

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Математические пакеты для научных исследований
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра информатики и вычислительной математики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составили:

Т.Н. Дербышева, старший преподаватель

Т.В. Овсянникова, старший преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры информатики и вычислительной математики 06.02.2020

Аннотация

Обучающиеся познакомятся с процедурой становки пакетов и средств разработки, запуска скрипта в консоли и работой в интерпретаторе. Будет рассмотрен пример IPython Notebook. Обучающиеся научатся онлайн и офлайн разработке, изучат пакеты numpy, matplotlib.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

формирование у студентов знаний и навыков работы с программными комплексами компьютерной алгебры на примере математических пакетов языка Python и применение их в исследовательской научной и в последующей профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины

1. освоение студентами базовых возможностей систем компьютерной алгебры;
2. приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков в области применения систем компьютерной алгебры к решению задач в различных областях прикладной математики и физики;
3. обучение студентов основным алгоритмам обработки числовой и текстовой информации;
4. формирование у обучающихся навыка использования языка программирования Python 3 для решения конкретных прикладных задач;
5. формирование подходов к выполнению исследований студентами в области математического моделирования и численных методов с использованием современных технологий и программных средств в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ возможности и ограничения существующих систем компьютерной алгебры;
- ☐ модули пакетов компьютерной алгебры языка Python, покрывающих ключевые аспекты автоматизации математических построений в областях: алгебра, математический анализ, линейная алгебра, дифференциальные уравнения ;
- ☐ различия между аналитическими и численными методами решения задач.

уметь:

- ☐ понять поставленную задачу;
- ☐ устанавливать пакеты Python под используемой ими операционной системой
- ☐ оценивать корректность постановок задач;
- ☐ использовать математические пакеты языка Python для автоматизации решения прикладных и фундаментальных задач
- ☐ самостоятельно находить алгоритмы решения задач с использованием пакетов компьютерной алгебры;
- ☐ самостоятельно видеть следствия полученных результатов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в среде объектно-ориентированного программирования на языке Python;
- навыками освоения большого объема информации и решения прикладных и фундаментальных задач с использованием математических пакетов;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- языком программирования Python и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Обзор математических библиотек и пакетов Python.			2	6
2	Вектора, матрицы и многомерные массивы (numpy)			6	6
3	Основы символьных вычислений			8	6
4	Линейная алгебра (sympy)			4	6
5	Построение графиков (matplotlib)			4	6
6	Решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений.			4	6
7	Интерполяция			4	6
8	Экстраполяция			4	6
9	Интегралы			4	6
10	ОДУ			8	6
11	Обработка и анализ данных			4	7
12	Оптимизация кода			4	4
13	Контрольные работы			4	4
Итого часов				60	75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Обзор математических библиотек и пакетов Python.

Установка пакетов и средств разработки. Запуск скрипта в консоли и работа в интерпретаторе. IPython Notebook. Онлайн и офлайн разработка.

2. Вектора, матрицы и многомерные массивы (numpy)

Пакет numpy.

Объект `array` пакета `numpy`. Создание массива. Обращение к элементам массива и срезы.

Векторизация выражений. Операторы и методы numpy работы с массивами.

3. Основы символьных вычислений

Пакет sympy. Определение символа. Задание дополнительной информации о символах (действительное, целое, ограничено и тп).

Числа. Действительные, целые, дроби. Заданные константы и специальные символы. Функции.

Выражения. Разбор и исполнение выражения. Операции над выражениями. simplify, expand, factor, collect. Тригонометрические функции trigsimp и expand_trig. Работа с дробями: apart, together, cancel. Подстановка выражений и вычисление численного значения.

Взятие производных, интегралов, разложение в ряды и нахождение пределов, сумм и произведений последовательностей.

4. Линейная алгебра (sympy)

Матрицы и операции над ними. Решение систем линейных уравнений.

5. Построение графиков (matplotlib)

2D графики. Графики функций. Графики функций, заданных параметрически.

Различные типы графиков: линейный, точками, гистограммы, векторные поля, заливки, погрешности. Контурная диаграмма, проволочная контурная диаграмма.

Оси: разметка, надписи, сетки. Логарифмическая шкала. Полярная система координат. Различные шкалы на одном графике.

Компоновка нескольких графиков на одном изображении.

3D графики. Заливка, проволочные, проекции.

6. Решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений.

Итерационные методы

7. Интерполяция

Постановка задачи интерполяции. Различные типы интерполяционных многочленов.

Интерполяция алгебраическими многочленами. Интерполяция многочленами Чебышева, Лагранжа и Лаггера.

Интерполяция сплайнами. Отношения между классами

Выбор модуля для решения задачи: numpy, sympy или scipy.

8. Экстраполяция

Постановка задачи экстраполяции. Метод наименьших квадратов.

9. Интегралы

Методы численного интегрирования. Численное интегрирование в scipy. Взятие интеграла по набору значений функции. Выколотые точки. Кратные интегралы.

Взятие интегралов в символьном виде или в численном виде с произвольной точностью.

10. ОДУ

Символьное решение ОДУ. Решение прикладных физических и математических задач.

Использование преобразования Лапласа для решения ОДУ.

Численные методы решения ОДУ.

11. Обработка и анализ данных

Пакет pandas. Series, DataFrame, работа с датами. Визуализация данных. Графическая библиотека Seaborn.

12. Оптимизация кода

Векторизация

13. Контрольные работы

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Компьютерный класс с доской, проектором или телевизором, подключенный к сети, установленным необходимым ПО, доступом к учебным материалам и системам перевода текста.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Программирование на Python 3 : Подробное руководство [Текст] = Programming in Python 3 : [учеб. пособие для вузов] / М. Саммерфилд; пер. с англ. А. Киселева .— СПб : Символ-Плюс, 2015 .— 608 с.
2. Язык программирования PYTHON [Текст] : учеб. пособие для вузов / Р. А. Сузи .— 2 изд., испр. — М. : Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007 .— 326 с.
3. MATLAB 7 [Текст] : в подлиннике : наиболее полное руководство / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова .— СПб. : БХВ-Петербург, 2005 .— 1104 с.

Дополнительная литература

1. Python. Карманный справочник. Марк Лутц. Издательство: Вильямс ISBN 978-5-8459-1965-6; 2015 г.
2. Python на практике. Марк Саммерфилд. Издательство: ДМК Пресс. ISBN 978-5-97060-095-5, 978-0-321-90563-5; 2014 г.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://scipy.org/>
<http://www.numpy.org/>
<http://www.sympy.org/en/index.html>
<http://scipy.org/scipylib/index.html>
<http://matplotlib.org/>
<http://pandas.pydata.org/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. <http://python.org>
2. Документация по пакетам:
<http://scipy.org/>
<http://www.numpy.org/>

<http://www.sympy.org/en/index.html>

<http://scipy.org/scipylib/index.html>

<http://matplotlib.org/>

<http://pandas.pydata.org/>

3. <http://acm.mipt.ru>

4. <https://wakari.io/>

Перечень программного обеспечения

На ПК в компьютерных классах должно быть установлено следующее ПО:

1. Операционная система GNU/Linux;"
2. Интерпретатор Python версии не ниже 3.4;"
3. Командный интерпретатор Ipython с отладчиком;"
4. Пакеты numpy, sympy, scipy, matplotlib, pandas

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

Студенты работают на компьютерах с предустановленными пакетами и организованным доступом к официальной документации.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование любые среды программирования.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий курс, должен овладеть навыками работы в системе компьютерной алгебры, получить представление о круге задач, для решения которых можно использовать такую систему.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, документации к пакету, источникам в Интернет), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях и в качестве курсового задания,
- подготовку к практическим занятиям, дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо повторять ранее изученные основные понятия.

Теоретические знания даются короткими (15-20 минут) вставками с упором на графическое преподнесение материала и разбор примеров кода. В начале занятия проводится 10-минутный опрос в устной форме по материалам предыдущего занятия.

В задачи для самостоятельной работы включаются методические материалы.

Методические материалы так же пишутся в условиях задач. Фабула и постановка предлагаемых задач включает методическую часть по смежным предметам.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю, ведущему лабораторные занятия.

Обязательным требованием является решение домашних задач; кроме обязательного прохождения всех тестов задачи необходимо устранить все замечания по алгоритму и стилю оформления кода. Код программы должен содержать комментарии, объясняющие смысл используемых данных. Кроме каждого решения должно дополняться набором проверочных материалов, созданных самим студентом с комментариями по ним.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде контрольных работ, на которых студенту предлагается решить несколько задач.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра информатики и вычислительной математики
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

Т.Н. Дербышева, старший преподаватель
Т.В. Овсянникова, старший преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математические пакеты для научных исследований» обучающийся должен:

знать:

- ☐ возможности и ограничения существующих систем компьютерной алгебры;
- ☐ модули пакетов компьютерной алгебры языка Python, покрывающих ключевые аспекты автоматизации математических построений в областях: алгебра, математический анализ, линейная алгебра, дифференциальные уравнения ;
- ☐ различия между аналитическими и численными методами решения задач.

уметь:

- ☐ понять поставленную задачу;
- ☐ устанавливать пакеты Python под используемой ими операционной системой
- ☐ оценивать корректность постановок задач;
- ☐ использовать математические пакеты языка Python для автоматизации решения прикладных и фундаментальных задач
- ☐ самостоятельно находить алгоритмы решения задач с использованием пакетов компьютерной алгебры;
- ☐ самостоятельно видеть следствия полученных результатов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в среде объектно-ориентированного программирования на языке Python;
- навыками освоения большого объема информации и решения прикладных и фундаментальных задач с использованием математических пакетов;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- языком программирования Python и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Для текущего контроля усвоения материала используются микро-опросы в начале занятия по изложенному на предыдущем занятии материалу.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Задачи для самостоятельной работы по темам размещены на сайте курса и даются студентам индивидуально.

Ниже приведен пример контрольной работы по курсу.

1. Вычислите предел при x стремящемся к 0 функции $\sin(x)/x$
2. Вычислите предел при n стремящемся к ∞ функции $2^n/n!$
3. Найдите первообразную функции $1/(1-\cos(x))$
4. Проинтегрируйте функцию $e^x \cos(x)$ по x от 0 до π
5. Решите уравнение $(2x+3)^{1/3}=1$
6. Найдите действительные корни уравнения $x^3+2x^2+x+2=0$
7. Решите уравнение

$$X \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

8. Решите уравнение $x^2+xy+xy'-y=0$
9. Тело охладилось за 10 минут от 100 до 60 градусов Цельсия. Температура окружающего воздуха поддерживается равной 20 градусам Цельсия. Когда тело остынет до 25 градусов? Считать, что скорость остывания тела пропорциональна разности температур тела и окружающей среды.
10. Даны точки (x,y)
[0.000000, 1.250000],
[1.000000, 1.116472],
[2.500000, 0.247223],
[3.000000, -0.079148],
[5.000000, -0.523167]
Построить по этим точкам интерполяционный полином Чебышева и квадратичную сплайн-интерполяцию.
Построить графики интерполянтов. Вычислить значение функций в точках с x координатами: 0.5, 4, -1, 10. Объясните полученные результаты. Можно ли вычислить значения сплайнов вне отрезка от 0 до 5? Почему?
11. Даны точки. Координаты x в файле $x.csv$ и координаты y в файле $y.csv$.
Найти приближения параболой и синусоидой.
Нарисовать графики точек и функций.
Вычислить линейное и квадратичное отклонение в точках. Какая из двух кривых лучше приближает по данным точкам и почему.
Вычислите значения полученных функций в точках с x координатами: 4.5, 8, -1, 10. Объясните полученные результаты.
12. В системе отсчёта, связанной с установкой ПВО, самолёт противника движется из точки с координатами (x_0, y_0, z_0) км, имея скорость с компонентами (v_x, v_y, v_z) км/с.
На станции ПВО есть ракета, быстро развивающая постоянную скорость в воздухе (относительно земли и поддерживающая её равной 1 км/с в течение 5 секунд. При этом ракета всегда, пока работает двигатель, выбирает для движения направление прямо на цель.
Возможно ли такой ракетой сбить такую цель, если стрелять в момент времени $t=0$?
Нарисуйте зависимость расстояния между целью и ракетой от времени и траектории движения ракеты и цели.

4. Критерии оценивания

Промежуточная аттестация осуществляется в форме дифференцированного зачета. Дифференцированный зачёт принимается в форме контрольной работы с учётом оценки по лабораторному практикуму.

Оценка по десятибалльной шкале за работу на лабораторном практикуме выставляется преподавателем практикума исходя из количества и качества выполненных практических работ за семестр.

Итоговая оценка за зачёт не может отличаться от оценки по практическим лабораторным работам более чем на три балла.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Время проведения зачёта составляет 90 минут на решение контрольной и далее в устной форме даются ответы на вопросы контрольной, требующие развернутого ответа, а не программного кода.

Во время подготовки к ответу обучающиеся могут пользоваться литературой, печатными материалами, рукописными записями, а также компьютерами из учебных аудиторий с ограниченным доступом к интернету.