

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА»

УТВЕРЖДАЮ

Директор МЛЦ МГУ

_____ В.А. Макаров

" ____ " _____ 2017 г.

ПРОГРАММА
повышения квалификации

**Программный инструментарий для автоматизации моделирования и
обработки данных в задачах физики**

Москва – 2017

1. Цель реализации программы

Целью реализации программы повышения квалификации является овладение современными профессиональными знаниями в области комплексных систем компьютерного моделирования и обработки данных, используемых в физике, в рамках подготовки к научно-технической деятельности по полученной ранее специальности с привлечением методов математического моделирования, реализуемых на базе современных информационных технологий. В результате изучения дисциплины обучающиеся приобретут навыки (i) обработки данных, (ii) численного и аналитического моделирования физических задач и (iii) представления полученных результатов. Отдельные образовательные модули программы могут быть использованы независимо для краткосрочного повышения квалификации и для дополнительного образования студентов вузов.

2. Формализованные результаты обучения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Изучить элементы теории и практики применения современных платформ Data Science на примере Wolfram Mathematica.
- Знать основы языка программирования Wolfram Language, а также его основные идиомы для работы с Mathematica в режиме калькулятора и в режиме программирования.
- Изучить основы аналитических вычислений в Mathematica.
- Изучить основы численных расчетов в Mathematica.
- Изучить основы создания двух- и трёхмерных графиков в среде Wolfram Mathematica.
- Изучить основы создания интерактивной графики, а также анимации в среде Wolfram Mathematica.
- Изучить основы работы с данными (получение, фильтрация, обработка, визуализация) в среде Wolfram Mathematica.
- Изучить основы математического моделирования физических задач в среде Wolfram Mathematica.
- Знать основные методы оптимизации кода в Wolfram Language.

3. Содержание программы

Учебный план
программы повышения квалификации

«Программный инструментарий для автоматизации моделирования и обработки данных в задачах физики»

Категория слушателей (требования к слушателям) – с высшим образованием, студенты вузов.

Срок обучения – 72 час. (Очная форма обучения: ауд. – 38 час., самостоятельная работа 34 час.; дистанционная форма обучения: коллективные контактные часы – 28 час., самостоятельная – 44 час.)

Форма обучения – с отрывом от работы (дневная), без отрыва от работы, дистанционная.

Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	В том числе		
			лекции	практич. и лаборат. занятия	Самостоятельная работа
	Раздел 1. Основы Программирования в Wolfram Mathematica	36	10	10	16
	Раздел 2. Моделирование и обработка данных в Wolfram Mathematica	36	8	10	18
Итоговая аттестация		Подготовка выпускной квалификационной/аттестационной работы			

Дистанционная форма обучения:

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	В том числе	
			Коллективные контактные часы	Самостоятельная работа
	Раздел 1. Основы Программирования в Wolfram Mathematica	36	14	22
	Раздел 2. Моделирование и обработка данных в Wolfram Mathematica	36	14	22
Итоговая аттестация		Подготовка выпускной квалификационной/аттестационной работы		

Учебно-тематический план
 программы повышения квалификации
**«Программный инструментальный для автоматизации моделирования и
 обработки данных в задачах физики»**

Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе		
			лекции	практич. и лаборат. занятия	Самостоят ельная работа
1	2	3	4	5	
1	Раздел 1. Основы программирования в Wolfram Mathematica	36			
1.1	Введение в Mathematica. Шаблоны, подстановки, функции.	7	2	2	3
1.2	Основы аналитических вычислений в Mathematica. Аналитическое решение алгебраических и дифференциальных уравнений. Сохранение информации.	7	2	2	3
1.3	Условия, циклы, списки, основы функционального программирования	7	2	2	3
1.4	Точность вычислений, дифференцирование, суммирование, интегрирование, численное и аналитическое решение дифференциальных уравнений.	7	2	2	3
1.5	Визуализация в Mathematica: 2D и 3D графики, анимация. Основы моделирования физических задач.	8	2	2	4
2	Раздел 2. Моделирование и обработка данных в Wolfram Mathematica	36			
2.1	Введение в науку о данных, сбор и представление данных.	7	2	2	3
2.2	Интерполяция и аппроксимация экспериментально полученных данных. Элементы статистического анализа.	7	2	2	3
2.3	Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных.	7	2	2	3
2.4	Разработка и тестирование на примере численных методов. Основы оптимизации кода.	7	2	2	3
2.5	Выполнение одной из практических задач.	6			6
2.6	Аттестация	2		2	

Дистанционная форма обучения:

№	Наименование разделов и тем	Всего,	В том числе
---	-----------------------------	--------	-------------

п/п		час.	Коллективные контактные часы	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5
1	Раздел 1. Основы программирования в Wolfram Mathematica	36		
1.1	Введение в Mathematica. Шаблоны, подстановки, функции.	7	4	3
1.2	Основы аналитических вычислений в Mathematica. Аналитическое решение алгебраических и дифференциальных уравнений. Сохранение информации.	7	2	5
1.3	Условия, циклы, списки, основы функционального программирования	7	2	5
1.4	Точность вычислений, дифференцирование, суммирование, интегрирование, численное и аналитическое решение дифференциальных уравнений.	7	2	5
1.5	Визуализация в Mathematica: 2D и 3D графики, анимация. Основы моделирования физических задач.	8	4	4
2	Раздел 2. Моделирование и обработка данных в Wolfram Mathematica	36		
2.1	Введение в науку о данных, сбор и представление данных.	7	4	3
2.2	Интерполяция и аппроксимация экспериментально полученных данных. Элементы статистического анализа.	7	2	5
2.3	Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных.	7	4	3
2.4	Разработка и тестирование на примере численных методов. Основы оптимизации кода.	7	2	5
2.5	Выполнение одной из практических задач.	6		6
2.6	Очная сессия (аттестация)	2	2	

Учебная программа
повышения квалификации
**«Программный инструментарий для автоматизации моделирования и
обработки данных в задачах физики»**

Раздел 1. Основы программирования в Wolfram Mathematica (36 час.)

Тема 1.1 Введение в Mathematica. Шаблоны, подстановки, функции. (7 час)
Представление выражений в виде дерева. Заголовок выражения. Доступ к элементам выражения. Типы переменных. Шаблон. Подстановки. Немедленное и отложенное присваивание. Функции, их атрибуты и параметры. Анонимные функции.

Тема 1.2 Основы аналитических вычислений в Mathematica. Аналитическое решение алгебраических и дифференциальных уравнений. Сохранение информации. (7 час.)

Алгебраические выражения. Функции для преобразований алгебраических выражений. Суммы, интегралы. Аналитическое решение алгебраических уравнений. Представление решения на комплексной плоскости. Аналитическое решение дифференциальных уравнений.

Тема 1.3 Условия, циклы, списки, основы функционального программирования. (7 час)

Составные выражения. Логические операции и условные выражения. Циклы. Списки. Генерация списков. Доступ к элементам списка. Применение функций к спискам. Списки и функции для работы с ними как альтернатива явным циклам. Элементы функционального программирования.

Тема 1.4 Точность вычислений, суммирование, интегрирование, численное и аналитическое решение дифференциальных уравнений. (7 час.)

Точность представления числа. Численное суммирование. Численное интегрирование. Численное решение дифференциальных уравнений. Сравнение результатов численного и аналитического интегрирования.

Тема 1.5 Визуализация в Mathematica: 2D и 3D графики, анимация. Основы моделирования физических задач. (8 час.)

Графики функций одной переменной. Графики функций двух переменных. Графики параметрически заданных функций. Визуализация скалярных и векторных полей. Таблицы графиков. Создание простейшей анимации.

Перечень лабораторных

Номер темы	Наименование лабораторной
1.1	Шаблоны, подстановки, функции. (2 час.)
1.2	Основы аналитических вычислений в Mathematica. Аналитическое решение алгебраических и дифференциальных уравнений. Сохранение информации. (2 час.)
1.3	Условия, циклы, списки, основы функционального программирования (2 час.)
1.4	Точность вычислений, дифференцирование, суммирование, интегрирование, численное и аналитическое решение дифференциальных уравнений (2 час.)
1.5	Визуализация в Mathematica: 2D и 3D графики, анимация. Основы моделирования физических задач (2 час.)

Раздел 2. Моделирование и обработка данных в Wolfram Mathematica (36 час.)

Тема 2.1 Введение в науку о данных, сбор и представление данных. (7 час)

Этапы работы с данными. Источники данных. Форматы файлов. Импорт и экспорт данных. Приведение данных к стандартному виду. Фильтрация данных.

Тема 2.2 Интерполяция и аппроксимация экспериментально полученных данных. Элементы статистического анализа. (7 час.)

Интерполяция данных кривыми и поверхностями. Параметрическая аппроксимация данных известными функциями. Преобразование Фурье. Элементы статистического анализа.

Тема 2.3 Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных. (7 час)

Возможности и ограничения. Метод конечных элементов. Граничные условия. Настройка сетки.

Тема 2.4 Разработка и тестирование на примере численных методов. Основы оптимизации кода. (6 час.)

Некоторые функции для работы со списками. Пример реализации метода Эйлера: процедурное и функциональное программирование. Основные способы оптимизации кода.

Перечень лабораторных

Номер темы	Наименование лабораторной
2.1	Введение в науку о данных, сбор и представление данных (2 час.)
2.2	Интерполяция и аппроксимация экспериментально полученных данных. Элементы статистического анализа. (2 час.)
2.3	Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных (2 час.)
2.4	Разработка и тестирование на примере численных методов. Основы оптимизации кода (2 час.)
2.5	Аттестация (2 час.)

4. Материально-технические условия реализации программы

При реализации учебной работы по программе повышения квалификации «Программный инструментарий для автоматизации моделирования и обработки данных в задачах физики» используются средства дистанционного сопровождения учебного процесса: сайт с материалами для самостоятельных и/или практических занятий, заданиями для самостоятельной работы, системой проверки знаний на основе платформы дистанционных курсов Moodle, а также групповые рассылки и персональные письма по электронной почте. Практические занятия (при очной форме обучения) проходят с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Лабораторные работы выполняются с использованием современной компьютерной техники и сетевой инфраструктуры. Аудиторные занятия должны проходить в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с доступом к интернету и проектором.

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Раздел 1.

1. Leonid Shifrin, Mathematica programming: an advanced introduction, mathprogramming-intro.org, 2008.
2. Andrey Grozin, Introduction to Mathematica for Physicists, Springer International Publishing, Switzerland, 2014.
3. Robert Zimmerman, Fredrick Olness, Mathematica for physics, 2-nd ed., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 2002.
4. Stan Wagon, Mathematica in Action: Problem Solving Through Visualization and Computation, Third Edition, Springer, Berlin, Heidelberg, Germany, 2010.
5. George A. Anastassiou and Iuliana F. Iatan, Mathematica - Intelligent Routines, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013.

Раздел 2.

1. Vincent Granville, “Developing Analytic Talent: Becoming a Data Scientist”, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, USA, 2014.
2. Allen B. Downey, “Think Complexity”, Green Tea Press, Needham, Massachusetts, USA, 2011.
3. Sal Mangano, Mathematica Cookbook, O’Reilly Media, Inc, Sebastopol, CA, USA, 2010.
4. Leland Wilkinson, The Grammar of Graphics, Springer Science+Business Media, Inc., USA, 2005.
5. Michael J. Crawley, The R Book, John Wiley & Sons, Ltd., 2013.
6. М. Семененко, С. Черняев, Облачные сервисы системы Mathematica, Lambert Academic Publishing, 2013.
7. Norman S. Matloff, The art of R programming: tour of statistical software design, No Starch Press, Inc., 2011.
8. Graham Williams, Data Mining with Rattle and R The Art of Excavating Data for Knowledge Discovery, Springer Science+Business Media, 2011.

Интернет-ресурсы

Ресурсы по Wolfram Language и Wolfram Mathematica на русском языке:

- <https://habrahabr.ru/company/wolfram/> - Ресурсы для изучения Wolfram Language (Mathematica) на русском языке
- <https://vk.com/wolframmathematica> - группа ВКонтакте русскоязычной поддержки Wolfram Mathematica®
- <http://wolframmathematica.ru> - Wolfram Mathematica® Русскоязычная поддержка
- <http://www.youtube.com/user/WolframMathematicaRu> - видеоблог Wolfram Mathematica || Русскоязычная поддержка

- <https://sites.google.com/site/compstechmechanics> - Демонстрация возможностей современных компьютерных технологий в области теоретической механики и необходимости тщательного контроля исследователем всех этапов решения задачи.
- <http://www.wolfram.com/rmug> - форум "Russian Mathematica Users Group" (RMUG) для поддержки пользователей программы Mathematica на русском языке.
- <http://vsu-math.narod.ru/> - лабораторные работы по математическому анализу и математической физике на основе пакета программ Mathematica 4.0.
- http://rtuis.miem.edu.ru/library/Math_Math/index.html - интерактивные учебные пособия на основе пакета Mathematica.
- http://rtuis.miem.edu.ru/library/index_sb_math.html - сетевой научно-технический сборник "Математика в обучении и технических приложениях".
- <http://pinega.da.ru/> - статьи по теории метода конечных элементов.
- <http://users.kaluga.ru/math/> - сайт "Компьютерная математика", обзор математических пакетов.

Ресурсы по Wolfram Mathematica на других языках:

- <http://wolfram.com>
- <http://www.wolfram.com/language/elementary-introduction/>
- <http://www.wolfram.com/knowledgebase/>
- <http://demonstrations.wolfram.com>
- <http://numb3rs.wolfram.com/wolfram.html#>
- <http://spinalggebra.com/> - интерактивные программы на Mathematica, лекции по системе Mathematica.
- <http://www.wolframscience.com>
- <http://mathematica.stackexchange.com/>
- <http://www.opticasoftware.com/>

6. Требования к результатам обучения

Аудиторные занятия: лекции, практикум. Разбор и решение конкретных задач.

Самостоятельная работа: анализ материалов, расположенных на сайте дистанционного образования МГУ имени М.В. Ломоносова distant.msu.ru, решение задач, написание курсовой работы.

Итоговая аттестация представляет собой защиту курсовой работы, подготовленной студентом. Отчетные материалы: программа, написанная в системе Wolfram Mathematica, реферат, написанный по результатам расчета программы и беседа с преподавателем о программе и полученных результатах.

Оценка уровня освоения программы осуществляется аттестационной комиссией по пятибалльной системе.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- Образцы вопросов зачёта: 1. Структура выражений в Mathematica. 2. Присваивание немедленное и отложенное. 3. Подстановка немедленная и отложенная. 4. Анонимная функция. 5. Применение функций к спискам. 6. Построение силовых линий и эквипотенциальных поверхностей на одном графике. 7. Импорт и экспорт таблиц. 8. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

- Образцы домашних заданий: 1. Постройте на одном графике набор эквипотенциальных поверхностей и силовые линии электрического квадруполя. 2. Постройте на одном рисунке фазовый портрет уравнения Дуффинга при различных значениях параметров; на каждом графике укажите соответствующие значения параметров, подпишите оси и выведите координатную сетку. 3. Рассмотрите дисперсионное уравнение одномерного фотонного кристалла, изготовленного из двух различных диэлектрических слоев, которые обладают диэлектрическими проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 и толщиной d_1 и d_2 соответственно, $\epsilon_1=17,88$, $\epsilon_2 = 2,31$, $d_2 / d_1 = 2/3$. Постройте дисперсионную диаграмму для р- и s-поляризованных волн.

- Задача 1: Расчет спектров отражения и пропускания фотонных кристаллов по известным параметрам кристаллов и восстановление параметров фотонных кристаллов по их экспериментально измеренным спектрам отражения и пропускания. Задача 2: Расчет электрического поля в окрестности наномантенны. Задача 3: Расчет частотно-угловых спектров отражения и пропускания металлической дифракционной нанорешетки. Задача 4: Расчет дифракции оптического излучения на диэлектрическом шаре. 5. Расчет дифракции гауссова пучка в двуосном кристалле.

- полный перечень вопросов к зачету.

1. Выражения в Mathematica. Доступ к элементам выражения. Уровни дерева выражения. Составные выражения.

2. Алгебраические выражения и их преобразования. Процедура упрощения.

3. Шаблоны и подстановки. Замена переменных в степенных выражениях. Условные подстановки.

4. Функции в Mathematica. Функции, помнящие рассчитанные ранее значения. Атрибуты функций. Локальные переменные.

5. Пределы, производные, суммы и интегралы.

6. Списки. Создание списков. Работа с элементами списка: доступ, изменение, добавление, удаление. Вложенные списки и работа с ними.

7. Процедурное программирование в Mathematica. Логические операции и условные выражения. Циклы. Достоинства и недостатки процедурного программирования.

8. Графики функций одной переменной. Графики параметрических функций. Построение таблиц графиков. Наложение графиков.

9. Графики функций двух переменных. Построение эквипотенциальных поверхностей и векторных полей.

10. Алгебраические уравнения: аналитическое и численное решение. Визуализация решения.

11. Обыкновенные дифференциальные уравнения: аналитическое и численное решение. Решение задачи Коши и задачи с граничными условиями. Визуализация решений.

12. Решение уравнения колебаний математического маятника с затуханием. Построение фазового портрета и его развертки во времени. Редуцированный фазовый портрет.

13. Функции на списках. Основы функционального программирования.

14. Способы оптимизации вычислений в Mathematica.

15. Импорт и экспорт данных. Сохранения дампа памяти. Сохранение результатов вычислений в строковой форме.

16. Анимация. Экспорт анимации.

17. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье.

7. Составители программы

Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н., доцент, МГУ имени М.В. Ломоносова.