

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

*Рекомендовано МССН
38.00.00 «Экономика и управление»,
подгруппа 4 «Бизнес-информатика»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ**

Рекомендуется для направления подготовки

38.03.05 — Бизнес-информатика
(указываются код и наименования направления подготовки)

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ОС ВО РУДН)

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель курса: формирование у студентов компетенций по проведению научных исследований в области математического моделирования и роли в этом процессе вычислительной техники.

К основным задачам изучения дисциплины относятся:

- овладение теоретическими знаниями и практическими навыками в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;
- овладения практическими навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ;
- овладения практическими навыками проведения и анализа результатов численных экспериментов с использованием специализированного программного обеспечения.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)», дисциплина по выбору.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
Общепрофессиональные компетенции			
1	ОПК-7	-	Анализ данных Моделирование бизнес-процессов Математические модели в экономике и финансах Модуль «Математическое моделирование в бизнес-информатике»
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности - научно-исследовательский, аналитический, организационно-управленческий)			
2	ПК-2; ПК-3; ПК-4	Линейная алгебра; Математический анализ; Дискретная математика и комбинаторные алгоритмы; Математическая логика и теория алгоритмов	Анализ данных Моделирование бизнес-процессов Математические модели в экономике и финансах Модуль «Математическое моделирование в бизнес-информатике»
Профессионально-специализированные компетенции специализации			
-	-	-	-

ОПК-7: Способен использовать цифровые технологии и методы в профессиональной деятельности в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления

информации и пр.

ПК-2: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

ПК-3: Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы;

ПК-4: Способен принимать обоснованные управленческие решения в своей профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
ОПК-7; ПК-2; ПК-4; ПК-3:

ОПК-7: Способен использовать цифровые технологии и методы в профессиональной деятельности в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.:

- ОПК-7.1: Знает базовые принципы цифровых технологий и методов, необходимых в профессиональной деятельности в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-7.2: Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности цифровые технологии и методы в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-7.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.

ПК-2: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности:

- ПК-2.3: Имеет практический опыт решения стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности

ПК-3: Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы:

- ПК-3.1: Знает основы архитектуры, устройства и функционирования информационно-вычислительных систем и сетевых подсистем инфокоммуникационной системы организации; основы современных операционных систем; сетевые протоколы
- ПК-3.3: Знает основы программирования; современные объектно-ориентированные языки программирования; современные структурные языки программирования; языки современных бизнес-приложений
- ПК-3.4: Умеет кодировать на языках программирования; тестировать результаты кодирования

ПК-4: Способен принимать обоснованные управленческие решения в своей профессиональной деятельности

- ПК-4.1: Знает языки визуального моделирования
- ПК-4.2: Умеет анализировать и оценивать факторы и условия, влияющие на принятие управленческих решений

- ПК-4.3: Умеет проводить оценку эффективности принятия решения в соответствии с выбранными критериями или выбранными целевыми показателями

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные принципы математического моделирования.
- базовые математические модели, применяемые во всех областях математического моделирования, в том числе при решении задач профессиональной деятельности, и математический аппарат, необходимый для их анализа.
- основы программирования, необходимые для использования специализированного программного обеспечения, ориентированного на решение задач математического моделирования и проведение компьютерных экспериментов.

Уметь:

- применять знания и методы из области математических и естественных наук при выборе математических моделей и методов их анализа в том числе при решении задач профессиональной деятельности
- проводить анализ результатов компьютерных экспериментов;

Владеть:

- навыками использования специализированного программного обеспечения для анализа стандартных математических моделей;
- навыками применения математического моделирования при решении практических задач в профессиональной деятельности.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модуль
		4
Аудиторные занятия (всего)	18	18
Лекции	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Семинары (С)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа (всего)	162	162
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Система компьютерной алгебры Sage	Вводное занятие. Знакомство с системой компьютерной алгебры Sage.
2	Модели роста и распада	Принцип универсальности математических моделей. Иерархия моделей. Модели экономического роста и их аналоги в других предметных областях. Методы исследования моделей, основанных на обыкновенных дифференциальных уравнениях. Разложения в степенные ряды. Метод конечных разностей. Реализация этих методов в CAS.

3	Простейшая модель, описывающая колебания	Простейшая модель, описывающая колебания, и методы ее исследования. Разложения в степенные ряды. Метод конечных разностей и сохранение интегралов движения. Реализация этих методов в CAS.
4	Нелинейные модели, описывающие колебания.	Нелинейные модели, описывающие колебания. Математический маятник. Модель Хищник-Жертва.
5	Собственные и вынужденные колебания струны	Модель, описывающая собственные и вынужденные колебания струны. Спектральный анализ звука.

5.2 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семи н.	СРС	Всего час.
1.	Система компьютерной алгебры Sage	-	-	2	-	27	29
2.	Модели роста и распада	-	-	2	-	27	29
3.	Простейшая модель, описывающая колебания	-	-	4	-	27	31
4.	Нелинейные модели, описывающие колебания.	-	-	4	-	27	31
5.	Собственные и вынужденные колебания струны	-	-	4	-	27	31
	Итоговый контроль	-	-	2	-	27	29
	Итого:			18		162	180

6-7. Лабораторные и практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	1	Реализация метода наименьших квадратов в Sage.	2
2	2	Численное и аналитическое исследование моделей популяционной динамики, основанных на логистическом уравнении.	2
3	2	Падение тела в среде с сопротивлением	2
4	3	Вынужденные колебания маятника, явление резонанса.	1
5	3	Колебания двух связанных маятников. Биение	1
6	4	Задача двух тел	2
7	4	Система хищник-жертва	2
8	5	Исследование возбуждения струны по методу Фурье	2
9	5	Исследование возбуждения струны по методу Даламбера	1
10	5	Спектральный анализ звукозаписи	1
		Итоговый контроль	2

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для выполнения обучающимися лабораторных работ по дисциплине, для проведения обучающимися самостоятельной работы и компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины.

а.) программное обеспечение:

ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)), GNU Midnight Commander (Лицензия GNU GPL 3), редакторы emacs (лицензия GPL) или vi (лицензия BSD), TeXLive (Лицензия GPL-2 LPPL-1.3с TeX), Sagemath (лицензия GPLv3), Sonic Visualiser (лицензия GNU GPL v2)

б.) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ТУИС <http://esystem.pfur.ru>
2. Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
3. Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
4. Общероссийский математический портал mathnet.ru
5. NIST Цифровая энциклопедия математических функций (<https://dlmf.nist.gov>)
6. Старейший ресурс по численным методам в сети Numerical recipes (<http://numerical.recipes/>)

с.) Облачные сервисы:

- CoCalc (<https://cocalc.com>) - веб-платформа для облачных вычислений и управления курсами для вычислительной математики, является частью проекта Sage, поддерживает редактирование рабочих листов Sage, документов LaTeX и блокнотов Jupyter, открывает доступ к экспериментам в консоли Linux (Ubuntu 18.04.2 LTS).
- ShareLaTeX (<https://ru.sharelatex.com>) - онлайн редактор LaTeX, не требует установки, поддерживает совместную работу в реальном времени.
- WolframAlpha (<https://www.wolframalpha.com>) — онлайн система компьютерной алгебры и база знаний
- Math Partner (<http://mathpar.cloud.unihub.ru/ru>) — язык и веб-платформа для облачных вычислений, разработанный группой Г.И. Малошонка.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Голубков А.Ю. и др. Компьютерная алгебра в системе Sage : учебное пособие / А.Ю. Голубков, А.И. Зобнин, О.В. Соколова; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 80 с. - ISBN 978-5-7038-3680-4
2. Компьютерные методы математической физики : учебное пособие / С.А. Васильев, М.Д. Малых, Л.А. Севастьянов. - Москва : РУДН, 2020. - 212 с. : ил. - ISBN 978-5-209-10014-0

б) дополнительная литература

1. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2002. - 320 с. : ил. - ISBN 5-92221-0120-X
2. Компьютерное моделирование в физике : В 2-х частях. Ч. 2 / Х. Гулд, Я. Тобочник; Пер. с англ. А.Н.Полудова и В.А.Панченко. - М. : Мир, 1990. - 400 с. : ил. - ISBN 5-

03-001592-2

3. Братусь, А.С. Динамические системы и модели биологии : научное издание / А.С. Братусь, А.С. Новожилов, А.П. Платонов. - Москва : Физматлит, 2009. - 400 с. - ISBN 978-5-9221-1192-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67304>
4. Лекции по математической физике [Текст] : Учебник по физике / А.Г. Свешников, А.Н. Боголюбов, В.В. Кравцов; А.Г.Свешников, А.Н.Боголюбов, В.В.Кравцов. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 352 с. : ил. - ISBN 5-211-02073-1 : 17.00, а также более поздние издания.
5. Документация по Sage: <http://www.sagemath.org>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Знакомство с каждым разделом следует начинать с просмотра видеолекции, размещенной в ТУИС, где будут сообщены сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ, и на примерах показано, как применять системы компьютерной алгебры для решения поставленных задач.

Задания для лабораторных работ размещены в ТУИС. После просмотра видеолекции рекомендуется сразу перейти к выполнению лабораторных работ по теме. Возникающие при их выполнении вопросы следует задать на форуме, созданном для этой цели на ТУИС.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

ФОС по дисциплине представлен в приложении к данной программе.
Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

д.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной информатики
и теории вероятностей

М.Д. Малых

Руководитель программы

Заведующий кафедрой
прикладной информатики и теории вероятностей,
д.т.н., проф.

К.Е. Самуйлов

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ

(наименование дисциплины)

38.03.05 Бизнес-информатика

(код и наименование направления подготовки)

Бакалавр

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Компьютерный практикум по моделированию

название

Направление: 38.03.05 Бизнес-информатика

шифр

название

Код контр. компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)		Баллы темы	Баллы раздела	
			Аудиторная работа (удаленно)	Самостоятельная работа			
			Выполнение ЛР	Выполнение ЛР			
ОПК-1, ПК-2; ПК-3; ПК-4	Система компьютерной алгебры Sage	Реализация метода наименьших квадратов в Sage.	5	5	10	10	
	Модели роста и распада	Численное и аналитическое исследование моделей популяционной динамики, основанных на логистическом уравнении.	5	5	20	20	
		Падение тела в среде с сопротивлением	5	5			
	Простейшая модель, описывающая колебания	Вынужденные колебания маятника, явление резонанса.	5	5	20	20	
		Колебания двух связанных маятников. Биение	5	5			
	Нелинейные модели, описывающие колебания.	Задача двух тел	5	5	20	20	
		Система хищник-жертва	5	5			
	Собственные и вынужденные колебания струны	Исследование возбуждения струны по методу Фурье	5	5	30	30	
		Исследование возбуждения струны по методу Даламбера	5	5			
		Спектральный анализ звукозаписи	5	5			
			Итого:	50	50	100	100

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОПК-7; ПК-2; ПК-4; ПК-3
(в соответствии с ОС ВО РУДН)

ОПК-7: Способен использовать цифровые технологии и методы в профессиональной деятельности в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.:

- ОПК-7.1: Знает базовые принципы цифровых технологий и методов, необходимых в профессиональной деятельности в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-7.2: Умеет применять необходимые в профессиональной деятельности цифровые технологии и методы в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.
- ОПК-7.3 Владеет необходимыми в профессиональной деятельности технологиями и методами в области бизнес-информатики для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации и пр.

ПК-2: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности:

- ПК-2.3: Имеет практический опыт решения стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности

ПК-3: Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы:

- ПК-3.1: Знает основы архитектуры, устройства и функционирования информационно-вычислительных систем и сетевых подсистем инфокоммуникационной системы организации; основы современных операционных систем; сетевые протоколы
- ПК-3.3: Знает основы программирования; современные объектно-ориентированные языки программирования; современные структурные языки программирования; языки современных бизнес-приложений
- ПК-3.4: Умеет кодировать на языках программирования; тестировать результаты кодирования

ПК-4: Способен принимать обоснованные управленческие решения в своей профессиональной деятельности

- ПК-4.1: Знает языки визуального моделирования
- ПК-4.2: Умеет анализировать и оценивать факторы и условия, влияющие на принятие управленческих решений
- ПК-4.3: Умеет проводить оценку эффективности принятия решения в соответствии с выбранными критериями или выбранными целевыми показателями

Балльно-рейтинговая система оценки уровня знаний

Сводная оценочная таблица дисциплины

Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)		Баллы темы	Баллы раздела
		Аудиторная работа (удаленно)	Самостоятельная работа		
		Выполнение ЛР	Выполнение ЛР		
Система компьютерной алгебры Sage	Реализация метода наименьших квадратов в Sage.	5	5	10	10
Модели роста и распада	Численное и аналитическое исследование моделей популяционной динамики, основанных на логистическом уравнении.	5	5	20	20
	Падение тела в среде с сопротивлением	5	5		
Простейшая модель, описывающая колебания	Вынужденные колебания маятника, явление резонанса.	5	5	20	20
	Колебания двух связанных маятников. Биение	5	5		
Нелинейные модели, описывающие колебания.	Задача двух тел	5	5	20	20
	Система хищник-жертва	5	5		
Собственные и вынужденные колебания струны	Исследование возбуждения струны по методу Фурье	5	5	30	30
	Исследование возбуждения струны по методу Даламбера	5	5		
	Спектральный анализ звукозаписи	5	5		
	Итого:	50	50	100	100

Таблица соответствия баллов и оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F
51-100	Зачет	Passed

Правила применения БРС

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считаются освоенными, если обучающийся набрал более 50 % от возможного числа баллов по этому разделу (теме).
2. Обучающийся не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины, указанные в сводной оценочной таблице дисциплины.
3. По решению преподавателя и с согласия обучающегося, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом обучающимся за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл (51 % от максимального балла).
4. При выполнении обучающимся дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля полученные им баллы засчитываются за конкретные темы. Итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов, установленного по данным темам.
5. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.
6. Время, которое отводится обучающемуся на выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершение отведенного времени обучающийся должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.
7. Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных работ) во время выполнения контрольных мероприятий возможно только с разрешения преподавателя.
8. Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни обучающегося, что подтверждается наличием у него медицинской справки, заверенной круглой печатью КДЦ РУДН, предоставляемой преподавателю не позднее двух недель после выздоровления. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления обучающегося в срок, назначенный преподавателем. В противном случае, отсутствие обучающегося на контрольном мероприятии признается не уважительным.
9. Обучающийся допускается к итоговому контролю знаний с любым количеством баллов, набранных в семестре.
10. Если в итоге за семестр обучающийся получил 0-50 баллов, т. е. FX, то обучающемуся разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов путем повторного однократного выполнения предусмотренных контрольных мероприятий, при этом по усмотрению преподавателя аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится в период обучения по согласованию с деканатом.

Примерный перечень оценочных средств

п/ п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
1	Лабораторная работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий
<i>Самостоятельная работа</i>			
1	Лабораторная работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий

Оценивание результатов освоения дисциплины производится в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

Критерии оценки по дисциплине

95-100 баллов:

- своевременное выполнение практических (лабораторных) работ, предоставление проекта, выполненных на высоком профессиональном уровне;

86- 94 балла:

3. своевременное выполнение практических (лабораторных) работ, предоставление проекта, выполненных на хорошем профессиональном уровне;

69-85 баллов:

- своевременное выполнение практических (лабораторных) работ, предоставление проекта, выполненных на приемлемом профессиональном уровне;

51-68 баллов:

- своевременное выполнение практических (лабораторных) работ, предоставление проекта, выполненных на удовлетворительном уровне;

31 - 50 баллов – НЕ ЗАЧТЕНО:

- несвоевременное выполнение практических (лабораторных) работ, проекта;

0-30 баллов, НЕ ЗАЧТЕНО:

5. несвоевременное предоставление проекта;
6. игнорирование занятий по дисциплине по неуважительной причине.

Темы и содержание лабораторных работ

Л.р. № 1. Реализация метода наименьших квадратов в Sage.

Написать свою реализацию приближения функции $y=f(x)$, заданной таблицей, многочленом заданной степени по МНК в виде функции для Sage. Вход: таблица значений функции (список) и степень многочлена. Выход: многочлен.

Л.р. № 2. Численное и аналитическое исследование моделей популяционной динамики, основанных на логистическом уравнении.

Для логистического уравнения с заданным начальным условием

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 3. Падение тела в среде с сопротивлением

Малое по размерам тело массой 100 г. падает вертикально вниз без начальной скорости. Рассмотрите три модели, описывающие падение тела (сопротивления нет, сопротивление среды пропорционально скорости и сопротивление пропорционально квадрату скорости). В рамках каждой из моделей (взяв коэффициент пропорциональности равным 0.1)

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 4. Вынужденные колебания маятника, явление резонанса.

В рамках линейной модели

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 5. Колебания двух связанных маятников. Биение.

В рамках линейной модели

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 6. Задача двух тел.

В рамках модели Кеплера

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 7. Система хищник-жертва.

В рамках модели

- 1.) найдите в Sage элементарное выражение для решения, постройте график решения
- 2.) постройте график решения, используя метод конечных разностей.
- 3.) постройте график суммы первых 100 членов степенного ряда для решения этой. Сравните его с полученными ранее. При каких значениях t можно использовать этот ряд?

Л.р. № 8. Исследование возбуждения струны по методу Фурье.

Написать свою реализацию решения начальной краевой задачи по методу Фурье в виде функции для Sage. Вход: начальный профиль струны и профиль скоростей, число N . Выход: сумма первых N членов для решения в виде символического выражения.

Л.р. № 9. Исследование возбуждения струны по методу Даламбера.

Написать свою реализацию решения начальной краевой задачи по методу Фурье в виде функции для Sage. Вход: начальный профиль струны и профиль скоростей. Выход: символическое выражение для решения

Л.р. № 10. Спектральный анализ звукозаписи.

Задана звукозапись. Провести анализ мелодического диапазона в СПО.