

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Численные методы и математическое моделирование С2.Б.12

Специальность: 011501.65 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: специалист

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Шиманский В.В.

**Рецензент(ы):**

Кондратьева Е.Д.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Шиманский В.В. Кафедра астрономии и космической геодезии Отделение астрофизики и космической геодезии, Slava.Shimansky@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) "Численные методы и математическое моделирование" является получение студентами базовых знаний о современных методах обработки экспериментальных и теоретических данных, способах численного построения моделей объектов и процессов в различных областях астрономии и физики и возможностью их программной реализации на ЭВМ.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "С2.Б.12 Математический и естественнонаучный" основной образовательной программы 011501.65 Астрономия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина относится к циклу С2 (математический и естественнонаучный цикл).

Изучению данной дисциплины должно предшествовать изучение следующих физико-математических дисциплин: математика (все разделы), общая физика (все разделы), информатика (все разделы), профессиональных дисциплин: общая астрономия, астрометрия, небесная механика, современные методы наблюдений.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	умение находить, анализировать и обрабатывать информацию, в том числе относящуюся к новым областям знаний, непосредственно не связанным со сферой профессиональной деятельности
ПК-13 (профессиональные компетенции)	наличие подготовки к преподаванию астрономии, физики, математики и информатики в высших и средних учебных заведениях
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность и готовность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
ПК-6 (профессиональные компетенции)	владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией и общения через Интернет
ПК-7 (профессиональные компетенции)	владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин
ПК-8 (профессиональные компетенции)	владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- аппарат численных методов обработки информации и математического моделирования, методы численного интегрирования (ПСК-4.1);
- способы разработки и оптимизации численных методов разных типов;
- методы решения конкретных задач обработки данных и моделирования в различных областях физики и астрономии;
- основные подходы к реализации численных схем на ЭВМ, способы их тестирования и отладки.

2. должен уметь:

- разрабатывать оптимизированные численные схемы для решения конкретных задач; обрабатывать результаты наблюдений (ПСК-4.2);
- реализовывать методы обработки данных и моделирования на ЭВМ на основе применения современных программных пакетов и сред системного программирования;
- выполнять комплекс работ по отладке и тестированию реализованных методов и разработке интерфейсов их применения, удобных для пользователей.

3. должен владеть:

- аппаратом построения численных схем для решения практических и теоретических задач физики и астрономии;
- набором стандартных методов обработки информации и численного моделирования;
- всесторонними навыками программирования численных алгоритмов;
- методами критического анализа модельных расчетов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

-

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### **4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

##### **Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	8	1-2	2	6	0	
2.	Тема 2. Интерполяция	8	3-4	2	2	0	
3.	Тема 3. Дифференцирование	8	5-6	2	4	0	контрольная работа
4.	Тема 4. Линейные уравнения	8	7	2	2	0	
5.	Тема 5. Обратные матрицы и лпределители	8	8	2	2	0	
6.	Тема 6. Нелинейные уравнения	8	9	2	2	0	
7.	Тема 7. Системы нелинейных уравнений	8	10	2	4	0	контрольная работа
8.	Тема 8. Интегрирование	8	11-12	2	4	0	
9.	Тема 9. Интегрирование наивысшей точности	8	13	2	4	0	
10.	Тема 10. Уточнение интегрирования	8	14	2	4	0	контрольная работа
11.	Тема 11. Дифференциальные уравнения	8	15	2	2	0	
12.	Тема 12. Одношаговые методы	8	15	2	2	0	
13.	Тема 13. Многошаговые методы	8	17	2	4	0	
14.	Тема 14. Граничные задачи	8	18	2	2	0	контрольная работа
<b>4.2 Содержание дисциплины</b>							
<b>Тема 1. Введение</b>							
<b>лекционное занятие (2 часа(ов)):</b>							

ведение. Сфера применения численных методов. Способы построения численных схем. Общие требования к устойчивости и сходимости. Особенности реализации методов на ЭВМ. Требования к точности промежуточных вычислений и пути ее повышения. Практические способы оптимизации численных схем для различных функций. Способы численной оценки точности и сходимости методов на ЭВМ.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Цели и виды интерполяции. Погрешность и сходимость задач. Определитель Вандермонда. Конечные разности. Разностные отношения и их свойства. Формы Лагранжа и Ньютона. Схема Эйткена. Интерполирование с кратными или равноотстоящими узлами. Оценка остаточного члена.

## **Тема 2. Интерполяция**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Полиномы Чебышева: вычисление узлов и весовых коэффициентов. Ортогональные многочлены Чебышева. Понятие о минимизации функционала.

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Принципы интерполяции многомерных функций. Построение систем уравнений для интерполяции многомерных функций.

## **Тема 3. Дифференцирование**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Сплайновая интерполяция. Общие требования к сплайнам. Сплайны второго и третьего порядков и методы их построения. Выбор граничных условий.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Метод диагональной прогонки. Рациональная интерполяция. Численное дифференцирование и его точность. Уточнение Рунге.

## **Тема 4. Линейные уравнения**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Решение систем линейных уравнений. Постановка задачи. Методы оптимизации систем. Методы единственного деления и оптимального исключения

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Расчет определителей и обратных матриц. Уточнение приближенной матрицы.

## **Тема 5. Обратные матрицы и определители**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Методы разложения матриц и ортогонализации. Итерационные методы. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Оптимизация итерационных методов.

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Оценка погрешности решения системы. Мера обусловленности. Уточнение приближений и ускорение сходимости.

## **Тема 6. Нелинейные уравнения**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Решение численных уравнений. Метод простой итерации. Ускорение сходимости. Методы линейного интерполирования и секущих.

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Преобразования Эйткена и преобразования уравнений. Метод Ньютона для одного уравнения, сходимость, случай кратного корня. Интерполяционные методы.

## **Тема 7. Системы нелинейных уравнений**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Решение систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Зейделя и их сходимости. Метод ускоренной  $\rho$ -итерации. Ускорение сходимости.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Принцип линеаризации нелинейных уравнений. Метод линеаризации, его сходимость. Представление производных. Методы градиентного спуска.

## **Тема 8. Интегрирование**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Выбор методов интегрирования. Квадратурные суммы, сходимость квадратуры.

Интерполяционная квадратура. Формулы Ньютона - Котеса с равноотстоящими узлами.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Повышение точности схем Ньютона ? Котеса. Формулы трапеций, Симпсона и трех восьмых.

### **Тема 9. Интегрирование наивысшей точности**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Формулы наивысшей точности, их построение и требования к ним. Представления Гаусса.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Интегрирование функций многочленами Чебышева-Лагера, Чебышева-Эрмита и Якоби. Интегрирование с учетом граничных условий.

### **Тема 10. Уточнение интегрирования**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Интегрирование с равными коэффициентами. Формулы Чебышева. Увеличение точности квадратурных формул.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Уточнение Рунге при вычислении интегралов. Интегрирование быстро осциллирующих функций.

### **Тема 11. Дифференциальные уравнения**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Решении дифференциальных уравнений. Общая постановка задачи Коши для уравнения первого порядка. Градация методов.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Одношаговые методы. Метод разложения в ряды Тейлора и их сходимость. Схемы последовательного повышения точности.

### **Тема 12. Одношаговые методы**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы Рунге ? Кутта. Формы и точность схем Рунге ? Кутта разных порядков.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Расширение схем Рунге-Кутта на системы уравнений и уравнения высших порядков.

### **Тема 13. Многошаговые методы**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Двусторонние и многошаговые методы. Экстраполяционные и интерполяционные схемы Адамса-Бофора.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Методы Коуэлла и способы их применения. Погрешности многошаговых методов.

### **Тема 14. Граничные задачи**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Граничные задачи. Решение граничных задач методом сеток. Расширение метода сеток на уравнения высших порядков.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Аппроксимационные методы и особенности их применения. Метод наименьших квадратов.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Дифференцирование	8	5-6	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Системы нелинейных уравнений	8	10	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
10.	Тема 10. Уточнение интегрирования	8	14	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
14.	Тема 14. Граничные задачи	8	18	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Образовательная технология включает гибкое взаимодействие двух основных форм обучения - лекционного изложения материала и практической реализацией конкретных методов.

Лекционный материал подается как в классической форме информационной лекции, так и форме подачи видеоматериала с последующими комментариями и проведением интерактивных занятий.

Особый акцент делается на развитии практических навыков обучающихся, связанных с реализацией численных методов на ЭВМ при решении часто встречающихся проблем физики и астрономии. Материал курса разделен на 4 блока, в рамках которых студенты должны решить ряд задач, а так же разработать индивидуальный проект, включающий программную реализацию конкретного численного метода, его отладку и тестирование на заданном примере.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Введение

### Тема 2. Интерполяция

### Тема 3. Дифференцирование

контрольная работа , примерные вопросы:

Программное решение задачи по теме "Интерполяция"

### Тема 4. Линейные уравнения

### Тема 5. Обратные матрицы и лпределители

### Тема 6. Нелинейные уравнения

### Тема 7. Системы нелинейных уравнений

контрольная работа , примерные вопросы:

Программное решение задачи по теме "Системы уравнений"

### Тема 8. Интегрирование

### Тема 9. Интегрирование наивысшей точности

### Тема 10. Уточнение интегрирования

контрольная работа , примерные вопросы:

Программное решение задачи по теме "Интегрирование"

### Тема 11. Дифференциальные уравнения

### Тема 12. Одношаговые методы

### Тема 13. Многошаговые методы

## **Тема 14. Граничные задачи**

контрольная работа , примерные вопросы:

Программное решение задачи по теме "Дифференциальные уравнения"

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Текущий контроль осуществляется по участию в практических занятиях.

Промежуточный контроль - 4 контрольных работы по базовым темам курса.

Итоговый контроль - экзамен.

### **7.1. Основная литература:**

Основы численных методов, Вержбицкий, Валентин Михайлович, 2009г.

Численные методы, Бахвалов, Николай Сергеевич;Жидков, Николай Петрович;Кобельков, Георгий Михайлович, 2006г.

Численные методы в примерах и задачах, Киреев, Владимир Иванович;Пантелеев, Андрей Владимирович, 2006г.

Вычислительная линейная алгебра, Вержбицкий, Валентин Михайлович, 2009г.

Численные методы, Вержбицкий, Валентин Михайлович, 2005г.

Численные методы, Вержбицкий, Валентин Михайлович, 2005г.

Основы численных методов, Вержбицкий, Валентин Михайлович, 2005г.

Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения, Демидович, Борис Павлович;Марон, Исаак Абрамович;Шувалова, Эмма Зиновьевна;Демидович, Борис Павлович, 2008г.

Введение в численные методы, Глазырина, Людмила Леонидовна;Карчевский, Михаил Миронович, 2012г.

1. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие для студ. техн. вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев . ? 3-е изд., стер. ? М. : Высш. шк., 2008 .

? 480 с. ? (Прикладная математика) . (НБ КФУ - 8 экз.)

### **7.2. Дополнительная литература:**

Основы численных методов, Турчак, Леонид Иванович;Плотников, Павел Владимирович, 2005г.

Численные методы и программирование, Колдаев, Виктор Дмитриевич, 2011г.

Численные методы в примерах и задачах, Киреев, Владимир Иванович;Пантелеев, Андрей Владимирович, 2004г.

Численные методы и программирование, Коробицын, Виктор Викторович;Фролова, Юлия Владимировна, 2004г.

Численные методы, Лапчик, Михаил Павлович;Рагулина, Марина Ивановна;Хеннер, Евгений Карлович;Лапчик, М.П., 2009г.

Численные методы, Волков, Евгений Алексеевич, 2008г.

Численные методы, Бахвалов, Николай Сергеевич;Жидков, Николай Петрович;Кобельков, Георгий Михайлович, 2007г.

Численные методы, Слабнов, Виктор Дмитриевич, 2012г.

Численные методы. Основы научных вычислений, Зализняк, Виктор Евгеньевич, 2012г.

Численные методы, Пирумов, Ульян Гайкович, 2004г.

Введение в численные методы, Самарский, Александр Андреевич, 2005г.

1. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев .? Издание 13-е, исправленное .? Москва : Наука, 1986 .? 544 с. (НБ КФУ - 46 экз.)
2. Методы вычислительной математики : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика" / Г. И. Марчук .? Изд. 3-е, перераб. и доп. ? Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1989 .? 608 с. : ил. ? Библиогр.: с. 575-608. (НБ КФУ - 5 экз.)
3. Квадратурные формулы / С. М. Никольский ; С доб. Н. П. Корнейчука .? Издание 4-е, дополненное .? Москва : Наука, 1988 .? 254,[1] с. ; 22 см .? Библиогр.: с. 126 (22 назв.), 248-253 (98 назв.) .? Предм. указ.: с. 254 .? ISBN 5-02-013786-3 : 2 р. 10 к. (НБ КФУ - 1 экз.)
4. Вычислительные методы : учебное пособие / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный .? Москва : Наука, 1977 .? 400с. : ил. (НБ КФУ - 4 экз.)  
Вычислительные методы : учебное пособие / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный .? Москва : Наука, 1976 .? 304с. : ил. (НБ КФУ - 2 экз.)
5. Начала теории вычислительных методов. Уравнения в частных производных / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный ; Ин-т математики АН БССР, Белорус. гос. ун-т им. В. И. Ленина .? Минск : Наука и техника, 1986 .? 310,[1] с. : граф. ; 22 см .? Библиогр.: с. 307-308 (24 назв.) .? 3 р. (НБ КФУ - 1 экз.)  
Начала теории вычислительных методов : линейная алгебра и нелинейные уравнения .? Минск, 1985. (НБ КФУ - 2 экз.)  
Начала теории вычислительных методов : интерполирование и интегрирование / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный .? Минск : Наука и техника, 1983 .? 287 с. ; 22. (НБ КФУ - 1 экз.)  
Начала теории вычислительных методов : интегральные уравнения, некорректные задачи и улучшение сходимости / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный .? Минск : Наука и техника, 1984 .? 263 с. : табл. ; 21 см. ? 1 р. 90 к. (НБ КФУ - 4 экз.)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

-  
-  
-  
-  
-

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Численные методы и математическое моделирование" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- количество единиц вычислительной техники, имеющей архитектуру x86-64 - 15
- доступ к электронным ресурсам КГУ и сети Интернет с стационарных компьютеров и личных мобильных устройств через WiFi-маршрутизатор с встроенными функциями адаптера к высокоскоростным сетям LAN 10/100Mbit;
- полный набор операционных систем Windows Windows 7x64

для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Microsoft Power Point в составе Microsoft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adobe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Microsoft);

стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 011501.65 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Шиманский В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кондратьева Е.Д. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.