Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра радиофизики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ
Декан _____ Буднев Н.М.
«23» мая 2018 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.Б.10.2 Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)

Направление подготовки 03.03.03 «Радиофизика»

Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки Радиоэлектронные устройства, методы обработки сигналов и автоматизации

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 14 от «26» апреля 2018 г.
Председатель _____ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 10
От «19» апреля 2018 г.
И.О.Зав. кафедрой _____ Колесник С.Н.

Иркутск 2018 г.

Содержание

стр.

1. Цели и задачи дисциплины (модуля): 3

2. Место дисциплины в структуре ОПОП: 3

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): 3

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы 4

5. Содержание дисциплины (модуля).....4

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....4

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами 4

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий 5

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ 6

6.1. План самостоятельной работы студентов 7

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....8

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....8

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): 9

а) основная литература.....9

б) дополнительная литература.....9

в) программное обеспечение 9

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы 9

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля): 9

10. Образовательные технологии:.....9

11. Оценочные средства (ОС): 9

11.1. Оценочные средства для входного контроля. 9

11.2. Оценочные средства текущего контроля.....9

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета с оценкой). 10

Приложение 1. Задания к лабораторным работам 12

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цель курса – дать студентам представление о современных методах обработки информации средствами вычислительной математики и исследования явлений путем их численного моделирования на компьютерах, способствовать развитию их интеллектуальных, творческих способностей и критического мышления в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации информации.

Для достижения данной цели были поставлены **задачи**:

- познакомится с возможностями использования персонального компьютера в решении широкого круга радиофизических задач;
- изучить основы численных методов анализа;
- изучить основы средства и инструменты математического и компьютерного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Данный курс следует рассматривать как раздел единого курса информатики, состоящего из разделов «Алгоритмы и языки программирования», «Численные методы и математическое моделирование», «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)». В едином курсе информатики предусмотрены последовательные лекционные курсы, единый лабораторный практикум и совместные оценочные средства контроля.

Дисциплина «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)» входит в базовую часть основной профессиональной образовательной программы по направлению 03.03.03 «Радиофизика». При изучении курса «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)» используются знания, приобретенные при изучении дисциплин модуля Математика и курсов «Алгоритмы и языки программирования», «Численные методы и математическое моделирование».

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-1 - способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

ПК-3 - владение компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	основные приемы математического моделирования физических процессов.

Уметь:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	Планировать разработку вычислительных задач для их реализации на компьютере

Владеть:

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	Навыками работы в современных системах компьютерного моделирования

	и программирования.
ПК-3	Навыками программирования численных задач радиофизики.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
				3	
Аудиторные занятия (всего)	62/1,72			62/1,72	
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	36/1			36/1	
Контроль самостоятельной работы (КСР)	26/0,72			26/0,72	
Самостоятельная работа (всего)	10/0,28			10/0,28	
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
Другие виды самостоятельной работы	10/0,28			10/0,28	
Вид промежуточной аттестации (*зачет с оценкой*)					
Контактная работа (всего)	64/1,78			64/1,78	
Общая трудоемкость часы	72			72	
зачетные единицы	2			2	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

I. ВВЕДЕНИЕ В ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
1. Обработка экспериментальных данных на компьютере
2. Численное решение нелинейных уравнений
3. Приближенные вычисления определенных интегралов
4. Метод Монте - Карло
5. Задачи оптимизации
6. Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений
7. Ряды и дифференциальные уравнения
8. Численное решение задачи с краевыми условиями для дифференциальных уравнений

II. ПАКЕТ MODELLUS И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАДИОФИЗИКЕ
1. Основы математического и компьютерного моделирования
2. Пакет MODELLUS – разработка моделей
3. Вычислительные процессы в MODELLUS
4. Графика и анимация в MODELLUS
5. Примеры компьютерного моделирования

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
1.	Курсовая работа 1	I				
2.	Курсовая работа 2	I	II			
3.	Производственная практика «Практика по получению профессиональных умений и навыков»	I	II			
4.	Преддипломная практика	I	II			
5.	Государственная итоговая аттестация (выпускная квалификационная работа)	I	II			

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	Всего
I.	Введение в численные методы					20	6	26
1		Обработка экспериментальных данных на компьютере				4	0.5	4.5
2		Численное решение нелинейных уравнений				2	0.5	2.5
3		Приближенные вычисления определенных интегралов				2	0.5	2.5
4		Метод Монте-Карло				4	1	5
5		Задачи оптимизации				1	0.5	1.5
6		Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений				3	1	4
7		Ряды и дифференциальные уравнения				2	0.5	2.5
8		Численное решение задачи с краевыми условиями для дифференциальных уравнений				2	1.5	2.5
II	Пакет MODELLUS и компьютерное					16	4	20

	моделирование в радиофизике							
9		Основы математического и компьютерного моделирования				2	0.5	2.5
10		Пакет MODELLUS – разработка моделей				3	1	4
11		Вычислительные процессы в MODELLUS				5	1	6
12		Графика и анимация в MODELLUS				3	0.5	3.5
13		Примеры компьютерного моделирования				3	1	4

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	I.1	Обработка экспериментальных данных на компьютере (ЛР)	4	Задание к лабораторной работе 1,2	ОПК-1, ПК-3
2	I.2	Численное решение нелинейных уравнений (ЛР)	2	Задание к лабораторной работе 3	ОПК-1, ПК-3
3	I.3	Приближенные вычисления определенных интегралов (ЛР)	2	Задание к лабораторной работе 4,5	ОПК-1, ПК-3
4	I.4	Метод Монте – Карло (ЛР)	4	Задание к лабораторной работе 6,7	ОПК-1, ПК-3
5	I.5	Задачи оптимизации (ЛР)	1	Задание к лабораторной работе 8	ОПК-1, ПК-3
6	I.6	Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений (ЛР)	3	Задание к лабораторной работе 9,10	ОПК-1, ПК-3
7	I.7	Ряды и дифференциальные уравнения (ЛР)	2	Задание к лабораторной работе 11	ОПК-1, ПК-3
8	I.8	Численное решение задачи с краевыми условиями для дифференциальных уравнений (ЛР)	2	Задание к лабораторной работе 12	ОПК-1, ПК-3

9	II.9	Основы математического и компьютерного моделирования (ЛР)	2	Задание к лабораторной работе 13	ОПК-1, ПК-3
10	II.10	Пакет MODELLUS – разработка моделей (ЛР)	3	Задание к лабораторной работе 14	ОПК-1, ПК-3
11	II.11	Вычислительные процессы в MODELLUS (ЛР)	5	Задание к лабораторной работе 15	ОПК-1, ПК-3
12	II.12	Графика и анимация в MODELLUS (ЛР)	3	Задание к лабораторной работе 16	ОПК-1, ПК-3
13	II.13	Примеры компьютерного моделирования (ЛР)	3	Задание к лабораторной работе 17	ОПК-1, ПК-3

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-2	Обработка экспериментальных данных на компьютере	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
3	Численное решение нелинейных уравнений	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
4	Приближенные вычисления определенных интегралов	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
5-6	Метод Монте - Карло	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1
7	Задачи оптимизации	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
8-9	Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1
9	Ряды и дифференциальные уравнения	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5

10-11	Численное решение задачи с краевыми условиями для дифференциальных уравнений	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1.5
12	Основы математического и компьютерного моделирования	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
13	Пакет MODELLUS – разработка моделей	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1
14 – 15	Вычислительные процессы в MODELLUS	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1
16	Графика и анимация в MODELLUS	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	0.5
17-18	Примеры математического моделирования	Внеаудиторная	- подготовка к выполнению лабораторных заданий	Источники 1,2 из основной литературы и 1 из дополнительной	1

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля

Теоретические занятия дисциплины представлены в виде лекций в курсе «Численные методы и математическое моделирование».

Отличительной особенностью данной дисциплины является ее практическая направленность. В ходе лекций предполагается рассматривать только основные теоретические основы обработки сигналов спутниковых навигационных сигналов, а подробное изучение теоретических положений и практических приложений теории должно проводиться в часы проведения практических занятий, а также внеаудиторной СРС. Для этого преподаватель выдает студентам задания для выполнения практически занятий.

б) Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в выполнении практических заданий. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует успешной подготовке к зачету.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Прикладная информатика [Текст] : учеб. пособие / В. Б. Иванов ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 194 с. : ил. ; 20 см. - ISBN 978-5-9624-0616-9. 124 экз.

2. Красов В.И., Кринберг И.А., Паперный В.Л. Компьютерные технологии в физике. Часть 1. Компьютерное моделирование физических процессов: Учебное пособие. - Иркутск: ИГУ, 2006. - 99 с. http://window.edu.ru/resource/125/30125.

б) дополнительная литература

1. Компьютерное моделирование и программирование [Текст] : учеб.пособие / В.Б. Иванов; М-во образования РФ. - Иркутск : Изд-во ИГУ. Ч.1 : Основы компьютерного моделирования. - 2003. - 91 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с.91. 33 экз.

2. Корнюшин П.Н. Численные методы: Учебное пособие. - Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2002. - 104 с. http://window.edu.ru/resource/958/40958.

в) программное обеспечение

Пакет MODELLUS 2.5,

Пакет RAD Studio 10.2 Tokyo Pro Academic (лицензия SKU BDB203MLEDWB0).

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

интернет-ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Компьютерный класс со специализированным программным обеспечением для проведения практических занятий, мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материала.

10. Образовательные технологии:

При проведении лабораторных занятий студентам (в отдельных случая – группам студентов) предлагается выполнять задания по текущей теме, также используется технология проведения лабораторных работ-исследований.

11. Оценочные средства (ОС):

11.1. Оценочные средства для входного контроля.

Оценочных средств для входного контроля не требуются.

11.2. Оценочные средства текущего контроля.

11.2.1 Перечень оценочных средств

Для оценки достижений студентов в процессе изучения дисциплины; управления процессом приобретения студентами необходимых знаний, умений, навыков и формирования компетенций; оценки способностей студента к творческой деятельности, обеспечивающей решения новых задач; обеспечения соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности осуществляется поэтапный контроль степени освоения компетенций. В таблице приведены этапы освоения компетенций и виды оценочных средств, предназначенных для оценивания компетенций на разных стадиях обучения студентов.

№ п/п	Модуль, раздел (в соответствии с РП)	Контролируемые компетенции (или их части)	Вид оценочного средства
1	Раздел I	ОПК-1, ПК-3	Задания к лабораторным работам
2	Раздел II	ОПК-1, ПК-3	Задания к лабораторным работам

Контроль качества освоения студентами дисциплины осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС). Индикатором сфомированности компетенции является начисление студенту баллов за выполнение каждого лабораторного задания.

11.2.2 Характеристика оценочных средств

1. Лабораторные разноуровневые задания.

Назначение оценочного средства - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является получение им балла, превышающего пороговое значение в 3 балла за выполнение одной лабораторной работы. В семестре предполагается выполнение лабораторных работ по 8 разделам. Суммарно для допуска к зачету студент должен получить за выполнение лабораторных работ не менее 36 баллов.

Параметры оценочного средства для лабораторных заданий 1-12

Критерии оценки	Оценка		
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания **(5 баллов)**	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки **(4 балла)**	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки **(3 балла)**

Параметры оценочного средства для лабораторных заданий 13-17

Критерии оценки	Оценка		
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания **(6 баллов)**	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки **(5 балла)**	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки **(4 балла)**

Задания к лабораторным работам приведены в приложении 1

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета с оценкой).

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой.

11.3.1 Перечень оценочных средств

Оценочные средства текущего контроля.

11.3.2 Характеристика оценочных средств

Студент аттестуется по результатам работы в семестре и набранным баллам. Итоговый рейтинг студента формируется следующим образом:

№ п/п	Вид учебной деятельности	баллы	Максимально за 1 семестр
2	Выполнение лабораторного задания в компьютерном классе за задание	5 - 6	90
4	Премиальные баллы за интерес к изучению курса (за семестр)	10	10
		Всего:	100

Студенту, набравшему в течение семестра за текущую работу 60 и более баллов, зачет по дисциплине может быть выставлен без процедуры сдачи. При этом в соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки успеваемости студентов выставляются следующие оценки:

Итоговый семестровый рейтинг ($S_{итог}$)	Академическая оценка	
60-70 баллов	«удовлетворительно»	«зачтено»
71…80 баллов	«хорошо»	
81…100 баллов	«отлично»	

Если студент не набрал необходимое количество баллов по тем разделам, которые остались не изучены (пропущены, не сданы на положительную оценку) и соответствующему виду оценочных средств, предлагается дополнительные дни, когда студент может набрать необходимые для получения зачета баллы.

Разработчики:

профессор В.Б. Иванов

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники
«19» апреля 2018 г.
Протокол № 10 И.О.Зав. кафедрой Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Приложение 1. Задания к лабораторным работам

Задание 1. Найти коэффициент парных корреляций для массивов, построенных из функций y=sin(x) и y=x при изменении аргумента от 0 до 1 с шагом 0.01.

Задание 2. Провести линейную регрессию для облака точек, полученных из линейной функции со случайной добавкой, имеющей нулевое среднее. Сравнить исходные коэффициенты a и b линейной зависимости y=ax+b с коэффициентами, полученными из регрессии. Представить графически исходную прямую, облако точек и прямую с коэффициентами, полученными из линейной регрессии.

Задание 3. Найти корень уравнения sin(x)=0.5 на интервале от 0 до 1 с относительной ошибкой, не превышающей 1%. Решение получить методом деления отрезка пополам.

Задание 4. Методом трапеций и методом Симпсона вычислить определенный интеграл:

$$\int_0^{\pi} \sin(x)dx.$$

Убедиться в том, что метод Симпсона дает более точное значение интеграла по сравнению с методом трапеций при одинаковом числе разбиений интервала интегрирования.

Задание 5. Вычислить с заданной точностью несобственный интеграл:

$$\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x}}.$$

Необходимо разбить область интегрирования на две подобласти, первая из которых содержит нижний предел интегрирования, и к ней применяется формула Гаусса, а к другой подобласти применяется формула Симпсона.

Задание 6. Для рассмотренной в лекционном курсе системы найти с помощью метода Монте-Карло ее коэффициент готовности, если коэффициенты готовности элементов заданы следующими числами: d_1=0.8, d_2=0.7, d_3=0.5, d_4=0.8, d_5=0.7. Определить зависимость относительной ошибки результата от числа испытаний, если точное значение коэффициента готовности, в данном случае, равно 0.84.

Задание 7. Методом Монте-Карло вычислить двойной интеграл:

$$\iint (x^2 + y^2)dxdy$$

для области интегрирования, заданной следующими неравенствами:

$$x \le 0,\ \ y \le 0,\ \ x^2 + y^2 \le 4.$$

Определить количество испытаний, требующееся для достижения относительной точности 0.01.

Задание 8. Найти точку, доставляющую минимум функции двух переменных:

$$f(x, y) = x^2 - \sqrt{y} + y\sin(2x) + 2.5$$

при ограничениях:

$$y \ge 1,\ \ x^2 + y^2 \le 9,\ \ 2x + 3y \ge 4.$$

Задание 9. Решить дифференциальное уравнение y'=y на интервале от 0 до 2 с начальным условием y(0)=1 методом Эйлера и по неявной схеме. Сравнить оба численных решения с точным y=exp(x) путем построения графиков решений. Предусмотреть возможность изменения величины шага интегрирования, и убедиться в том, что с уменьшением шага точность улучшается.

Задание 10. Методом Рунге-Кутта четвертого порядка решить дифференциальное уравнение:

$$\frac{dy}{dx} = xy$$

с начальным условием y(0)=1 на интервале от 0 до 1. Построить графики численного решения и точного решения:

$$y = e^{x^2/2}.$$

Задание 11. С помощью разложения функции в ряд Тейлора разработать программу, вычисляющую значение функции sin(x) с максимально возможной машинной точностью (суммировать ряд до тех пор, пока очередной член ряда не обратится в машинный ноль).

Задание 12. Методом прогонки решить следующую краевую задачу:

$$x\frac{d^2y}{dx^2} + 2\frac{dy}{dx} - xy = e^x,\ \ y(1) = 0,\ \ y(2) = 1.$$

Построить графики численного решения и точного решения:

$$y = \frac{e^x}{2} + \frac{C_1 e^x - C_2 e^{-x}}{x},$$

где

$$C_1 = \frac{5-2e^2}{2(e^2-1)},\ C_2 = (C_1 + \frac{1}{2})e^2.$$

Проанализировать зависимость точности численного решения от числа разбиений интервала, на котором ищется решение.

Задание 13. В пакете MODELLUS построить (графически) фигуры Лиссажу при отношении частот колебаний 1:2, 3:1 и 1:√2.

Задание 14. В MODELLUS получить решение уравнения затухающих колебаний y’’ –2gy’+y=0 с начальными условиями y(t=0)=1, y’(t=0)=0 на интервале t от 0 до 15. Необходимо преобразовать уравнение в систему двух уравнений первого порядка. Использовать встроенные средства пакета. Подобрать параметр g таким образом, чтобы на графике было четко видно затухание колебаний.

Задание 15. В пакете MODELLUS разработать модель движения тела, брошенного вверх под углом к горизонту с учетом сопротивления воздуха. С помощью графического отображения траектории подобрать начальную скорость тела (при фиксированном угле), обеспечивающую падение тела на заданную дальность.

Задание 16. Средствами MODELLUS разработать модель движения тела в центральном гравитационном поле. Продемонстрировать графически возможность реализации эллиптических и параболических траекторий, в зависимости от начальной скорости. Представить модель с помощью инструментов анимации, отобразив привязанный к телу вектор ускорения.

Задание 17. В пакете MODELLUS реализовать модель странного аттрактора.