

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета
С. Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Компьютерные методы аналитических вычислений

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2024

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О. Н. Чайковская

Председатель УМК
О. М. Сюсина

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-3 – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;
- ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий;
- ПК-3 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, применять методы компьютерного моделирования для решения задач профессиональной деятельности

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-3.2 Соблюдает основные требования информационной безопасности при решении задач профессиональной деятельности;

ИПК-1.2 Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области;

ИПК-3.1 Знает основы программирования, владеет навыками создания компьютерных моделей физических явлений и процессов

ИПК-3.2 Использует общее и специализированное программное обеспечение для теоретических расчетов и анализа экспериментальных данных

2. Задачи освоения дисциплины

- Формирование представления о возможностях и невозможностях современных систем компьютерной алгебры в интенсивных аналитических и числовых расчетах;
- Освоить методы компьютерной алгебры при решении задач математической физики;
- Ознакомиться на профессиональном уровне с системой компьютерной алгебры Maple;
- Освоить приложение методов коммутативной алгебры полиномов к автоматическому доказательству теорем.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 8, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, теория дифференциальных уравнений, компьютерное программирование (на любом языке) и компьютерная графика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е. 72 часа, из которых:

– практические занятия: 24 ч.;

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Современная компьютерная алгебра.

Введение. История и обзор современных возможностей нечисловой компьютерной математики: аналитические расчеты и искусственный интеллект. Математические пакеты специализированной и общей направленности. Общая идеология интерфейса Maple и обзор возможностей языка программирования Maple.

Тема 2. Maple как математическая среда: аналитика, числовые расчеты и графика.

Maple интерфейс. Команды, результаты и синтаксис языка Maple. Стандартная математика в Maple. Решение уравнений и компьютерная графика.

Тема 3. Математическая физика и моделирование в Maple.

Симметрии и интегрирование нелинейного уравнения Лиувилля. Графическое моделирование множества Мандельброта. Метод Пуанкаре-Линштедта решения осциллятора Ван дер Поля. Автомодельные решения уравнения $\sin$ -Gordon.

Тема 4 (теоретическая часть). Элементы коммутативной алгебры.

Введение в теорию полиномиальных идеалов и аффинных многообразий. Идеал аффинного многообразия, теоремы Гильберта, NullStellenSatz. Упорядочение, деление полиномов и сизигии. S -полиномы и алгоритм Бухбергера. Базисы Грёбнера. Идея автоматического доказательства теорем.

Тема 5. Доказательства теорем планиметрии и решение геометрических задач.

Компьютерная формулировка задач геометрии на языке полиномиальных идеалов. Формула Герона. Теорема Аполлония. Площадь треугольника через высоты. Пакет вычисления базисов Грёбнера. Контрпримеры к теории базисов Грёбнера.

Тема 6. Программирование и расширение функциональных возможностей Maple.

Создание собственных команд. Циклы и рекурсии. Расширение дифференцирования, разложений в ряды и числовых процедур. Ускорение числовых расчетов с помощью evalhf.

Тема 7. Внутреннее представление данных.

Maple-ассемблер и его использования для эффективизации программирования. Отладка программ. Maple-debugger.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проверки и обсуждения задач практических занятий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в 8-м семестре проводится в устной форме с компьютерной демонстрацией.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» -

<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=96> <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24827>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) План практических занятий по дисциплине

1. Синтаксис команд. Типы выражений и данных. Математический анализ.
2. Решение уравнений: алгебраические, рекуррентные, дифференциальные, диофантовы.
3. Использование специализированных пакетов. Пакет непрерывных симметрий. Симметрии дифференциальных уравнений. Продолжение точечных преобразований.
4. Интегрирование нелинейного уравнения Лиувилля с помощью непрерывных симметрий.
5. Циклы и рекурсии. Числовые расчеты. Моделирование множества Мандельброта. Методы ускорения числовых расчетов. Автомодельные решения дифференциальных уравнений.
6. Полиномиальная алгебра и пакет Gbasis (базисы Грёбнера). Упорядочение полиномов. Вычисления базисов Грёбнера.
7. Автоматическое доказательство теорем. Геометрические задачи и доказательства теорем планиметрии.
8. Программирование: процедурное, функциональное и объектно-ориентированное.
9. Расширение операций дифференцирования и разложений в ряды. Примеры собственных функций, определяемых по дифференциальным уравнениям.
10. Внутреннее представление символьных данных. Адресация и типы объектов, функциональные типы и их связи. Использование внутренней адресации для создания собственного интерфейса.

Примерные темы рефератов для самостоятельной углубленной работы студентов в соответствии с тематикой учебной практики:

- 1) Для студентов, использующих пакет Mathematica: использование базисов Грёбнера для вычисления радикалов аффинных многообразий.
- 2) Функциональное программирование при работе с компьютерной графикой.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Heck A. *Introduction to Maple*. Springer 2003. – 828 с.
2. Corless R. *Essential Maple 7: An Introduction for Scientific Programmers*. Springer 2002. – 282 с.
3. Wang F. *Physics with Maple*. Wiley-VCH. 2002. – 605 с.
4. Кокс Д., Литтл Дж., О'Ши. *Идеалы, многообразия и алгоритмы*. Мир 2000. – 687 с.
5. Betounes D. *Mathematical Programming*. Springer 2002. – 412 с.

б) дополнительная литература:

1. Wolfram S. *A new kind of science*. Wolfram Media. 2002. – 1280 с.
2. Wolfram S. *The Mathematica book*. Wolfram Media 2003. – 1301 с.

3. Monagan M., Geddes O., Heal K., Labahn G., Vorkoetter S., McCarron J., DeMarco P. *Maple Introductory Programming Guide*. MapleSoft 2008. – 388 с.
4. Аржанцев И. В. *Базисы Грёбнера и системы алгебраических уравнений*. МЦМНО 2003. – 68 с.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standard 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Брежнев Юрий Владимирович, доктор физико-математических наук, кафедра квантовой теории поля физического факультета ТГУ, профессор.