

# Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Часть 1. БИБЛИОТЕКА NUMPY</b> .....	5
1.1. О библиотеке NumPy .....	5
1.2. Установка и импорт библиотеки NumPy .....	7
1.3. Типы данных в NumPy .....	8
1.3.1. Целочисленные типы данных в NumPy .....	9
1.3.2. Типы данных с плавающей точкой в NumPy ...	11
1.3.3. Дополнительные типы данных в NumPy .....	11
1.4. Массивы в NumPy, свойства массива .....	12
1.5. Функции создания NumPy-массива .....	15
1.5.1. Функция <code>arange</code> .....	15
1.5.2. Функция <code>arange</code> .....	16
1.5.3. Функция <code>linspace</code> .....	16
1.5.4. Создание массивов специального вида .....	18
1.6. Случайные числа в NumPy .....	20
1.7. Изменение формы массивов .....	22
1.7.1. Методы, изменяющие размер/размерность массива .....	23
1.7.2. Объединение и разделение массивов .....	25
1.7.3. Добавление и удаление осей .....	27
1.7.4. Транспонирование матриц и векторов .....	27
1.7.5. Функции <code>delete</code> , <code>insert</code> и <code>append</code> .....	29
1.8. Способы индексации массивов .....	29
1.8.1. Срезы в NumPy .....	30
1.8.2. Функция <code>numpy.ndenumerate</code> .....	31
1.8.3. Сравнения и маски .....	32
1.8.4. Метод <code>numpy.where</code> .....	32
1.9. Операции над массивами .....	34
1.9.1. Базовые математические операции над массивами .....	34

---

1.9.2. Функции <code>array_equal</code> , <code>all</code> и <code>any</code> .....	36
1.9.3. Универсальные функции .....	36
1.9.4. Статистические функции .....	37
1.9.5. Сортировка NumPy-массивов .....	40
1.9.6. Операции линейной алгебры .....	40
1.10. Работа с пропусками и бесконечностью .....	43
1.11. Примеры решения задач с использованием NumPy ..	44
Контрольные вопросы .....	47
Задания .....	48
<b>Часть 2. БИБЛИОТЕКА MATPLOTLIB</b> .....	<b>50</b>
2.1. Сведения из истории .....	50
2.2. О библиотеке <code>matplotlib</code> .....	51
2.3. Установка и импорт библиотеки <code>matplotlib</code> .....	52
2.4. Варианты отображения графиков: <code>%matplotlib notebook</code> и <code>%matplotlib inline</code> .....	53
2.5. Иерархия объектов в <code>matplotlib</code> .....	55
2.5.1. Рисунок (Figure) .....	55
2.5.2. Область рисования (Axes) .....	57
2.5.3. Координатная ось (Axis) .....	57
2.5.4. Элементы рисунка (Artists) .....	57
2.6. Подходы к созданию графиков в <code>matplotlib</code> .....	59
2.6.1. Объектно-ориентированный подход к созданию графиков .....	59
2.6.2. Подход к созданию графиков, ориентированный на его структуру .....	63
2.7. Построение и настройка внешнего вида линейного графика .....	65
2.7.1. Построение линейного графика, функция <code>plot</code> ..	65
2.7.2. Стилль линии графика, параметр <code>linestyle</code> .....	67
2.7.3. Цвет линии, параметр <code>color</code> .....	67
2.7.4. Толщина линии, параметр <code>linewidth</code> .....	68
2.7.5. Определение параметров маркера: тип, размер, цвет .....	68
2.8. Настройка элементов графика .....	70
2.8.1. Настройка основных и вспомогательных делений .....	70
2.8.2. Методы <code>Locator</code> и <code>Formatter</code> .....	73
2.8.3. Координатные оси <code>Axis</code> .....	77

2.8.4. Работа с сеткой .....	80
2.8.5. Установка пределов отображения осей .....	82
2.9. Текстовые надписи на графике .....	83
2.9.1. Параметры текста .....	84
2.9.2. Ориентация, вращение и позиция надписи .....	85
2.9.3. Подписи осей .....	85
2.9.4. Заголовок графика .....	85
2.9.5. Легенда .....	87
2.9.6. Текстовые блоки .....	89
2.9.7. Аннотации .....	90
Контрольные вопросы .....	92
Задания .....	93
2.10. Размещение нескольких графиков на одном рисунке	93
2.10.1. Работа с функцией subplot .....	94
2.10.2. Работа с функцией subplots .....	97
2.10.3. Работа с функцией GridSpec .....	100
2.11. Примеры построения 2D графиков .....	104
2.11.1. Построение ломаной по точкам .....	105
2.11.2. Построение графиков функций, заданных аналитически .....	106
2.11.3. Несколько кривых на одном графике .....	107
2.11.4. Диаграмма рассеивания или точечный график .....	109
2.11.5. График функции, заданной параметрически ..	111
2.11.6. График функции, заданной в полярных координатах .....	112
2.11.7. Stem-график .....	114
2.11.8. Заливка области между кривыми .....	115
2.11.9. Изменение масштаба по осям .....	116
2.12. Создание плоских фигур .....	118
2.13. Деловая графика в matplotlib .....	120
2.13.1. Столбчатые диаграммы .....	121
2.13.2. Круговые диаграммы .....	126
2.13.3. Гистограммы .....	128
2.13.4. Коробчатая диаграмма (Boxplot) .....	131
2.14. Пиксельные картинки .....	133
2.15. Эффект рисования от руки .....	134

---

2.16. Глобальное изменение настроек графика .....	136
Контрольные вопросы .....	141
Задания .....	143
2.17. Трехмерная графика в <code>matplotlib</code> .....	148
2.17.1. Создание трехмерных осей функцией <code>add_subplot</code> .....	148
2.17.2. Формирование регулярной сетки .....	149
2.17.3. Функции для построения 3D поверхностей ....	150
2.17.4. Построение 3D поверхности с помощью класса <code>Axes3D</code> .....	155
2.17.5. Построение линий уровня .....	157
2.18. Создание анимированных графиков .....	160
Контрольные вопросы .....	166
Задания .....	166
<b>Часть 3. БИБЛИОТЕКА SYMPY</b> .....	168
3.1. Основы символьных вычислений в <code>SymPy</code> .....	168
3.1.1. О библиотеке <code>SymPy</code> .....	168
3.1.2. Установка и импорт библиотеки <code>SymPy</code> .....	169
3.1.3. Символьные переменные. Функция <code>symbols</code> и <code>var</code> .....	169
3.1.4. Отображение объектов в <code>SymPy</code> .....	172
3.1.5. Числа в <code>SymPy</code> .....	173
3.1.6. Десятичное представление символьного объекта, метод <code>evalf</code> .....	175
3.1.7. Вычисление символьного выражения, метод <code>subs</code> .....	175
3.1.8. Функция <code>S</code> .....	176
3.1.9. Разложение на множители, раскрытие скобок и упрощение символьных выражений .....	177
3.1.10. Сравнение выражений .....	179
3.1.11. Решение уравнений и систем уравнений .....	180
Контрольные вопросы .....	183
Задания .....	184
3.2. Решение задач математического анализа с использованием библиотеки <code>sympy</code> .....	186
3.2.1. Вычисление пределов .....	187
3.2.2. Вычисление производных .....	188
3.2.3. Вычисление интегралов .....	189

3.2.4. Символьные функции .....	190
3.2.5. Невычисляемые эквиваленты функций <code>limit</code> , <code>diff</code> , <code>integrate</code> .....	191
3.2.6. Последовательности и ряды, суммирование рядов .....	192
3.2.7. Разложение функций в ряд .....	193
Контрольные вопросы .....	195
Задания .....	196
3.3. Матричные вычисления с использованием библиоте- ки <code>SymPy</code> .....	199
3.3.1. Создание матриц, доступ к элементам матрицы	199
3.3.2. Операции над матрицами .....	201
3.3.3. Решение систем линейных уравнений .....	206
Контрольные вопросы .....	207
Задания .....	208
3.4. Графические возможности пакета <code>SymPy</code> .....	210
3.4.1. Построение графиков, заданных уравнением $f(x)$	211
3.4.2. Графики функций, заданных параметрически и неявно .....	215
3.4.3. Построение пространственных фигур .....	217
3.4.4. Построение нескольких графиков на одном ри- сунке .....	219
Контрольные вопросы .....	220
Задания .....	220
3.5. Решение дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в <code>SymPy</code> .....	222
3.5.1. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений .....	223
3.5.2. Решение систем дифференциальных уравнений	227
Контрольные вопросы .....	228
Задания .....	228
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. Краткие сведения о <math>\LaTeX</math></b> .....	230
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	231