

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Численные методы Б1.Б.12

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Шиманский В.В.

Рецензент(ы):

Усанин В.С. , Кондратьева Екатерина Дмитриевна

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

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 "Б1.Б.12 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 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
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность и готовностью самостоятельно приобретать с помощью информационных и наблюдательных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и прямого общения через сеть Интернет с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин
ПК-11 (профессиональные компетенции)	владение навыками к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать и реализовывать учебные программы курсов (дисциплин, предметов) по астрономии, физике, математике и информатике в различных образовательных организациях и создавать необходимые учебные пособия

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 продемонстрировать 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные 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
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			28	44	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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 μ -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 квадратур. 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
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"

Итоговая форма контроля

экзамен (в 8 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Вопросы к экзамену

1. Постановка задачи интерполяции. Виды интерполяции.
2. Конечные разности, разностные отношения, их свойства.
3. Интерполяционные формы Лагранжа и Ньютона, их сходства и различия. Схема Эйткена.
4. Интерполяция с кратными узлами, способы ее построения. Рациональная интерполяция и сфера ее применения.
5. Сплайновая интерполяция. Построение сплайнов 2 и 3 порядков.
6. Многочлены Чебышева. Определение узлов, интерполирование многочленами Чебышева.
7. Численное дифференцирование. Способы построения схем дифференцирования, оценка погрешностей, уточнение Рунге.
8. Методы Гаусса решения систем линейных уравнений.
9. Приложение методов Гаусса к нахождению определителей и обратных матриц. Методы уточнения матриц.
10. Принципы построения метода ортогонализации.
11. Методы простой итерации и Зейделя решения систем линейных уравнений. Оценка границ сходимости.
12. Методы простой итерации, ускоренной итерации и секущих решения нелинейных уравнений.
13. Метод Ньютона. Оценка сходимости различных методов решения нелинейных уравнений. Пути повышения сходимости. Метод преобразования уравнения.
15. Решение систем нелинейных уравнений. Методы ускоренной \square -итерации и Ньютона.
14. Постановка задачи интегрирования, Понятия квадратурной суммы, квадратурных коэффициентов и весовой функции. Способы построения схем численного интегрирования.
16. Интерполяционная квадратура. Формулы Ньютона - Котеса.
17. Формулы трапеций, Симпсона и "трех восьмых" и оценки остаточных членов для них. Принцип деления отрезков.
18. Формулы наивысшей точности. Принцип определения узлов и весовых коэффициентов. Ортогональные многочлены Лежандра. Формулы Гаусса - Кристофеля.
19. Интегрирование с равными коэффициентами и формулы Чебышева.
20. Уточнение Рунге для численного интегрирования.
21. Задача Коши. Виды методов для решения задачи Коши. Принцип разложения функций в ряд. Способы представления производных.
22. Принцип построения схем Рунге - Кутты. Определение остаточного члена и его минимизация. Построение систем определяющих уравнений. Подходы к выбору свободных параметров.

23. Схемы Рунге - Кутта разных порядков. Обобщение схем Рунге - Кутта на уравнения второго порядка.
24. Понятие и типы многошаговых методов. Принцип построения схем Адамса - Бофора.
25. Экстраполяционные и интерполяционные методы Адамса - Бофора. Схемы Коуэлла и способы их применения.

7.1. Основная литература:

1. Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. - 4-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 448 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/65043>
2. Численные методы: Учебное пособие / Калиткин Н.Н., - 2-е изд., исправленное. - СПб:БХВ-Петербург, 2015. - 587 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/944508>

7.2. Дополнительная литература:

1. Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/441232>
2. Волков, Е.А. Численные методы : учебник / Е.А. Волков. - 5-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 256 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/54>

7.3. Интернет-ресурсы:

-
-
-
-
-

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Численные методы" 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 Windws Windws 7x64
для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Micsrft Pwer Pint в составе Micsrft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adbe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Micsrft);
стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Шиманский В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Усанин В.С. _____

Кондратьева Екатерина Дмитриевна _____

"__" _____ 201__ г.