

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям


О.Г. Прохоренко

«20» декабря 2022 г.

Регистрационный № УД – 11580/уч.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МАТЕМАТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

направление специальности

1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность)

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2021, типового учебного плана № G-31-1-011/пр-тип от 31.03.2021, учебного плана БГУ № G-31-1-018/уч. от 25.05 2021

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.Л. Голубева, заведующая кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

А.Э. Малевич, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Н.Л. Щеглова, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А. М. Томилов, начальник отдела разработки ООО «АСД Лабс»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой математической кибернетики БГУ
(протокол № 4 от 30.11.2022)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 3 от 15.12.2022)

Зав. кафедрой математической кибернетики

А. Л. Гладков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Компьютерная математика» может быть определена как совокупность фундаментальных знаний, методов, практик, алгоритмических и компьютерных средств, предназначенных для эффективного решения всех видов задач математического содержания, с высокой степенью визуализации результатов на всех этапах исследований.

Подход к решению задач компьютерными методами заключается в использовании готовых математических сред для исследований – систем компьютерной математики, таких как: MathCAD, MATLAB, *Mathematica*, Maple, MuPAD, Derive, возможности их интеграции.

Системы компьютерной математики позволяют исследовать проблему, провести анализ и визуализацию данных, построить модели, их тестировать, проверить существование решения, документировать и оформить результаты. При их использовании основное внимание сосредотачивается на существе проблемы и компьютерных моделях для ее разрешения, оставляя в стороне технические вопросы классической математики, детали вычислительных методов и алгоритмических процедур, нюансы языков программирования и команд операционной системы.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – повышение уровня профессиональной компетентности студентов путем обучения навыкам и умениям компьютерного моделирования и проведения исследований для решения проблем классического и современного естествознания.

Образовательная цель: обучение студентов методам и приемам компьютерного моделирования в современных компьютерных математических средах, эффективному исследованию посредством компьютера широкого круга проблем математического содержания.

Развивающая цель: формирование у студентов умений использования существующих и самостоятельной разработки новых технологий компьютерного моделирования.

Задачи учебной дисциплины:

- исследование и разработка моделей, алгоритмов, методов, программных решений, инструментальных средств по тематике выполняемых научно-исследовательских проектов;
- разработка и исследование математических, информационных и имитационных моделей в определенной предметной области;
- составление и подготовка к публикации научных обзоров, рефератов, библиографий, научно-технических отчетов по тематике проводимых исследований.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «**Программирование и информационные технологии**» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами. При изучении дисциплины «Компьютерная математика» используются знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин модулей «Алгебра и геометрия» 1, «Математический анализ» 1, «Программирование» 1.

В учебном плане нет учебных дисциплин, для усвоения которых необходимо изучение данной дисциплины, однако, знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины «Компьютерная математика», значительно расширяют возможности исследований в любой области математических знаний.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Компьютерная математика» должно обеспечить формирование следующих базовых профессиональных и специализированных компетенций:

базовые профессиональные компетенции:

БПК-3. Применять современные компьютерные математические системы для проведения вычислительного (компьютерного) эксперимента;

БПК-6. Применять основные понятия информатики, базовые конструкции языков программирования, технологии объектно-ориентированного программирования для реализации алгоритмических прикладных задач и разработки веб-проектов;

БПК-9. Применять инновационные информационные технологии и современные языки программирования.

специализированные компетенции:

СК-1. Осуществлять анализ контекста и поставленной проблемы, аргументированно выбирать оптимальный способ ее решения, согласовывать частичные проекты решения в общую согласованную архитектуру, выполнять реализацию проекта с учетом оценки накопленных и поступающих данных.

В результате изучения дисциплины «Компьютерная математика» студент должен для современной компьютерной математической системы *Mathematica*

знать:

– идеологию системы и принципы работы в ней; инструментальные средства, элементы управления, интерфейс; структуры данных; особенности построения функций пользователя; возможности визуализации исследований и оформления результатов исследований в виде публикаций;

– парадигмы программирования, поддерживаемые в системе, особенности языка программирования;

уметь:

– применять современный математический аппарат в эффективной интеграции с инструментальными компьютерными математическими средствами;

- создавать и исследовать математические, компьютерные, имитационные модели различных уровней абстракции;
- разрабатывать и анализировать алгоритмы, методы и программные решения по тематике выполняемых исследований;
- квалифицированно применять язык программирования современной системы компьютерной математики;
- проводить анализ результатов исследований, строить информационные модели;
- готовить материалы к публикации, в том числе в электронных изданиях, по тематике и результатам проводимых исследований;
- самостоятельно расширять компьютерные математические знания с дальнейшим их использованием при построении и анализе математических и компьютерных моделей широкого круга теоретических и прикладных задач.

владеть:

- методами и приемами построения моделей объектов, данных, процессов, систем;
- методами исследований и решения проблем математического содержания с использованием математических компьютерных приложений.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 4 семестре. Форма получения высшего образования очная (дневная).

Всего на изучение учебной дисциплины «Компьютерная математика» отводится 102 часа, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы. Форма текущей аттестации – зачет.

Для получения общих знаний занятия проводятся в форме лекций с применением технических средств обучения (ТСО), средств компьютерных и информационных технологий. Формирование умений и навыков, применение знаний, формирование творческой деятельности осуществляется на лабораторных занятиях. Закрепление и контроль знаний, умений и навыков реализуется посредством управляемой самостоятельной работы студента (УСР).

Занятия (лекции, лабораторные занятия), текущий контроль и текущая аттестация по дисциплине «Компьютерная математика» могут проводиться в дистанционной форме обучения, в онлайн и офлайн режимах. В этом случае занятия проходят согласно утвержденной учебной программе и расписанию на централизованной площадке Образовательного портала БГУ, который обеспечивает интерактивное взаимодействие студента и преподавателя.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Структура символьных пакетов и сценарий работы с ними

Назначение и структура символьных математических пакетов. Интерфейс. Сценарий работы. Сессия (Session) как объект работы Ядра (Kernel). Накопление знаний во время Сессии и хранение знаний между сессиями и сеансами работы с пакетом. Метафора записной книжки (Notebook). Ячейки (Cells) как основные обобщенные объекты Блокнотов. Основной цикл (In[xx] -> Out[xx]), протокол MathLink работы пакета.

Выявление свойств Гамма-функции.

Тема 2. Выражение как основная структура данных

Рекурсивное определение выражения. Анализ структуры выражения. Типы выражений. Атомарные объекты. Функции-конверторы типов атомарных объектов. Список как наиболее используемое выражение. Встроенные функции для работы со списками.

Исследование структуры выражения.

Тема 3. Функциональный стиль программирования

Чистые и анонимные функции. Оператор Apply и семейство операторов Map. Возможности последовательного применения функций, операторы повторного действия (Nest, Fold, FixedPoint). Рекурсивное задание функций. Функции для преобразования алгебраических выражений.

Алгебраические преобразования. Метод неопределенных коэффициентов в задаче разложения правильной рациональной дроби на сумму дробей, его реализация с использованием анонимных функций.

Тема 4. Образцы в *Mathematica*: типы, построение и использование

Образец (Patterns) как мета выражение. Основные правила записи. Описание различных множеств выражений посредством использования образцов. Образцы, соответствующие условию. Образцы, содержащие альтернативу. Установка значений по умолчанию. Образцы, допускающие повторение выражений. Встроенное по умолчанию значение части выражения. Построение функции пользователя: образцы как ОДЗ функции.

Построение функций, исследующих структуру выражения, на предмет содержащихся в нем символов.

Тема 5. Графика. Визуализация исследований

Графические примитивы. Режимы выполнения графических функций. Базовые функции двумерной и трехмерной графики. Специализированные графические пакеты.

Построение замкнутой ломаной из последовательно поступающих точек плоскости. Секущая и касательная к графику функции.

Тема 6. Правила преобразований. Глобальные определения

Функции семейства Set. Механизм верхних и нижних значений символа. Программирование, основанное на глобальных правилах преобразований. Способы задания, представления и отображения функций. Восстановление функции по заданным свойствам.

Восстановление Гамма-функции по ее свойствам и значениям в узлах на отрезке.

Тема 7. Локальные правила преобразований, подстановки

Определение локальных правил преобразований. Использование образцов. Функции семейства Replace. Подстановки в тождественных преобразованиях алгебраических выражений. Программирование, основанное на локальных правилах преобразований.

Построение псевдо- n -мерного гиперкуба и геометрических фракталов.

Тема 8. Построение системы «Аналитическая геометрия на плоскости»

Проектирование базовой системы «Аналитическая геометрия на плоскости»: принципы работы и общие соглашения. Представление объектов «точка», «вектор», «прямая» в компьютерной среде *Mathematica*. Проектирование и реализация способов задания геометрических объектов. Построение операторов, извлекающих свойства геометрических объектов. Создание функций, строящих графические образы геометрических объектов.

Реализация системы «Аналитическая геометрия на плоскости».

Тема 9. Математический анализ в среде *Mathematica*

Встроенные функции дифференцирования, их особенности. Проектирование операторов дифференциального и интегрального исчисления функций одной переменной. Глобальные определения для дифференцирования функции: правила дифференцирования, производные элементарных функций, производная сложной функции.

Глобальные определения для выполнения операций интегрирования функции одной переменной: правила интегрирования, первообразные элементарных функций и их суперпозиций. Правило интегрирования по частям. Подстановки при интегрировании функций.

Проектирование функций, осуществляющих преобразование множества точек комплексной плоскости. Координатные сетки на плоскости: прямоугольная декартова, полярная. Роль и задание цвета при построении сетки. Отображение графического объекта на плоскости, состоящего из точек и линий, при действии на него заданной функцией.

Понятие аппроксимации Паде для функции одной переменной. Построение многочленов Тейлора функции одной переменной, при различных способах задания функции: явное задание функции, функция задана посредством задачи Коши, функция задана неявно. Проектирование функций для построения аппроксимации Паде, использование метода неопределенных коэффициентов. Особенности реализации аппроксимации Паде при различных

способах задания функции. Графики заданной функции, ее многочленов Тейлора и ее аппроксимации Паде.

Тема 10. Организация вычислительного процесса в *Mathematica*

Управление вычислительным процессом. Конструкции, управляющие ходом вычисления: операторы выбора и операторы повторения.

Порядок вычисления выражения. Стандартный процесс вычисления выражения. Выражения, вычисляемые нестандартно. Вычисление правил преобразований, глобальных определений. Изменение стандартного порядка вычисления выражения в структурах выбора и повторения.

Тема 11. Визуализация исследований. Динамическая интерактивность

Элементы управления отображением графических объектов. Вычисление выражений внутри функций `Dynamic` и `Manipulate`. Интерактивная графика. Построение демонстрационных моделей.

Тема 12. Принципы локализации переменных. Контексты и пакеты

Механизмы локализации символов в определенных границах. Итераторы. Функции `Block`, `Module`, `With`. Механизм контекстов. Определение нового контекста. Получение информации о символе. Контексты и пакеты. Экспортируемые функции. Структура пакета. Подключение пакета. Создание пользовательских пакетов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Компьютерная математика	34			30		4	
1	Структура символьных пакетов и сценарий работы с ними.	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
2	Выражение как основная структура данных.	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
3	Функциональный стиль программирования.	4			4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
4	Образцы в <i>Mathematica</i> : типы, построение и использование.	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
5	Графика. Визуализация исследований.	2			2		2	Отчет по лабораторной

								работе с устной защитой. Контрольная работа
6	Правила преобразований. Глобальные определения	4			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
7	Локальные правила преобразований, подстановки	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
8	Построение системы «Аналитическая геометрия на плоскости»	6			6			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
9	Математический анализ в среде <i>Mathematica</i>	4			4		2	Отчет по лабораторной работе с устной защитой. Контрольная работа
10	Организация вычислительного процесса в <i>Mathematica</i>	2						Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
11	Визуализация исследований. Динамическая интерактивность	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос
12	Принципы локализации переменных. Контексты и пакеты	2			2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, устный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Символьный пакет Mathematica : курс лекций / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. - Минск : БГУ, 2005. - 104с.
2. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Символьный пакет МАТНЕМАТИСА : лабораторный практикум для студ. мех.-мат. фак. : в 2 ч. Ч. 1 / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. - Минск : БГУ, 2012. - 235 с. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/95686>.
3. *Иванов, О. А.* Дискретная математика и программирование в Wolfram Mathematica: для бакалавров: учебное пособие для студентов направлений подготовки 01.03.02 "Прикладная математика и информатика", 01.03.04 "Прикладная математика", а также для студентов других направлений, изучающих дисциплину "Дискретная математика" / О. А. Иванов, Г. М. Фридман. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. - 349 с.
4. *Чичурин, А. В.* Применение системы МАТНЕМАТИСА при решении дифференциальных уравнений и в задачах математического моделирования : курс лекций для студ. спец. 1-31 03 01 "Математика (по направления)" : в 3 ч. / А. В. Чичурин, Е. Н. Швычкина ; БГУ, Механико-математ. факультет. - Минск : БГУ, 2016 – 2017.
5. Компьютерная математика. Символьный пакет Mathematica [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)», направление специальности: 1-31 03 01-02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)» / Л. Л. Голубева [и др.]; БГУ, Механико-математический фак., каф. дифференциальных уравнений и системного анализа. – Минск : БГУ, 2021. - URL: - <https://elib.bsu.by/handle/123456789/276777>

Перечень дополнительной литературы

1. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Автоматизированное рабочее место математика: курс лекций / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. Минск: БГУ, 2008. 139 с.
2. *Седов, Е. С.* Основы работы в системе компьютерной алгебры Mathematica : учебное пособие / Е. С. Седов. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 401 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100339>
3. *Вавилов Н.А.* Mathematica для нематематика: Учеб. пособие для ВУЗов. / Н.А. Вавилов, В.Г. Халин, А.В. Юрков. М: Московский центр непрерывного математического образования, 2021. 483 с.
4. *Gräbe, H.-G.* Mathematica 6, Bafög-Ausgabe. Einführung, Grundlagen, Beispiele / H.-G. Gräbe, M. Kofler. München, Pearson Studium, 2007. 496 с.

5. *Maeder, R. Computer Science with Mathematica: Theory and Practice for Science, Mathematics, and Engineering / R. Maeder. Cambridge Univ Pr, 2006. 389 с.*
6. *Lynch, S. Dynamical Systems with Application using Mathematica / S. Lynch. Birkhäuser Boston, 2007. 499 с.*
7. *Wickham-Jones, T. Mathematica Graphics. Techniques & Applications / T. Wickham-Jones. Springer Verlag New York Berlin Heidelberg, 1994, XIV, 721 p.*
8. *Sal Mangano. Mathematica Cookbook / Sal Mangano. O'Reilly Media, 2010. 832 с.*
9. *Wolfram, S. Mathematica book: 5 ed. / S. Wolfram. Wolfram, 2003. 1301 с.*

Рекомендуемое учебно-лабораторное оборудование

Для проведения занятий требуется следующее программное обеспечение: операционная система MS Windows, MS Office, *Mathematica*.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Согласно Положению о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020) контроль знаний студентов по дисциплине «Компьютерная математика» происходит в форме текущего контроля и текущей аттестации.

Оценка текущего контроля знаний студента по дисциплине «Компьютерная математика» формируется в результате регулярной и систематической проверки знаний студентов во время занятий и по итогам их самостоятельной работы. Текущий контроль знаний проходит в форме опроса на лекциях и лабораторных занятиях, во время устной защиты отчета по лабораторным работам, выполняемым в учебной лаборатории и самостоятельно вне аудитории, контрольных опросов и контрольных работ, отчетов по заданиям УСР. Задания к лабораторным, контрольным работам и УСР составляются согласно содержанию учебного материала. Во время самостоятельной работы студент выполняет задания, полученные на лабораторных занятиях, а также изучает рекомендуемую литературу. При защите лабораторных работ оценивается полнота ответа, аргументация выбранных решений, последовательность и оригинальность изложения материала, оригинальность кода, корректность оформления, самостоятельность выполнения заданий. Для совершенствования способностей учиться самостоятельно студентам могут выдаваться темы докладов, с которыми они выступают на занятиях.

Формирование отметки за текущую успеваемость:

- отчеты по лабораторным работам, с их устной защитой, – 60%;

– опросы на лекциях и лабораторных занятиях, контрольные работы – 40%.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Компьютерная математика» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Зачет по дисциплине проходит в форме контрольного опроса в устной или письменной форме, выполнения заданий на компьютере. Если студент успешно защитил все лабораторные работы и получил оценку 4 и выше по контрольным работам, то допускается определение результатов текущей аттестации по дисциплине на основании результатов текущего контроля знаний без проведения дополнительного опроса на зачете. Это решение находится в компетенции преподавателя (группы преподавателей), ответственного за реализацию дисциплины. При этом явка студента на зачет является обязательной.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Темы 1-5 (2 часа)

Перечень заданий

Отобразить в графической области структуру произвольного выражения в виде дерева (планарного графа).

Моделировать, проектировать и реализовать в *Mathematica* функции, которые отобразят в графической области структуру произвольного выражения в виде дерева. Тестировать. Сравнить результат вычисления созданных функций и результат выполнения встроенной функции *TreeForm*. Сформулировать выводы.

Целью данного задания является выработка у студента навыков функционального стиля программирования на языке *Wolfram Language*.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе с устной защитой. Контрольная работа.

Тема 9. Математический анализ в среде *Mathematica* (2 часа)

Перечень заданий

Изучить функцию, заданную параметрическими уравнениями координат $(x(t), y(t))$, непрерывно дифференцируемую n раз в окрестности точки (x_0, y_0) , приближая ее в окрестности этой точки многочленом Тейлора и соответствующей ему аппроксимацией Паде.

Создать функции пользователя, которые

1) вычисляют производную порядка n функции, заданной параметрически.

Использовать рекурсивный способ задания;

2) строят многочлен Тейлора заданной функции в окрестности указанной точки;

- 3) строят аппроксимацию Паде, соответствующую вычисленному многочлену Тейлора;
- 4) отображают в графической области заданную функцию, многочлен Тейлора и аппроксимацию Паде.

Целью данного задания является выработка у студента навыков функционального стиля программирования на языке Wolfram Language, а также навыков исследования математических объектов.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе с устной защитой.
Контрольная работа.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем.

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает освоение содержания через решения практических задач.

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

На лекциях и лабораторных занятиях используются следующие методы обучения: проблемного изложения, поисковый, репродуктивный, исследовательский. При проведении занятий также планируется использовать наглядные методы, такие как иллюстрация, демонстрация, визуализация.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендовано разместить на образовательном портале или сайте кафедры учебно-методические материалы: курсы лекций и лабораторные практикумы, методические указания к лабораторным занятиям, вопросы для подготовки к зачету, перечень рекомендуемой литературы, информационные ресурсы.

Самостоятельная работа студента включает в себя работу с учебной литературой по заданным разделам дисциплины, поиск в Интернете новейшей учебной и научной информации в указанных областях знаний и знакомство с ней, а также выполнение задач, поставленных на занятиях.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Составные части *Mathematica*, назначение каждой. Структура системы справки. Интерфейс пользователя *Mathematica*.
2. Приобретение знаний *Mathematica* во время сеанса *Session*. Сообщения и предупреждения *Mathematica*.
3. Рабочий документ *Mathematica*: структура, форматирование, редактирование. Служебные и горячие клавиши. Особенности ввода: типы ячеек, математические выражения, специальные символы.
4. Определите понятие выражения. Перечислите типы атомарных объектов. Примеры.
5. Полная, или каноническая форма записи выражения. Функции, отображающие каноническую форму выражения.
6. Структура выражения. Понятия уровня, глубины, позиции выражения. Дайте определения.
7. Функции `Level`, `Depth`, `Position`. Что такое спецификатор уровней выражения `levelspec`, в аргументах каких встроенных функций и как его используют. Примеры использования `levelspec` в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
8. Функции для извлечения частей выражения, не являющегося атомарным: `Extract`, `Take`, `Part`, `Select`, `Cases`, `DeleteCases`.
9. Атомарные выражения: определение, типы, полная форма. Извлечение части атомарного выражения.
10. Списки как наиболее часто используемое выражение. Создание списка, изменение его структуры, порядка следования элементов, добавление и удаление элементов списка.
11. Чистая функция: определение, построение, использование. Формы записи анонимной функции. Понятие выражения-однотрочника, правила его написания. Примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
12. Назначение и использование функции `Apply`. Примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
13. Образец `Pattern`: определение, назначение, способы именования. Функция для сравнения выражения с образцом.
14. Виды образцов: с условием, содержащие альтернативу, повторяющиеся, со встроенными по умолчанию значениями. Примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
15. Использование образцов в аргументах встроенных функций *Mathematica* и в функциях пользователя.
16. Базовые функции двумерной графики. Примеры.
17. Базовые функции трехмерной графики. Примеры.
18. Двумерные графические примитивы. Директивы. Опции. Примеры.

19. Основные трехмерные графические примитивы. Директивы. Опции.
20. Правила преобразований: определение, сфера видимости и момент времени вычисления. Примеры.
21. Глобальные правила преобразований: определение, использование. Сохранение глобальных правил во время сессии. Примеры.
22. Списки значений символа: собственного, нижних, верхних, дальних. Принципы занесения глобального правила в список. Примеры.
23. Локальные правила преобразований, или подстановки. Примеры.
24. Функции для выполнения локальных правил преобразований. Программирование в стиле локальных правил. Примеры.
25. Функции семейства Map: назначение, аргументы, общие принципы работы. Особенности использования каждой функции. Примеры.
26. Функции Map, MapAt, MapAll: назначение, входы и выходы, примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
27. Функции MapThread, MapIndexed: назначение, входы и выходы, примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
28. Итерационные процессы: определение, примеры (не менее трех). Обзор операторов группы Nest и группы Fold. Их назначение, общее и различие между этими группами.
29. Функции Fold, FoldList: назначение, входы и выходы, примеры использования примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
30. Функции Nest, NestList: назначение, входы и выходы, примеры использования примеры использования в задачах лабораторных работ, с комментариями: что и как вычисляется.
31. Шесть функций (Solve, Reduce, Eliminate, Exists, ForAll, Resolve) решения уравнений, особенности каждой. Примеры.
32. Алгебраические преобразования: функции Factor, Expand, Cancel, Apart, Together. Примеры.
33. Элементы управления, синтаксис функции Manipulate при использовании каждого. Примеры.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Дифференциальные уравнения	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № 4 от 30.11.2022)
Уравнения математической физики	Кафедра математической кибернетики	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № 4 от 30.11.2022)
Технологии программирования	Кафедра веб-технологий и компьютерного моделирования	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № 4 от 30.11.2022)

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на _____ / _____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № _____ от _____ 200__ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой
доктор физ.-мат. наук, профессор _____
(ученая степень, ученое звание) (подпись)

А.Л. Гладков
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
доктор физ.-мат. наук, профессор _____
(ученая степень, ученое звание) (подпись)

С.М. Босяков
(И.О.Фамилия)