 - y) + x 2x \cos(x^2 - y)$; $U_y = x \cos(x^2 - y)$.

$$[\sin(x^2 - y) + x 2x \cos(x^2 - y)] dx + x \cos(x^2 - y) dy = 0. \text{ Решение: } x \sin(x^2 - y) = const.$$

Далее проверить по формуле $U(x, y) = \int_{x_0}^x M(t, y) dt + \int_{y_0}^y N(x_0, t) dt$

5. Выписать любые три квадратных уравнения, один из которых имеет два различных действительных корня, другой – два комплексных корня, третье – один кратный корень. По этим уравнениям составить ОДУ – 2 с постоянными коэффициентами, для которых они являются характеристическими и найти их общее решение.

Например: 1) $k^2 + 5k + 6 = 0 \leftrightarrow y'' + 5y' + 6y = 0$;

2) $k^2 + k + 1 = 0 \leftrightarrow y'' + y' + y = 0$; **3)** $k^2 + 2k + 1 = 0 \leftrightarrow y'' + 2y' + y = 0$.

Решение: 1) $y = C_1 e^{-2x} + C_2 e^{-3x}$; **2)** $y = e^{-\frac{1}{2}x} \left(C_1 \cos \frac{\sqrt{3}}{2} x + C_2 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} x \right)$;

3) $y = (C_1 x + C_2) e^{-x}$.

6. Для составленных по п.5 ОДУ – 2 рассмотреть неоднородные случаи, когда правые части уравнения $f(x)$ заданные конкретные функции, например $y'' + 5y' + 6y = x^2$. Найти решение этих нелинейных уравнений методом Лагранжа.

7. Составить ЛУЧП – 2, для которых выбранные в п.5 квадратные уравнения являются характеристическими. Найти характеристики этих уравнений и путем замены переменных привести их каноническим видам записи.

8. Найти решения задачи Коши, Дарбу, Гурса соответственно с начально – краевыми условиями $U(x, 0) = f(x)$, $U_y(x, 0) = f(x)$; $U(x, 0) = f(x)$, $U_y(x, -x) = f(x)$;

$U(x, x) = f(x)$, $U_y(x, -x) = f(x)$. Рассмотреть случаи

$$f(x) = x; \quad f(x) = x^2; \quad f(x) = \sin x; \quad f(x) = \cos x; \quad f(x) = e^x - 1; \quad f(x) = \operatorname{tg} x;$$

$f(x) = \ln x$. Осуществить проверку правильности полученного решения в случае корректности постановки и поправить краевые условия так, чтобы были соблюдены условия согласования, в случае некорректности постановки.

9. Найти решение задачи Коши для уравнения Фурье по заданному начальному условию $U(x, 0) = f(x)$, для случаев $f(x) = x$; $f(x) = x^2$; $f(x) = \sin x$; $f(x) = \cos x$.

10. Выписать в виде суммы ряда решение СКЗ для уравнения Даламбера с нулевыми краевыми условиями и начальными условиями

$$U(x, 0) = \tau(x), \quad U_y(x, 0) = \nu(x), \quad 0 \leq x \leq \pi \text{ когда } \tau(x) = x; \quad \nu(x) = x; \quad \tau(x) = \sin x;$$

$$\nu(x) = \cos x.$$

11. Непосредственным вычислением показать, что функция гармонична (негармонична) при $U(x, y) = xy$, $U(x, y) = x^2 + y^2$, $U(x, y) = x^2 - y^2$, $U(x, y) = chx + chy$.

12. Проверить гармоничность функций

$$U(x, y) = \cos x \sin y; \quad U(x, y) = \cos x \cos y; \quad U(x, y) = chxshy; \quad U(x, y) = \ln \sqrt{x^2 + y^2};$$

$$U(x, y) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}; \quad U(x, y) = \ln \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \quad U(x, y) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}.$$

13. Проверить свойства гармонических функций $\int_{\Gamma} \frac{\partial U}{\partial n} ds = 0$;

$$U(x_0, y_0) = \frac{1}{2\pi R} \int_{\Gamma_K} U(x, y) ds, \quad \Gamma_K: (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2 \text{ и принцип}$$

экстремума в круге $x^2 + y^2 = 1$ для функций $U(x, y) = xy$; $U(x, y) = x^2 - y^2$.

14. С помощью ряда Фурье или интеграла Пуассона найти гармоническую в круге $x^2 + y^2 \leq 1$ функцию на границе $\Gamma: x^2 + y^2 = 1$, удовлетворяющую условию Дирихле $U|_{\Gamma} = \sin 2\varphi$;

$$U|_{\Gamma} = \cos 2\varphi.$$

15. Построить функцию Грина для полуплоскости и выписать с ее помощью решение задачи Дирихле с краевым условием $U(x, y) = x^2$.

7.3 Перечень компетенций и индикаторов их достижения, описание критериев оценивания компетенций представляются в таблице

| Код компетенции, индикаторы достижения компетенции | Уровни освоения компетенций | | | |
|--|---|---|---|--|
| | Продвинутый | Базовый | Пороговый | Не освоены компетенции |
| | «отлично» | «хорошо» | «удовлетворительно» | «неудовлетворительно» ¹ |
| | «зачтено» | | | «не зачтено» |
| УК-1, | Свободно отвечает на вопросы, свободно решает задачи, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение. | Знает учебный материал. Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами | Знает основной материал, но допускает неточности, При выполнении практических заданий допускает ошибки. | Не знает учебный материал. Не умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий. |

| | | | | |
|---------|--|---|--|--|
| | | <p>выполнения практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. показывает должный уровень сформированности компетенций.</p> | | |
| УК -1.1 | <p>Владеет навыками поиска решения теоретических и прикладных задач на основе базовых идей и методов математики; системой основных математических структур..</p> | <p>Умеет использовать основные методы математических рассуждений в теоретических исследованиях и для решения практических задач; анализировать и творчески применять математические методы в научных исследованиях.</p> | <p>Знает классические теоремы математического анализа, аксиоматические методы построения теорий действительных чисел; методологические основы математических дисциплин, но допускает ошибки.</p> | <p>Не знает учебный материал. Не умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий</p> |

| | | | | |
|---------|---|---|---|---|
| ПК-1.1. | Знает глубоко и прочно учебный материал. Владеет различными навыками и приемами выполнения практических заданий, показывает должный уровень сформированности компетенций. | Умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий, но затрудняется с применением знаний, связанных с новыми нестандартными задачами. показывает должный уровень сформированности компетенций. | Знает основной материал, но допускает неточности. При выполнении практических заданий допускает ошибки | Не знает учебный материал. Не умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий |
| ПК -1.2 | Владеет навыками поиска решения теоретических и прикладных задач на основе базовых идей и методов математики, системой основных математических структур. | Умеет использовать основные методы математических рассуждений в теоретических исследованиях и для решения | Знает основной материал, универсальный характер законов логики математических рассуждений, но не понимает технологии построения математических рассуждений в процессе анализа математических понятий, поиска и доказательства теорем. | Не знает учебный материал. Не умеет правильно применить теорию при выполнении практических заданий, владеет необходимыми приемами выполнения практических заданий |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | практических задач, но не умеет анализировать и творчески применять математические методы в научных исследованиях. | | |
|--|--|--|--|--|

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Перечень основной учебной литературы

1. 1. Васильева А.Б, Медведев Г.Н., Тихонов Н.А., Уразгильдина Т.А. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах: Учебное пособие 3-е изд-е изд-во «Лань», 2010-432с.
2. Запорожец Г.И. 3.33 Руководство к решению задач по математическому анализу: Учебное пособие 7-е изд. Изд-во «Лань», 2010.-464с.
3. Павленко, А. Н. Уравнения математической физики: учебное пособие / А. Н. Павленко, О. А. Пихтилькова. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/30134.html>
4. Пичугин, Б. Ю. Уравнения математической физики: курс лекций / Б. Ю. Пичугин, А. Н. Пичугина. — Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016. — 180 с. — ISBN 978-5-7779-1976-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/59669.html>
5. Костецкая, Г. С. Уравнения математической физики эллиптического и параболического типов: учебное пособие / Г. С. Костецкая, Т. Н. Радченко. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. — 116 с. — ISBN 978-5-9275-2477-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/87943.html>

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бицадзе А.В. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1976г..
2. Бицадзе А.В., Калинин Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. М.: Наука, 1977г.
3. Смирнов М.М. Задачи по уравнениям математической физики. М.: Наука, 1977г
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1972г.
5. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1969г.
6. Арсенин В.В. Методы математической физики. М.: Наука 1974г.
1. Тиханов А.Н., Васильева А.Б., Свешникова А.Г. Дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1980г..
2. Школьник, Дифференциальные уравнения. – М.: Высшая школа, 1963г.
3. Матвеев Н.М. Дифференциальные уравнения. – М.: Просвещение, 1988г.
4. Очан Ю.С. Методы математической физики. М.: Высшая школа, 1967г.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) Электронные ресурсы:

- 1) Википедия <http://ru.wikipedia.org/wiki>
- 2) Образовательный математический сайт «Экспонента»
<http://www.exponenta.ru/educat/class/courses/student/ode/>
- 3) Мир математических уравнений
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/methods/meth-ode.htm>
- 4) Allmath.ru . Вся математика в одном месте!
<http://www.allmath.ru/highermath/mathanalis/mathanalis30/mathanalis.htm>
- 5) Математическое бюро. http://www.matburo.ru/ex_ma.php?p1=madiff

6) Www.mathedu.ru

7) www.libgen.info

8.4. Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходимо использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

1. Электронная библиотека курса, конспекты лекций, задания для практических занятий и самостоятельной работы, варианты тестовых заданий для проверки текущих и остаточных знаний студентов, варианты заданий для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся
2. Компьютерное и мультимедийное оборудование .

Методические рекомендации по изучению дисциплины

Операционные системы Windows 7, 10.

MS Office 2007/2010.

Архиваторы: WinRar, WinZip

Антивирусные средства: Kaspersky

Программы для работы с изображением: AcrobatReader

Программы для работы с Internet и электронной почтой: Opera, Microsoft Internet Explorer, Google chrome, Mozilla Firefox

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима следующая материально-техническая база:

Для проведения лекционных и практических занятий имеются аудитории, оснащенные всей необходимой мебелью и инвентарем. Для отдельных занятий аудитории оснащены

1. проектором,
2. ноутбуком
3. интерактивным экраном для демонстрации слайдов и т.п.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для изучения курса студентам необходимо использовать лекционный материал, учебники и учебные пособия из списка литературы, статьи из периодических изданий, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Кроме того, целесообразно использовать следующие методические материалы:

1. Варианты контрольных работ и тестов.
2. Задачи для практических занятий самостоятельной работы
3. Раздаточный материал для практических занятий.
4. Задания для промежуточного и текущего контроля знаний студентов.
5. Электронную базу данных по дисциплине.
6. Рабочие тетради студентов.

Для теоретического и практического усвоения дисциплины большое значение имеет самостоятельная работа студентов, которая может осуществляться студентами индивидуально и под руководством преподавателя.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, направлена на более глубокое усвоение изучаемого курса, формирование навыков исследовательской работы и ориентирование студентов на умение применять теоретические знания на практике.

После изучения теоретического материала студент должен:

Знать основные аксиомы и теоремы математического **Знать:**

- основные типы уравнений математической физики;
- вывод основных уравнений математической физики;
- уравнение колебание струны;
- уравнение колебание стержня;
- уравнение колебание мембраны;
- способы задания начальных и краевых условий;
- уравнение распространение тепла в стержне;
- постановка задачи Дирихле.

Уметь:

- выводить основные уравнения математической физики;

- решать уравнения математической физики известными методами; решать краевые задачи для уравнений в частных производных методом разделения переменных и методы построения функции Грина;
- строить замкнутые решения линейных уравнений в частных производных для областей канонической формы.

Владеть:

- навыками решения практических задач с помощью уравнений математической физики.

Для успешного освоения учебного материала курса «Уравнение математической физики» требуются систематическая работа по изучению лекций и рекомендуемой литературы, решению домашних задач и домашних контрольных работ, а также активное участие в работе практических занятий.

Показателем освоения материала служит успешное решение задач, предлагаемых в лабораторных работах, выполнение домашних заданий, аудиторных самостоятельных и контрольных работ.

В качестве оценочных средств программой дисциплины предусматривается:

- текущего контроль (аудиторные контрольные работы, домашние задания).
- итоговой контроль (Зачет или экзамен).

Формы текущего, промежуточного и итогового контроля.

Текущий контроль:

- Самостоятельные работы
- Индивидуальные задания
- Опрос студентов

Промежуточный контроль:

- Контрольная работа по курсу

Итоговый контроль:

- экзамен или зачет

11. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Под специальными условиями для получения образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья понимаются условия обучения, воспитания и развития таких студентов, включающие в себя использование

при необходимости адаптированных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего необходимую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания вуза и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

Обучение в рамках учебной дисциплины обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучение по учебной дисциплине обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

В целях доступности обучения по дисциплине обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта института в сети «Интернет» для слабовидящих;

- весь необходимый для изучения материал, согласно учебному плану (в том числе, для обучающихся по индивидуальным учебным планам) предоставляется в электронном виде на диске.

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- обеспечение возможности выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию института.

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- наличие микрофонов и звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования (аудиоколонки);

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов и других приспособлений).

Перед началом обучения могут проводиться консультативные занятия, позволяющие студентам с ограниченными возможностями адаптироваться к учебному процессу.

В процессе ведения учебной дисциплины профессорско-преподавательскому составу рекомендуется использование социально-активных и рефлексивных методов обучения, технологий социокультурной реабилитации с

целью оказания помощи обучающимся с ограниченными возможностями здоровья в установлении полноценных межличностных отношений с другими обучающимися, создании комфортного психологического климата в учебной группе.

Особенности проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и другое). При необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):

«Уравнение математической физики»

1. Цель освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины «Уравнение математической физики» являются:

- формирование знаний по математическому анализу необходимых для решения задач, возникающих в практической деятельности;
- развитие логического мышления и математической культуры;
- формирование необходимого уровня подготовки для понимания других математических и прикладных дисциплин;

Задачи дисциплины

- изучение основных понятий и методов математического анализа;
- формирование навыков и умений решать типовые задачи и работать со специальной литературой;
- умение использовать методы математического анализа для решения теоретических и прикладных задач естественнонаучных дисциплин..

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнение математической физики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы: _____.

3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля):

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) УК-1, ПК-1

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|-----------------|--|
| УК-1 | – владение основными положениями классических разделов математической науки, базовыми идеями и методами математики, системой основных математических структур и аксиоматическим методом. |
| ПК-1 | – способность понимать универсальный характер законов логики математических рассуждений, их применимость в различных областях человеческой деятельности, роль и место математики в системе наук, значение математической науки для решения задач, возникающих в теории и практике. |

В результате изучения дисциплины «Уравнение математической физики» студенты должны:

Знать:

- основные типы уравнений математической физики;
- вывод основных уравнений математической физики;
- уравнение колебание струны;
- уравнение колебание стержня;
- уравнение колебание мембраны;
- способы задания начальных и краевых условий;
- уравнение распространение тепла в стержне;
- постановка задачи Дирихле.

Уметь:

- выводить основные уравнения математической физики;
- решать уравнения математической физики известными методами; решать краевые задачи для уравнений в частных производных методом разделения переменных и методы построения функции Грина;
- строить замкнутые решения линейных уравнений в частных производных для областей канонической формы.

Владеть:

- навыками решения практических задач с помощью уравнений математической физики.

4. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

5. Семестр: 7

6. Основные разделы дисциплины (модуля):

1. Понятие функции многих переменных.
2. Предел функции двух переменных.

3. Дифференциальное исчисление функции многих переменных.
4. Интегральное исчисление функции многих переменных.
5. Числовые ряды.
6. Функциональные последовательности и ряды.
7. Степенные ряды.
8. Ряды Фурье.

7. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации: зачет.

8. Автор:

Гаджимурадов М.А.