

Дьяконов В. П.

MATHEMATICA

5/6/7

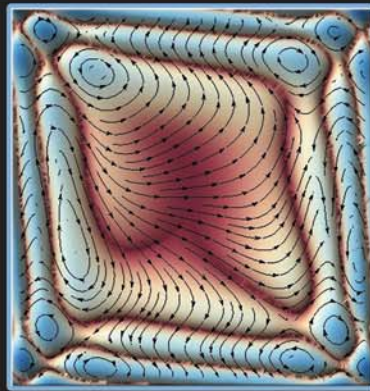
ПОЛНОЕ РУКОВОДСТВО

*Типовые средства
программирования*

*Функции анализа и
обработки данных*

*Средства динамической
визуализации изображений*

*Новые математические
возможности*



УДК 32.973.26-018.2

ББК 004.438

Д93

Д93 Дьяконов В. П.

Mathematica 5/6/7. Полное руководство. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 624 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-553-2

В книге описаны основы программирования и применения трех последних версий системы Mathematica 5 (5.1 и 5.2), 6.0 и 7.0. Все они – мировые лидеры среди универсальных систем компьютерной математики. Особое внимание уделено описанию наиболее популярной версии Mathematica 6.0, в ядро которой добавлено свыше тысячи новых функций и команд, введены уникальные средства динамической оценки переменных, визуализации любых видов вычислений и динамического графического интерфейса ноутбуков (документов). Описаны сотни примеров применения систем. В последнюю главу добавлены новые возможности версии 7.0.

Издание предназначено для всех пользователей ПК, применяющих математические методы в образовании, в инженерной практике и в научных расчетах и, прежде всего, желающих освоить программирование в системах Mathematica.

УДК 519.6

ББК В162я73

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-553-2

© Дьяконов В. П., 2010

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2010

Содержание

Введение	29
-----------------------	----

Глава 1

Интерфейс пользователя

и работа с Mathematica 5/6	33
---	----

1.1. Пуск системы и начало работы с ней	34
---	----

1.1.1. История появления системы Mathematica и ее место	34
---	----

1.1.2. Инсталляция и запуск системы Mathematica 5	35
---	----

1.1.3. Главное меню и окно редактирования документов	36
--	----

1.1.4. Палитры математических операторов и функций	37
--	----

1.1.5. Первые навыки работы и понятие о ноутбуках (документах)	38
---	----

1.2. Работа с файлами (File)	40
------------------------------------	----

1.2.1. Основные виды файлов и пакеты расширения	40
---	----

1.2.2. Команды позиции File меню	41
--	----

1.2.3. Работа с файлами документов	42
--	----

1.2.4. Операции с файлами со специальным форматом	42
---	----

1.2.5. Преобразование документов в палитру и наоборот	43
---	----

1.2.6. Печать ноутбуков	43
-------------------------------	----

1.2.7. Команда завершения работы с системой – Exit	43
--	----

1.3. Редактирование документа (Edit)	44
--	----

1.3.1. Основные понятия о документах и их стилях	44
--	----

1.3.2. Выделения в документах и использование мыши	44
--	----

1.3.3. Подготовка текстовых комментариев	46
--	----

1.3.4. Команды позиции Edit главного меню	47
---	----

1.3.5. Операции с буфером промежуточного хранения	48
1.3.6. Специальные команды правки	48
1.3.7. Установка предпочтений	49
1.4. Работа с ячейками (Cell)	50
1.4.1. Понятие о ячейках документов	50
1.4.2. Команды позиции Cell главного меню	50
1.4.3. Манипуляции с ячейками	51
1.4.4. Работа с графическими и звуковыми возможностями	54
1.5. Операции форматирования ячеек (Format)	55
1.5.1. Команды позиции Format главного меню	55
1.5.2. Изменение стиля документов	55
1.5.3. Опции стилей и программ и их изменение	56
1.5.4. Уточненное управление стилем документов	57
1.5.5. Установка стиля интерфейса	58
1.6. Ввод элементов документов (Input)	58
1.6.1. Ввод координат двумерных графиков	58
1.6.2. Работа с селектором обзора трехмерных графиков	59
1.6.3. Изменение цветовой гаммы	61
1.6.4. Работа с фонографом	61
1.6.5. Вставка файла	61
1.6.6. Ввод таблиц, матриц и палитр	61
1.6.7. Ввод и редактирование кнопок	62
1.6.8. Вставка гиперссылки	62
1.6.9. Создание и ввод специальных объектов	63
1.6.10. Вставки, связанные с ячейками	64
1.6.11. Вставки имен функций и списков их параметров	65
1.7. Управление работой ядра системы (Kernel)	65
1.7.1. Команды позиции Kernel главного меню	65

1.7.2. Управление процессом вычислений	65
1.7.3. Выбор ядра системы	67
1.7.4. Управление показом номеров ячеек	67
1.7.5. Удаление всех ячеек вывода	68
1.8. Операции поиска и замены	68
1.8.1. Обзор подменю Find	68
1.8.2. Команды поиска и замены	68
1.8.3. Обнаружение и открытие выделенных строк	68
1.8.4. Работа с этикетками	69
1.9. Управление окнами (Windows)	69
1.9.1. Команды позиции Windows главного меню	69
1.9.2. Управление расположением и вывод специальных окон	69
1.10. Работа с информационными ресурсами системы Mathematica	70
1.10.1. Справка по системе Mathematica 5	70
1.10.2. Открытие справочной базы данных Mathematica 5.2	70
1.10.3. Работа со справкой Mathematica 5.1/5.2	71
1.10.4. Другие команды меню Help	73
1.11. Возможности системы Mathematica 5.2	74
1.11.1. Увеличение функциональности системы	74
1.11.2. Поддержка многоядерных микропроцессоров	74
1.11.3. Увеличение скорости вычисления математических функций	76
1.11.4. Поддержка 64-разрядных микропроцессоров	77
1.11.5. Повышение производительности в обычных условиях	78
1.12. Интерфейс пользователя системы Mathematica 6	78

1.12.1. Запуск Mathematica 6 и изменения в меню системы	78
1.12.2. Справочная система Mathematica 6	80
1.13. Особенности системы Mathematica 6	83
1.13.1. Основные новинки системы Mathematica 6	83
1.13.2. Скорость работы Mathematica 6	85
1.13.3. Ориентация в изучении системы на примеры ее применения	86
1.13.4. Динамическая интерактивность при символьных вычислениях	87
1.13.5. Управление графиками мышью	89
1.13.6. Динамическая интерактивность при графической визуализации	90
1.13.7. Комплексное тестирование Mathematica 6 на скорость вычислений	93

Глава 2

Типовые средства программирования	97
2.1. Mathematica как система программирования	98
2.1.1. Понятие о входном языке системы и языке реализации	98
2.1.2. Возможности языка программирования системы Mathematica	98
2.1.3. Структура систем Mathematica	100
2.1.4. Идеология систем Mathematica	101
2.1.5. Пакеты расширения Add-On	101
2.1.6. Полная и частичная загрузка пакетов расширения Add-On	102
2.1.7. Применение пакетов Add-On системы Mathematica 6	102
2.1.8. Концепция динамического изменения переменных в Mathematica 6	104
2.2. Функции символьных вычислений	106

2.2.1. Понятие о символьных (аналитических) вычислениях	106
2.2.2. Диагностика ошибок	107
2.2.3. Простые примеры из математического анализа	108
2.2.4. Точная арифметика	109
2.2.5. Проблемы символьных вычислений	110
2.2.6. Проверка результатов вычислений	113
2.2.7. Удаление введенных в ходе сессии определений	113
2.3. Применение образцов	114
2.3.1. Понятие об образцах	114
2.3.2. Задание свойств функций с помощью образцов	114
2.3.3. Задание в образцах типов данных	115
2.3.4. Типы образцов	115
2.4. Основы функционального программирования в среде Mathematica	116
2.4.1. Суть функционального программирования	116
2.4.2. Функции пользователя	117
2.4.3. Задание чистых функций	118
2.4.4. Анонимные функции	119
2.4.5. Суперпозиция функций	120
2.4.6. Функции FixedPoint и Cath	120
2.4.7. Реализация рекурсивных и рекуррентных алгоритмов	121
2.5. Основы процедурного программирования	122
2.5.1. Однострочные процедуры и их задание	122
2.5.2. Блоки для задания процедур	123
2.6. Организация циклов	123
2.6.1. Для чего нужны циклы	123
2.6.2. Циклы типа Do	124
2.6.3. Циклы типа For	126

2.6.4. Циклы типа While	126
2.6.5. Директивы-функции прерывания и продолжения циклов	127
2.7. Условные выражения и безусловные переходы	128
2.7.1. Функция If	129
2.7.2. Функции-переключатели	130
2.7.3. Безусловные переходы	131
2.8. Механизм контекстов	132
2.8.1. Старые проблемы	132
2.8.2. Что такое контекст?	133
2.8.3. Работа с контекстами	134
2.8.4. Получение списков определений с контекстами	135
2.9. Программирование ввода-вывода	136
2.9.1. Осуществление интерактивного диалога	136
2.9.2. Задание формата вывода	137
2.10. Функции задания объектов GUI ноутбуков	140
2.10.1. Слайдеры однокоординатные	140
2.10.2. Слайдеры двухкоординатные	141
2.10.3. Элементы установки опций CheckBox	141
2.10.4. Локаторы	142
2.10.5. Функции управления и контроля мышью	142
2.10.6. Кнопка с надписью	144
2.10.7. Манипулятор	144
2.10.8. Задатчик угла поворота радиус-вектора	144
2.10.9. Выпадающее меню акций	145
2.10.10. Панель ввода выражений	146
2.10.11. Радиокнопки и меню установок	147
2.10.12. Слайдер изменения цвета	149

2.10.13. Спусковой «механизм»	150
2.10.14. Функции указания места на объекте	151
2.10.15. Вывод сообщения при активизации объекта мышью	152
2.10.16. Вывод меню и выбор его позиций	154
2.10.17. Вывод меню с вкладками и их переключение	154
2.10.18. Вывод слайд-меню	155
2.10.19. Конструирование отдельных окон с GUI	155

Глава 3

Типы данных, операторы и функции	157
3.1. Работа с простыми типами данных	158
3.1.1. Типы данных системы	158
3.1.2. Работа с целыми числами	158
3.1.3. Работа с числами вещественного типа	160
3.1.4. Работа с комплексными числами	162
3.2. Работа со сложными типами данных	163
3.2.1. Символьные данные и строки	163
3.2.2. Выражения	163
3.3. Работа с объектами и функциями	164
3.3.1. Объекты и идентификаторы	164
3.3.2. Функции, опции, атрибуты и директивы	165
3.4. Применение констант и размерных величин	167
3.4.1. Применение констант	167
3.4.2. Физические константы и размерные величины	168
3.5. Работа с переменными	168
3.5.1. Расширенное понятие о переменных	168
3.5.2. Назначение переменным идентификаторов (имен)	169

3.5.3. Особенности применения переменных	169
3.5.4. Эволюция значений переменных и операции присваивания	170
3.5.5. Предполагаемые переменные	171
3.6. Применение подстановок	172
3.6.1. Назначение подстановок	172
3.6.2. Подстановки с помощью оператора /.	172
3.6.3. Подстановки с помощью операторов -> и :>	173
3.7. Задание и применение функций пользователя	173
3.7.1. Задание функций пользователя	173
3.7.2. Сохранение на диске и считывание функций пользователя	174
3.7.3. Задание функций пользователя с синтаксисом языков программирования	174
3.8. Средства арифметических вычислений	175
3.8.1. Арифметические операторы	175
3.8.2. Особенности выполнения арифметических операций ...	176
3.8.3. Рационализация чисел	177
3.8.4. Укороченная форма записи арифметических операций	178
3.9. Функции арифметических операций	179
3.9.1. Встроенные функции	179
3.9.2. Основные арифметические функции	179
3.9.3. Функции генерации случайных чисел	181
3.9.4. Функции выявления погрешностей и анализа структуры чисел	183
3.10. Логические операторы и функции	183
3.10.1. Логические операции	183
3.10.2. Основные логические функции	184

3.10.3. Дополнительные логические функции	186
3.11. Работа с математическими функциями.....	187
3.11.1. Функции комплексного аргумента	187
3.11.2. Элементарные функции	188
3.11.3. Ортогональные многочлены	189
3.11.4. Интегральные показательные и родственные им функции	190
3.11.5. Гамма- и полигамма-функции	191
3.11.6. Функции Бесселя	192
3.11.7. Гипергеометрические функции	193
3.11.8. Эллиптические интегралы и интегральные функции ...	193
3.11.9. Функции Эйри	194
3.11.10. Бета-функция и относящиеся к ней функции	195
3.11.11. Специальные числа и полиномы	195
3.11.12. Другие специальные функции	196
3.11.13. Новые специальные функции в Mathematica 6	198
3.12. Расширенные возможности работы с объектами	199
3.12.1. Оперативная помощь	199
3.12.2. Средства диагностики и сообщения об ошибках	199
3.12.3. Включение и выключение сообщений об ошибках	200
3.12.4. Защита от модификации и ее отмена	201

Глава 4

Функции работы со сложными типами

данных

203

4.1. Создание списков и выделение элементов

списков

204

4.1.1. Создание списков

204

4.1.2. Генерация списков	205
4.1.3. Выделение элементов списков	206
4.1.4. Вывод элементов списков	208
4.2. Выявление структуры списков	209
4.2.1. Функции выявления структуры списков	209
4.2.2. Примеры выявления структуры списков	211
4.3. Работа со списком в стеке	211
4.3.1. Понятие о стеке	211
4.3.2. Работа со стеком	212
4.4. Манипуляции с элементами списков	212
4.4.1. Включение в список новых элементов	212
4.4.2. Удаление элементов из списка	213
4.4.3. Изменение порядка элементов в списке	214
4.4.4. Комбинирование списков и работа с множествами	215
4.4.5. Другие функции для работы со списками	216
4.5. Базовые средства линейной алгебры	217
4.5.1. Задание массивов	217
4.5.2. Векторные функции	218
4.5.3. Функции для операций линейной алгебры	219
4.5.4. Функции декомпозиции матриц	221
4.5.5. Решение систем линейных уравнений	222
4.6. Новые средства работы со списками в Mathematica 6	223
4.6.1. Работа с оператором ;; для списков	223
4.6.2. Новые функции для работы со списками	224
4.6.3. Новые функции для массивов, векторов и матриц	225
4.7. Работа со строками	227

4.7.1. Функции работы со строками	227
4.7.2. Примеры работы со строковыми функциями	228
4.7.3. Дополнительные функции работы со строками	228

Глава 5

Функции математического анализа

5.1. Функции вычисления сумм и произведений рядов	232
5.1.1. Функция вычисления сумм	232
5.1.2. Функция вычисления сумм в численном виде	233
5.1.3. Функция вычисления произведений	234
5.1.4. Функция вычисления произведений в численном виде	235
5.2. Функции вычисления производных	236
5.2.1. Основные функции для вычисления производных	236
5.2.2. Примеры вычисления производных	237
5.2.3. Примеры вычисления обобщенных производных	239
5.3. Вычисление первообразных и определенных интегралов	240
5.3.1. Вычисление интегралов в символьном виде	240
5.3.2. Примеры на вычисление определенных интегралов	242
5.3.3. Примеры на вычисление кратных интегралов	243
5.3.4. Численное интегрирование в Mathematica 5.1/5.2	245
5.3.5. Численное интегрирование в Mathematica 6	247
5.4. Вычисление пределов функций	248
5.4.1. Функция для вычисления пределов Limit	248
5.4.2. Опции функции вычисления пределов	249
5.5. Функции решения алгебраических и нелинейных уравнений	250

5.5.1. Функция Solve для решения уравнений	250
5.5.2. Решение систем нелинейных уравнений в символьном виде	250
5.5.3. Опции функции Solve	251
5.5.4. Функции численного решения уравнений	253
5.5.5. Функции вычисления корней уравнений	255
5.5.6. Дополнительные функции для решения уравнений	256
5.5.7. Графическая иллюстрация и выбор метода решения уравнений	258
5.5.8. Получение одновременно нескольких корней	261
5.5.9. Получение неизвестных в явном виде	262
5.5.10. Решение рекуррентных уравнений	263
5.5.11. Решение уравнения Фробениуса в Mathematica 6	264
5.6. Решение дифференциальных уравнений	265
5.6.1. Решение дифференциальных уравнений в символьном виде	265
5.6.2. Решение дифференциальных уравнений в частных производных	267
5.6.3. Решение дифференциальных уравнений в численном виде	268
5.7. Функции минимизации и максимизации	269
5.7.1. Поиск максимального и минимального чисел в списке	270
5.7.2. Поиск локального минимума и максимума аналитической функции	271
5.7.3. Поиск глобального максимума и минимума аналитической функции	272
5.7.4. Функции оптимизации в Mathematica 5/5.1/5.2	273
5.7.5. Функции оптимизации в Mathematica 6	274
5.7.6. Визуализация оптимизации в Mathematica 6	275
5.8. Функции интегральных преобразований	276

5.8.1. Функции преобразований Лапласа	277
5.8.2. Функции Фурье-преобразований	279
5.8.3. Функции косинусного и синусного преобразований Фурье	282
5.8.4. Функции z-преобразований	283

Глава 6

Функции обработки данных, функций

и сигналов	285
-------------------------	------------

6.1. Разложение функций в степенные ряды	286
--	-----

6.1.1. Разложения в ряды Тейлора и Маклорена	286
--	-----

6.1.2. Примеры разложения в ряды Тейлора и Маклорена	287
--	-----

6.1.3. Удаление члена с остаточной погрешностью ряда	288
--	-----

6.1.4. Графическая визуализация разложения в ряд	288
--	-----

6.1.5. О разложении в ряд при большом числе членов	289
--	-----

6.2. Средства синтеза сигналов	291
--------------------------------------	-----

6.2.1. Синтез сигналов на основе встроенных функций	291
---	-----

6.2.2. Гармонический синтез сигналов	292
--	-----

6.3. Функции полиномиальной интерполяции и аппроксимации	294
---	-----

6.3.1. Функции полиномиальной интерполяция	294
--	-----

6.3.2. Пример полиномиальной аппроксимации	296
--	-----

6.3.3. Погрешность полиномиальной аппроксимации	297
---	-----

6.3.4. Полиномиальная аппроксимация специальных функций	297
--	-----

6.3.5. Полиномиальная аппроксимация при большом числе узлов	299
--	-----

6.3.6. Рациональная интерполяция и аппроксимация	301
--	-----

6.3.7. Функции рациональной Паде-аппроксимация	305
--	-----

6.3.8. Оптимизация аппроксимации	308
6.3.9. Методика минимаксной аппроксимации	310
6.3.10. Сплайновая интерполяция и аппроксимация	314
6.4. Регрессия и метод наименьших квадратов	315
6.4.1. Регрессия и визуализация ее результатов	315
6.4.2. Функции линейной регрессии	317
6.4.3. Функции нелинейной регрессии	318
6.4.4. Функции полиномиальной регрессии	320
6.4.5. Функции тригонометрической регрессии	322
6.5. Функции дискретного преобразования Фурье	323
6.5.1. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье	323
6.5.2. Спектральный анализ на основе прямого преобразования Фурье	325
6.5.3. Применение преобразования Фурье для получения спектра сигналов	326
6.5.4. Фильтрация сигналов с помощью преобразований Фурье	327
6.5.5. Расширенные функции для преобразования Фурье	329
6.6. Кусочные функции Piecewise	331
6.6.1. Задание кусочных функций	331
6.6.2. Работа с кусочными функциями	332
6.7. Новые средства Mathematica 6	333
6.7.1. Функции полиномиальной интерполяции	333
6.7.2. Пример трехмерной полиномиальной интерполяции	333
6.7.3. Полиномиальная интерполяция с заданием значений производной в узлах	333
6.7.4. Функция нелинейной регрессии FindFit	334
6.8. Функции для работы со звуковыми сигналами	335

6.8.1. Роль синтеза звука	335
6.8.2. Функции для работы со звуком	336
6.8.3. Примеры синтеза звуков в Mathematica 5.1/5.2	337
6.8.4. Работа со звуком в Mathematica 6	337
6.9. Функции для работы с потоками и файлами.....	341
6.9.1. Потоки и файлы	341
6.9.2. Упрощенная работа с файлами	341
6.9.3. Обычные средства для работы с файлами	342
6.9.4. Использование файлов других языков программирования	343
6.9.5. Запись в файл определений.....	344
6.9.6. Другие функции для работы с файлами	344
6.10. Системные функции	346
6.10.1. Функции времени и даты	346
6.10.2. Общесистемные функции	347
6.10.3. Общесистемные функции в Mathematica 6	349
6.11. Функции статистической обработки данных и массивов Statistics	350
6.11.1. Назначение пакета Statistics в Mathematica 5.1/5.2	350
6.11.2. Манипуляции с данными – DataManipulation	350
6.11.3. Стандартная обработка массива данных	352
6.11.4. Линейное сглаживание данных и их фильтрация	354
6.11.5. Экспоненциальное сглаживание	356
6.11.6. Функции непрерывного распределения вероятностей.....	357
6.11.7. Функции дискретного распределения	359
6.11.8. Графика пакета Statistica	360
6.11.9. Другие функции статистики	361

6.12. Статистические вычисления в Mathematica 6	363
6.12.1. О пакете расширения Statistics в системе Mathematica 6	363
6.12.2. Аналитические статистические расчеты	363
6.12.3. Численные статистические расчеты в Mathematica 6 ...	365
6.12.4. Статистические расчеты с графической визуализацией	365

Глава 7

Функции символьных преобразований	369
7.1. Работа с выражениями	370
7.1.1. Полная форма выражений	370
7.1.2. Основные формы выражений	371
7.1.3. Части выражений и работа с ними	371
7.1.4. Удаление элементов выражения	373
7.1.5. Другие манипуляции с выражениями	373
7.1.6. Контроль выражений	375
7.2. Работа с функциями	375
7.2.1. Приложение имени функции к выражению или его части	375
7.2.2. Укороченная форма функций	376
7.2.3. Выделение заданного аргумента в функциях	376
7.2.4. Подстановки в функциях	377
7.2.5. Рекурсивные функции	377
7.2.6. Дополнительные примеры на работу с функциями	378
7.2.7. Инверсные функции	379
7.3. Задание математических отношений	379
7.3.1. Для чего нужно задание новых отношений	379
7.3.2. Примеры задания математических отношений	380

7.4. Функции упрощения выражений	381
7.4.1. Роль упрощения выражений	381
7.4.2. Основная функция Simplify	382
7.4.3. Примеры упрощения выражений функцией Simplify	383
7.4.4. Функция полного упрощения FullSimplify	383
7.5. Раскрытие и расширение выражений	384
7.5.1. Функции раскрытия и расширения выражений	384
7.5.2. Примеры расширения и раскрытия выражений	385
7.5.3. Функция Collect	386
7.5.4. Функции преобразования тригонометрических выражений	387
7.6. Функции и директивы для работы с полиномами ...	389
7.6.1. Определение полинома (степенного многочлена)	389
7.6.2. Основные операции над полиномами	390
7.6.3. Разложение полиномов – функции класса Factor	390
7.6.4. Функции для работы с полиномами	392
7.6.5. Примеры работы с полиномами	392
7.7. Расширенные операции с выражениями	394
7.7.1. Функции для расширенных операций с выражениями ...	394
7.7.2. Примеры расширенной работы с выражениями	396
7.7.3. Средства работы с выражениями в Mathematica 6	397

Глава 8

Средства программирования графики

8.1. Построение графиков функций одной переменной	400
8.1.1. Графическая функция Plot	400
8.1.2. Опции функции Plot	400

8.1.3. Применение опций функции Plot	402
8.1.4. Директивы двумерной графики и их применение	405
8.1.5. Построение графика по точкам – функция ListPlot	407
8.1.6. Получение информации о графических объектах	408
8.2. Перестройка и комбинирование графиков	409
8.2.1. Директива Show	409
8.2.2. Примеры применения функции Show	409
8.3. Примитивы двумерной графики	410
8.4. Построение графиков в полярной системе координат	412
8.4.1. Задание функции в параметрической форме	412
8.4.2. Функции для построения параметрически заданных графиков	413
8.4.3. Примеры построения графиков в полярной системе координат	414
8.5. Построение контурных графиков	415
8.5.1. Функции для построения контурных графиков	415
8.5.2. Опции для функций контурной графики	416
8.5.3. Примеры построения контурных графиков	417
8.6. Построение графиков плотности	419
8.6.1. Функции графиков плотности	419
8.6.2. Примеры построения графиков плотности	420
8.7. Построение графиков поверхностей	421
8.7.1. Принципы построения поверхностей и фигур	421
8.7.2. Основные функции для построения 3D графиков	421
8.7.3. Опции 3D графики	421
8.7.4. Директивы трехмерной графики	423

8.7.5. Примеры модификации 3D графиков с помощью опций	424
8.7.6. Графическая функция ListPlot3D	429
8.7.7. Параметрическая 3D графика	430
8.7.8. Построение фигур, пересекающихся в пространстве	432
8.8. Примитивы трехмерной графики и их применение	434
8.8.1. Функция Graphics3D и ее опции и примитивы	434
8.8.2. Примеры применения функции Graphics3D с примитивами	436
8.9. Дополнительные средства графики Mathematica 5.1/5.2	438
8.9.1. Импорт графических изображений	438
8.9.2. Экспорт графических изображений	439
8.9.3. Вставка графических и иных объектов	440
8.10. Новые средства графики в Mathematica 6	442
8.10.1. Позиция Graphics меню и графический редактор	442
8.10.2. Расширение возможностей функции Plot	445
8.10.3. Использование опций закрашки областей двумерных графиков	445
8.10.4. Графические динамические модули в Mathematica 6 ...	448
8.10.5. Визуализация данных из списков	450
8.10.6. Рельефная графика	453
8.10.7. Трехмерные объекты, полученные вращением кривых	454
8.10.8. Визуализация работы клеточных автоматов	458
8.10.9. Графы, деревья и прочее	461
8.11. Функции пакета расширения Graphics	461
8.11.1. Функции анимационной графики	461

8.11.2. Управление цветом графиков	465
8.11.3. Построение стрелок	467
8.11.4. Задание картографических систем	467
8.11.5. Построение объемных контурных графиков – ContourPlot3D	468
8.11.6. Построение графиков с окраской внутренних областей	470
8.11.7. Графики логарифмические и полулогарифмические ...	472
8.11.8. Графики в полярной системе координат	473
8.11.9. Построение столбиковых и круговых диаграмм	473
8.11.10. Объединение графиков различного типа	475
8.11.11. Трехмерные столбиковые диаграммы	476
8.11.12. Построение точек и кривых в пространстве	477
8.11.13. Построение графиков поверхности и ее проекций	477
8.11.14. Построение графиков неявных функций	478
8.11.15. Вывод обозначений кривых – легенд	479
8.11.16. Построение графиков с примитивами	480
8.11.17. Построение трехмерных заданных параметрически графиков	481
8.11.18. Трехмерные графики в сферической и цилиндрической системах координат	481
8.11.19. Построение графиков полей	481
8.11.20. Построение пространственных фигур стереометрии	482
8.11.21. Создание графических форм	485
8.11.22. Построение фигур, пересекающихся в пространстве	485
8.11.23. Применение сплайнов	486
8.11.24. Функции построения фигур вращения	486
8.12. Идеология применения пакета Graphics в Mathematica 6	488

8.12.1. Роль пакета Graphics в Mathematica 6	488
8.12.2. Представление точек графиков произвольными объектами	488
8.12.3. Функция PolyhedronData	488
8.12.4. Функция GraphData	490
8.12.5. Функция GraphicsGrid	491
8.12.6. Директива вставки Inset	492
8.12.7. Директива непрозрачности Opacity	493

Глава 9

Специальные средства

программирования	495
-------------------------------	-----

9.1. Функциональное программирование специальной графики	496
---	-----

9.1.1. Пример программирования графической задачи	496
---	-----

9.1.2. Задание функции для построения фрактала Манделброта	497
---	-----

9.1.3. Задание функции для построения модели деления клеток	498
--	-----

9.2. Подготовка пакетов расширений системы Mathematica	499
---	-----

9.2.1. Типовая структура пакетов расширения	499
---	-----

9.2.2. Средства создания пакетов расширений	501
---	-----

9.2.3. Текстовые сообщения и комментарии	501
--	-----

9.2.4. Примеры подготовки пакетов расширений	502
--	-----

9.2.5. Подготовка пакетов применений	504
--	-----

9.3. Отладка и трассировка программ	505
---	-----

9.3.1. Некоторые правила культурного программирования	506
---	-----

9.3.2. Трассировка программных модулей	507
--	-----

9.3.3. Основные функции трассировки и отладки	508
9.4. Новые средства программирования в Mathematica 6	510
9.4.1. Динамическое изменение переменных и функция Dynamic	510
9.4.2. Динамический модуль DynamicModule	511
9.4.3. Функция сброса интерактивных изменений Deploy	512
9.4.4. Модуль манипуляций Manipulate	512
9.4.5. Средства отладки программ и ноутбуков	513
9.5. Обзор пакетов расширения Add-On	518
9.5.1. Состав пакетов расширения Add-On систем Mathematica 5.1/5.2	518
9.5.2. Пакет алгебраических функций Algebra	520
9.5.3. Пакет вычислительных функций Calculus	523
9.5.4. Функции дискретной математики – пакет DiscreteMath	527
9.5.5. Функции вычислительной геометрии	529
9.5.6. Функции геометрических расчетов – пакет Geometry	532
9.5.7. Расширение в теории чисел – пакет NumberTheory	535
9.5.8. Функции численных расчетов – расширение NumberMath	540
9.5.9. Функции работы со звуком пакета Miscellaneous	545
9.5.10. Функции для работы с географическими объектами	551
9.5.11. Физические и химические данные	556
9.5.12. Задание данных только вещественного типа – RealOnly	561
9.5.13. Пакет расширения с утилитами – Utilities	562
9.6. Данные о других средствах расширения	566

Глава 10

Mathematica 7 – новые возможности	571
10.1. Пути развития новых версий систем Mathematica	572
10.1.1. Области применения систем Mathematica 6/7	572
10.1.2. Новые возможности системы Mathematica 7	573
10.2. Новинки интерфейса Mathematica 7	574
10.2.1. Особенности интерфейса системы Mathematica 7	574
10.2.2. Работа со справкой Mathematica 7	575
10.2.3. Изменение предпочтений и настроек в Mathematica 6/7	578
10.2.4. Особенности ноутбуков системы Mathematica 7	580
10.3. Математические данные в Mathematica 6/7	582
10.3.1. Основные типы математических данных	582
10.3.2. Функция GraphData с данными по графам	583
10.3.3. Функция KnotData с данными об узлах	583
10.3.4. Функция LatticeData с данными по решеткам	584
10.3.5. Функция PolyhedronData с данными о полиэдрах	585
10.3.6. Функция ExampleData с данными о примерах	586
10.3.7. Экспорт и импорт математических и графических объектов	586
10.3.8. Специальные форматы графов в Mathematica 6/7	587
10.3.9. Интегрированные данные в Mathematica 6/7	588
10.4. Некоторые новые математические возможности	590
10.4.1. Визуализация содержимого матриц	590

10.4.2. Разреженные массивы (SparseArray) и матрицы	591
10.4.3. Некоторые другие матричные функции	592
10.4.4. Новые математические функции в Mathematica 7	593
10.5. Расширение возможностей	
решения дифференциальных уравнений	595
10.5.1. Еще о решении дифференциальных уравнений в численном виде	595
10.5.2. Задание решения дифференциальных уравнений в виде модуля или функции пользователя	597
10.5.3. Пример решения дифференциального уравнения второго порядка с двумя граничными условиями	598
10.5.4. Улучшение визуализации фазовых траекторий	599
10.5.5. Пример решения ДУ Ван-дер-Поля с применением средства Equation Trekker	600
10.5.6. Еще о визуализации решений дифференциальных уравнений	602
10.6. Примеры построения ноутбуков	
для Mathematica 6/7	603
10.6.1. О применении систем Mathematica в решении задач моделирования	603
10.6.2. Моделирование емкостного релаксатора на лавинном транзисторе	604
10.6.2. Моделирование цепи на туннельном диоде	607
10.6.3. Спектральный анализ и синтез сложных сигналов	612
Список литературы	619

Интерфейс пользователя и работа с Mathematica 5/6

1.1. Пуск системы и начало работы с ней	34
1.2. Работа с файлами (File)	40
1.3. Редактирование документа (Edit)	44
1.4. Работа с ячейками (Cell)	50
1.5. Операции форматирования ячеек (Format)	55
1.6. Ввод элементов документов (Input)	58
1.7. Управление работой ядра системы (Kernel)	65
1.8. Операции поиска и замены	68
1.9. Управление окнами (Window)	69
1.10. Работа с информационными ресурсами системы Mathematica	70
1.11. Возможности системы Mathematica 5.2	74
1.12. Интерфейс пользователя системы Mathematica 6	78
1.13. Особенности системы Mathematica 6	83

1.1. Пуск системы и начало работы с ней

1.1.1. История появления системы *Mathematica* и ее место

Система Mathematica 1, появившаяся в 1988 г., стала первой серьезной системой компьютерной алгебры [22]. Очередная версия Mathematica 2 могла уже работать под операционные системы MS-DOS и Windows 3.0 [23–26]. Системы вызвали живой интерес со стороны учащихся, преподавателей вузов и университетов, аспирантов, инженеров и научных работников во всем мире. В том числе и в России, хотя у нас этот период совпал с распадом СССР и разрушением основ советской науки.

Версии Mathematica 3/4 [26, 27] обеспечивали системе лидирующее место среди систем компьютерной математики конца XX века – начала XXI века. Уже они обеспечивали практическое решение огромного числа математических, физических и научно-технических задач [34–57]. Число операторов и функций в ядре систем было доведено до более чем 1000, в пакетах расширения до 800.

Однако в начале XXI века Mathematica стала испытывать острую конкуренцию со стороны других систем компьютерной математики. В области компьютерной алгебры в лидеры пробилась система Maple [20, 21], созданная изначально в университетских кругах и быстро развивающаяся (последняя версия этой системы – Maple 11). Кстати, за подготовку книги [21] по Maple 9.5/10 автор стал победителем всероссийского конкурса «Лучшая научная книга 2006», проведенного фондом развития общественного образования, в номинации «Информационные технологии».

Среди систем для численных расчетов и моделирования ведущее место заняла мощная матричная система MATLAB с пакетом блочного математического моделирования Simulink. Для более или менее полного ее описания пришлось подготовить серию из пяти книг [13–17]. Большую известность получила система Mathcad с ее бесподобным математически ориентированным интерфейсом и тщательным отбором входящих в ее ядро функций [10, 11]. Определенную часть рынка заняли малые системы Derive [19, 20] и MuPAD [8], созданные для целей образования.

В связи с этим лидирующее место системы Mathematica в России и в странах СНГ стало менее определенным. Нередко начинающие пользователи отказывались от Mathematica просто потому, что им был плохо понятен язык функционального программирования этой системы, их пугали необычность фиксации ввода клавишами **Shift+Enter** (обычно ввод фиксируется клавишей **Enter**), необычные имена функций, например **Sin[x]**, с указанием параметров в квадратных скобках, и прочие неожиданные для них «мелочи». Но главное – первые версии Mathematica имели малое число практических примеров применения системы. Кроме того, многим казалось, что система слабо и долго модернизируется – смена

основного номера версии у разработчиков системы (фирма Wolfram Research, Inc.) занимала несколько лет, тогда как другие системы обновлялись практически ежегодно. Это видно по номерам их последних версий, например, Maple 11 и Mathcad 14.

Свою роль в неверной оценке возможностей и популярности системы Mathematica сыграли не слишком объективные, а то и явно некомпетентные Интернет-форумы по СКМ. Например, судя по форумам на сайте Exponenta.Ru, система Mathematica имеет худший рейтинг популярности среди систем MATLAB, Mathcad, Maple и Mathematica. Некоторые такие «форумы», например, по системе Maple на Exponenta.Ru, были просто захвачены некомпетентными и неизменно анонимными участниками. Их работа сводится к подсказкам от одних студентов другим в решении задач курсовых или дипломных работ и проектов. Разумеется, что по такому «общественному» обсуждению судить о популярности той или иной системы компьютерной математики нельзя. И просто глупо!

Между тем, кажущиеся недостатки системы Mathematica нередко оборачиваются ее достоинствами. Так, большое время между разработками версий Mathematica 3, 4, 5 и 6 на деле свидетельствует об их тщательной проработке. Так, показанные автору еще в 2000 г. элементы динамического изменения переменных, интерактивного динамического интерфейса и другие очень полезные и интересные возможности, впервые описанные в этой книге, по настоящему вошли только в шестую версию системы. И неслучайно ее разработчики считают эту версию по значимости сравнимой с Mathematica 1 – системой, в свое время приведшей к появлению систем компьютерной алгебры и компьютерной математики на персональных компьютерах.

Но еще важнее то, что новые реализации Mathematica 5.1/5.2/6 – это действительно универсальные математические системы, одинаково быстро, эффективно и надежно выполняющие как аналитические (символьные), так и численные вычисления. Даже загружается система быстрее других систем. Есть все основания считать, что Mathematica действительно выполняет вычисления быстрее своих конкурентов, в частности, благодаря впервые реализованной поддержке возможностей современных сверхскоростных микропроцессоров – в том числе многоядерных.

1.1.2. Установка и запуск системы Mathematica 5

Установка системы Mathematica 5 (в том числе версий 5.1 и 5.2) ничем не отличается от установки любого приложения под операционную систему Windows. После установки на рабочем столе появляется ярлык, активизация которого приводит к загрузке системы в память компьютера и появлению окон системы (рис. 1.1).

Первоначально после запуска Mathematica появляются панель меню и большое окно рабочего документа (ноутбука). На рис. 1.2 показаны также окна с информацией о системе Mathematica. Их можно убрать активизацией кнопки со знаком «X».

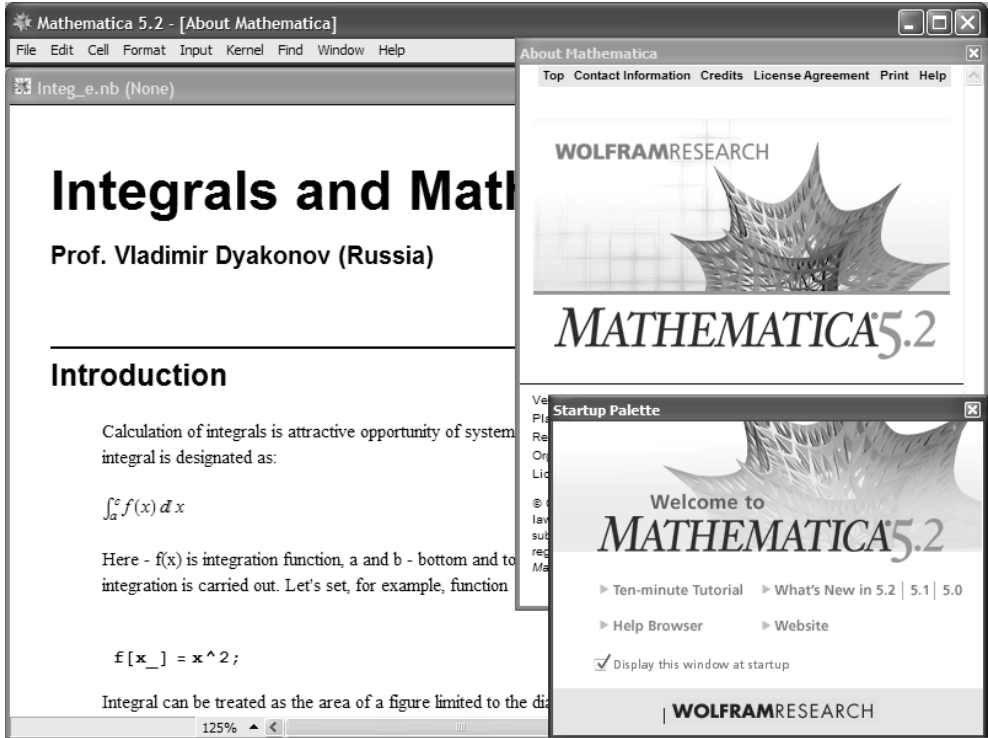


Рис. 1.1. Обзор интерфейса системы Mathematica 5.2

1.1.3. Главное меню и окно редактирования документов

Панель главного меню имеет всего две строки:

- с названиями системы и загруженного файла;
- позициями главного меню.

Справа и снизу окна редактирования находятся линейки прокрутки с характерными ползунками, управляемыми мышью. В самом низу в начале линейки прокрутки имеется так называемая статусная строка с информацией о текущем режиме работы (Status bar). Эта информация (если она есть в данный момент) полезна для оперативного контроля в ходе работы с системой.

Висящее главное меню системы (рис. 1.1 сверху) содержит следующие позиции:

- **File** – работа с файлами: задание нового файла, выбор файла из каталога, закрытие файла, запись текущего файла, запись файла с изменением имени, печать документа и выход в Windows;

- **Edit** – основные операции редактирования (отмена операции, копирование выделенных участков документа в буфер с их удалением и без удаления, перенос выделенных участков, их стирание);
- **Cell** – работа с ячейками (объединение и разъединение ячеек, установка статуса ячейки, открытие и закрытие);
- **Format** – установка форматов документов;
- **Input** – задание элементов ввода (графиков, матриц, гиперссылок и др.);
- **Kernel** – управление ядром системы;
- **Find** – поиск заданных данных;
- **Window** – операции с окнами и их расположением;
- **Help** – управление справочной системой.

Каждая позиция меню, будучи активной, порождает выпадающее подменю, содержащее относящиеся к ней команды. Названия выполняемых команд выделяются четким, а не выполняемых в данное время – характерным серым расплывчатым шрифтом.

Элементы интерфейса, в частности окно редактирования, можно перетаскивать мышью (зацепившись курсором мыши за титульную строку и удерживая нажатой левую клавишу) или растягивать в разные стороны. Курсор мыши обычно имеет вид ↔ , но меняется при установке на определенные детали элементов интерфейса. Например, при установке на вертикальную границу окна он приобретает вид двухсторонних стрелок ↔ , расположенных по горизонтали. Они указывают на возможность перемещения этой линии по горизонтали. Аналогично можно растягивать или сжимать окно перемещением по вертикали или диагонали.

В начале титульных строк главного меню и окна редактирования имеется кнопка с логотипом системы, открывающая подменю со следующими командами:

- **Восстановить** – восстановить размеры элемента интерфейса;
- **Переместить** – переместить элемент интерфейса;
- **Размер** – задать размеры элемента интерфейса;
- **Свернуть** – свернуть элемент в бирку в панели задач Windows;
- **Развернуть** – развернуть элемент интерфейса;
- **Закрыть** – закрыть элемент интерфейса.

Это подменю создается средствами операционной системы Windows. Если используется локализованная (русифицированная) версия последней, то она имеет надписи на русском языке. Кроме того, в конце этих строк есть характерные кнопки, повторяющие три последние команды. Они служат для управления окнами соответствующих элементов интерфейса (пока панели главного меню и окна редактирования). Эти кнопки хорошо знакомы пользователям приложениями под Windows.

1.1.4. Палитры математических операторов и функций

Для облегчения ввода математических выражений Mathematica имеет выводимые пользователем и перемещаемые по экрану в любое место инструментальные панели с множеством пиктограмм ввода математических символов, функций и

команд управления системой. Они выводятся с помощью подменю **Palettes** (Палитры) в позиции **File** главного меню системы (рис. 1.2).

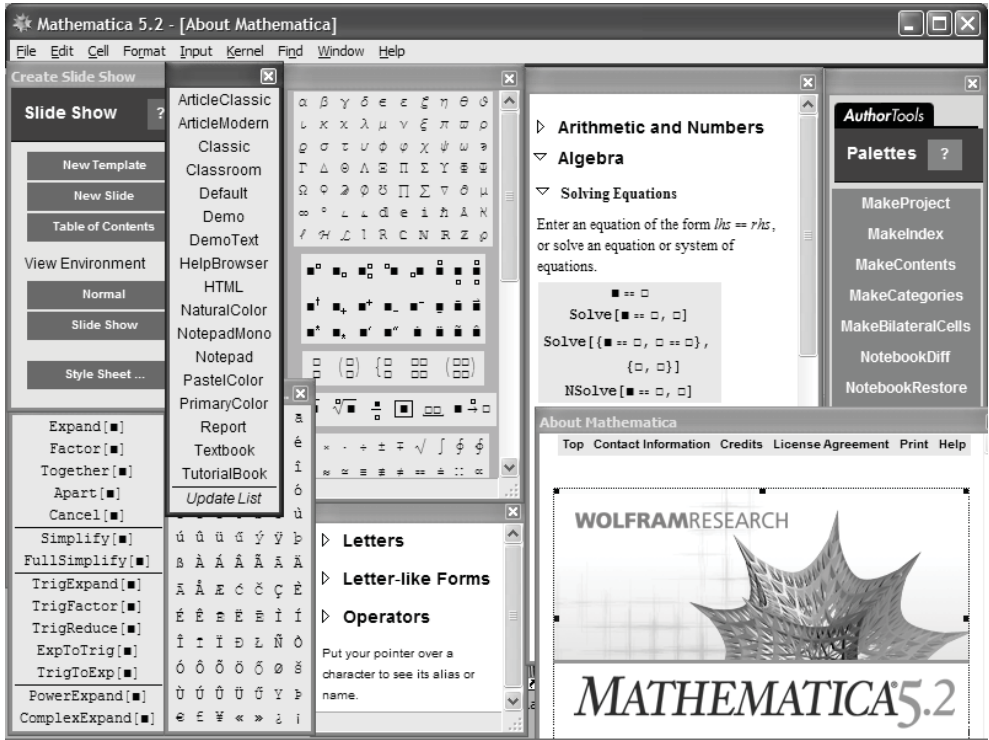


Рис. 1.2. Окно системы Mathematica 5.2 со всеми палитрами

Общее число специальных математических знаков (греческих и латинских букв, операторов, функций и команд), вводимых с помощью палитр, около 700. Многие знаки имеют альтернативные варианты ввода с применением комбинаций клавиш – их можно найти в справочной базе данных системы. Целесообразно пользоваться не более чем 2–3 панелями одновременно. Для удаления ненужных панелей в правом верхнем углу каждой панели расположены маленькие кнопки со знаком «x». Все панели максимально компактны и могут перетаскиваться мышью в наиболее удобное место экрана.

1.1.5. Первые навыки работы и понятие о ноутбуках (документах)

Работа с документами сводится к набору в ячейках ввода выражений (например, математических) и их исполнению. Для исполнения выражений достаточно нажать клавиши **Shift** и **Enter** одновременно (сама по себе клавиша Enter использу-

ется только для задания перевода строки внутри текущей строки ввода). К примеру, чтобы вычислить $2+3$, необходимо вначале ввести это выражение в строку ввода. В Mathematica строка ввода формируется по мере ввода объектов выражений 2, + и 3. После нажатия клавиш **Shift** и **Enter** получим:

In[1]:= 2+3

Out[1]= 5

Любопытно, что при первом вычислении Mathematica выполняет его с заметной задержкой. Это связано с загрузкой ядра системы (см. главу 2). В дальнейшем подобные вычисления происходят практически мгновенно.

Документ системы Mathematica строками (ячейками) ввода и вывода, текстовыми комментариями, рисунками и т.д. очень напоминает страницу блокнота учебного или инженера (рис. 1.3). Потому он и называется ноутбуком (от английского notebook).

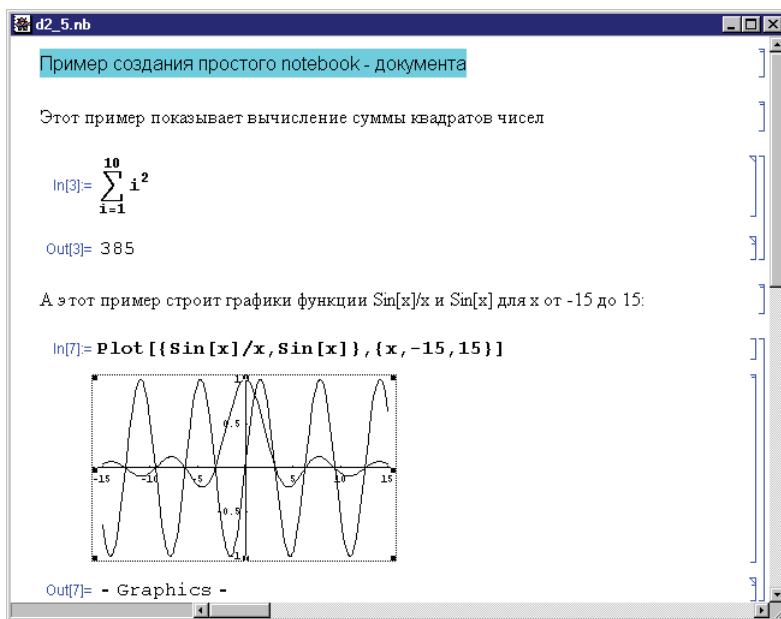


Рис. 1.3. Простейший блокнот (ноутбук)

Отдельные ячейки с математическими выражениями и результатами их вычислений отмечаются в правой части главного окна редактирования характерными тонкими квадратными скобками синего цвета. Это позволяет отслеживать то, к чему относятся математические выражения – к исходным данным или результатам. Кроме того, ячейки могут иметь различный статус, который отмечается соответствующими значками над квадратными скобками (об этом более подробно будет изложено ниже).

Для того, чтобы документ имел наглядный вид блокнота (ноутбука), необходимо предпринять определенные операции по форматированию документа и приданию ему нужного вида. Прежде всего, каждый шаг вычислений следует снабжать поясняющими надписями. Их можно прямо вводить в строки ввода, но затем отформатировать под текстовый формат подходящего стиля. Для этого выделяется строка ввода (установкой маркера ввода на ее скобку и щелчком левой клавиши мыши) с текстовой надписью. Пространство внутри скобки при этом затеняется (делается черным). Затем выполняется команда **Format – Style – Text** (Alt+7). Она задает текстовый формат надписи, который является неисполняемым.

С помощью других команд позиции **Format** главного меню, которые мы рассмотрим в дальнейшем, можно задать надпись разным шрифтом, разным цветом с выделением фона и т.д. Как уже отмечалось, для ввода математического выражения по шаблону и для представления его в естественной математической форме используется стандартный формат StandardForm ячеек ввода.

В блокнотах желательно, чтобы форма представления математических выражений хотя бы напоминала общепринятую. Mathematica позволяет задавать формы представления документов, принятые в таких мощных языках программирования, как Fortran, C и даже TeX (язык для программирования типографского набора сложных научных текстов).

Каждая надпись, математическое выражение или график занимают отдельную ячейку – Cell. Ячейка может занимать одну или несколько строк и всегда выделена своей квадратной скобкой. Важным свойством ячеек систем Mathematica является возможность их эволюции (изменения) по всему документу. Этим осуществляется динамический обмен данными в ходе символьных преобразований.

1.2. Работа с файлами (File)

1.2.1. Основные виды файлов и пакеты расширения

В новых версиях Mathematica 5/6 основным типом документов стали блокноты – notebooks. Им соответствуют файлы текстового формата с расширением .nb. Эти файлы могут редактироваться любым текстовым редактором, поддерживающим формат ASCII. Файлы содержат подробное описание документа с указаниями типов шрифтов, деталей оформления и местоположения различных объектов.

Кроме того, система имеет ряд пакетов расширения (в оригинале дополнения – AddOn) системы, расположенных в каталоге ADDON. Пакеты содержат множество (полторы сотни) библиотечных файлов с расширениями .m., в каждом из которых определен ряд новых функций системы. С их помощью можно реализовать новые алгоритмы решения математических задач и постоянно расширять возможности системы.

1.2.2. Команды позиции **File** меню

Для работы с файлами служит позиция **File** меню. Она позволяет задавать следующие команды:

- **New... Ctrl+N** – вывод окна нового документа;
- **Open... Ctrl+O** – вывод окна загрузки документа;
- **Close Ctrl+F4** – закрытие текущего окна;
- **Save Ctrl+S** – запись документа с текущим именем;
- **Save As... Shift+Ctrl+S** – запись документа с изменением имени;
- **Save As Special...** – запись в специальных форматах;
- **Open Special...** – открытие файлов в специальных форматах;
- **Open Selection...** – открытие выделенных файлов;
- **Import...** – импорт файлов (аналогично **Open...**);
- **Send To...** – отправка ноутбука по электронной почте;
- **Send Selection...** – отправка выделенной части ноутбука по электронной почте;
- **Palettes...** – вывод палитр математических спецзнаков, операторов и функций (см. выше);
- **Notebook...** – вывод списка документов, которые загружались ранее;
- **Generate Palette from Selection** – преобразует выделенные ячейки документа в палитру (окно с единственной кнопкой закрытия);
- **Generate Notebook from Palette** – преобразует палитру в документ со своим именем;
- **Printing Settings** – установка параметров печати;
- **Print... Ctrl+P** – вывод окна печати текущего документа;
- **Print Selection** – печать выделенных ячеек;
- **Exit Alt+F4** – завершение работы с системой.

Выбор любой команды в этой и в других позициях главного меню возможен любым из четырех способов:

- Выбор позиции подменю с помощью клавиш перемещения курсора и активизация этой позиции нажатием клавиши **Enter**.
- Выбор позиции нажатием клавиши выбора (она отмечена в позициях подменю горизонтальной чертой снизу) и нажатием затем клавиши **Enter**.
- Использование комбинации клавиш прямого доступа к команде (не требует активизации главного меню).
- Выбор позиции подменю с помощью мышки перемещением ее курсора и быстрым двойным нажатием левой клавиши мышки в момент, когда курсор находится на нужной позиции.

Следует отметить, что хотя библиотечные файлы расширений можно загружать, как и файлы с расширением .ma, в окно редактирования, как правило это делается только при их подготовке и редактировании. Указанные файлы обычно подгружаются в текущий документ без отображения их текстов с помощью специальных команд. Они будут рассмотрены в дальнейшем.

1.2.3. Работа с файлами документов

Команда **New** используется, когда нужно начать работу с новым документом. Эта команда полностью очищает экран с запросом о том, нужно ли записать текущий документ, если он есть и модернизировался. Документ получает имя **Untitled-N**, где **N** – текущий номер документа. Важно отметить, что эта команда не отменяет определений, сделанных в предшествующих исполненных документах и в ранее загруженных файлах пакетов расширений. Лишь полная перезагрузка системы отменяет эти определения.

Загрузка файлов ранее созданных документов – одна из самых распространенных операций. Она реализуется командой **Open...**, которая служит для загрузки ранее созданного документа с его поиском в файловой системе компьютера. Эта команда выводит стандартное диалоговое окно, типичное для Windows-приложений и предназначенное для удобного поиска файлов. Работа с этим окном пользователю Mathematica хорошо знакома и в особом описании не нуждается.

Для совместимости по интерфейсу пользователя с другими программами введена команда импорта файла – **Import...** Эта команда аналогична команде **Open...**, и поэтому тоже детально не рассматривается. Обе команды позволяют загружать файлы как основного формата notebook с расширением .nb, так и файлы ряда других форматов.

Если документ создан после введения команды **New** или ввода с помощью команд **Open...** или **Import...**, то он обычно подвергается модификации и редактированию. После отладки документа иногда возникает необходимость записать его измененный вариант на магнитный диск – гибкий или жесткий. Для этого служат команды **Save** и **Save As...** Три точки после имени этой (и других) команд означают, что команда исполняется не сразу, а после выполнения определенных действий (например, установок в диалоговом окне). Команда **Save** выполняет запись текущего документа без изменения его имени. Поэтому она выполняется быстро и без каких-либо дополнительных действий. Запись идет в формате notebook.

Команда **Save As...** позволяет изменить имя файла и поместить его в любую директорию любого диска. Эта команда вызывает появление стандартного диалогового окна. В этом окне помимо установок диска и нужной директории следует задать имя записываемого файла или подтвердить предлагаемое имя. Запись идет в формате notebook.

1.2.4. Операции с файлами со специальным форматом

Mathematica может записывать и считывать файлы, представленные в специальных форматах. Список этих форматов можно найти в подменю команды **Save As Special...** Из специальных форматов файлов особо следует выделить три формата – TeX, HTML и XML. Формат TeX используется у весьма популярных у математиков редакторах математических текстов, насыщенных математическими зна-

ками и формулами. Форматы HTML и XML используются для подготовки страниц в Интернете [93]. Эти языки гиперссылок позволяют быстро переходить от одного документа к другому путем активизации гиперссылок. В последнее время формат HTML становится стандартным для подготовки электронных документов и книг, а также для создания высококачественных (в том числе обновляемых через Интернет) справочных систем. Вместе с XML может использоваться формат стандарта MathML, который используется для передачи через Интернет математической информации со сложными формулами.

Для загрузки файлов в этих форматах служит команда **Open Special...**, а для открытия выделенных файлов – команда **Open Selection....** Эти команды открывают довольно простые окна, с помощью которых устанавливаются данные, необходимые для открытия файлов.

1.2.5. Преобразование документов в палитру и наоборот

Любую часть документа после выделения можно преобразовать в палитру. Для этого используется команда **Generate Palette from Selection**.

Палитра – это уменьшенное окно, похожее на окно документа, но имеющее свое имя в титульной строке и только одну кнопку закрытия (у обычного окна их три). Палитру можно, как и документ, записывать на магнитные диски. Для преобразования палитры в документ со своим именем используется команда **Generate Notebook from Palette**.

1.2.6. Печать ноутбуков

Подготовленный документ обычно нуждается в печати. Mathematica под Windows не имеет своей системы печати и использует стандартную систему печати операционных систем Windows 95/98/NT/2000/XP. При этом окна настройки печати задаются драйверами печати, установленными для применяемых принтеров. К примеру, Windows 98/XP поддерживает сотни типов принтеров десятков фирм. Ввиду известности операций печати подробное описание их опущено. Для настройки печати служит команда **Printing Setting**, для печати – команда **Print**, а для печати выделенных ячеек ноутбука служит команда **Print Selection....** Печать идет по известному принципу WYSIWYG: что видишь, то и будет напечатано.

1.2.7. Команда завершения работы с системой – Exit

Команда **Exit** используется для окончания работы с системой. Если все документы, с которыми пользователь работал (их может быть много), были записаны на диск, то при исполнении этой команды можно наблюдать закрытие одного за дру-

гим окон с текстами документов. Если какой-то из документов не был записан после модернизации, то команда **Exit** сделает запрос о необходимости записи. Исполнение команды **Exit** завершается выходом в оболочку Windows.

В подменю **Notebooks** позиции **File** главного меню виден также перечень файлов, с которыми в последнее время работал пользователь. Указание любого из этих файлов ведет к его загрузке в текущее окно редактирования. Это делает систематическую работу с системой более удобной, так как избавляет пользователя от поиска наиболее нужных файлов по дискам и директориям.

1.3. Редактирование документа (Edit)

1.3.1. Основные понятия о документах и их стилях

Редактированием документа является всякое изменение текста комментариев, исходных данных и математических формул с целью придания документу более подходящего вида (стиля) или получения новых результатов. К редактированию относится и изменение формата графиков.

В общем случае документы характеризуются *стилем* оформления. От выбора стиля документа во многом зависит его наглядность и эстетичность восприятия. Поэтому в Mathematica предусмотрены обширные возможности по изменению стиля документов и их частей. Они сосредоточены в подменю команды **Format** главного меню. Однако обилие средств установки стиля порождает проблему совместимости стилей, поскольку нередко стили бывают несовместимыми. Для ее решения используются специальные средства преобразования стилей. Для ячеек они сосредоточены в подменю позиции **Cell** главного меню.

1.3.2. Выделения в документах и использование мыши

При редактировании документа курсор мыши приходится перемещать из одной ячейки в другую и обращаться к командам главного меню для выполнения тех или иных операций, например копирования содержания ячейки в буфер, изменения шрифта и т.д. Следует учитывать, что вид курсора при этом меняется и позволяет оценивать его местонахождение. Рекомендуется понаблюдать за изменением формы курсора мыши при его перемещении в различных областях документов.

Важным моментом в работе с документами является *выделение* их элементов – ячеек ввода и вывода, их содержимого и т.д. Для *выделения ячейки* достаточно установить курсор мыши на ее скобку и нажать левую клавишу – скобка заполнится

темным цветом. Если при этом нажать правую клавишу мыши, появится *контекстно-зависимое меню правой клавиши* с подменю позиции **Copy As...**, позволяющей скопировать содержимое выделенной ячейки в *буфер промежуточного хранения* Windows – clipboard (далее он будет именоваться просто *буфер*).

Возможно также выделение выражений внутри ячеек, а также выделение рисунков (рис. 1.4). Для выделения рисунка (графика) достаточно ввести курсор мыши в область рисунка и щелкнуть левой клавишей мыши. Рисунок будет обведен рамкой с характерными прямоугольниками. Цепляясь за них курсором мыши и нажав и удерживая левую клавишу мыши, можно растягивать график в разные стороны и менять его размер. В этом случае также можно вывести контекстно-зависимое меню правой клавиши мыши.

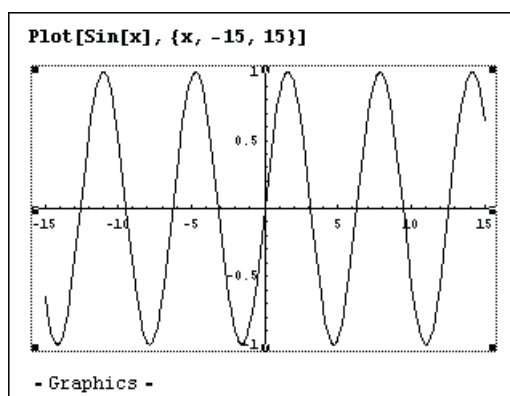


Рис. 1.4. Пример выделения графика в ячейке вывода

Контекстно-зависимые меню правой клавиши мыши очень удобны при профессиональной работе с системой Mathematica. Они дают полный перечень команд, которые можно использовать для выделенного объекта, не обращаясь к главному меню; там они также есть, но разбросаны по многочисленным позициям главного меню.

Когда курсор находится в пределах ячейки ввода или вывода, нажатие левой клавиши мыши вызывает выделение некоторой части этой ячейки. Выделение при этом можно расширять повторным нажатием левой клавиши мыши. Можно расширять область выделения и просто перемещением маркера ввода при постоянно нажатой левой клавише мыши.

Если курсор находится в ячейке ввода, то он используется для точного указания места, в котором начинается редактирование. Для фиксации курсора на этом месте нужно нажать левую клавишу мыши – курсор при этом превращается в жирную вертикальную черту. За пределами ячеек (т.е. в строках главного меню, линейки и т.д.) курсор мышки имеет обычный вид наклонной жирной стрелки.

1.3.3. Подготовка текстовых комментариев

Важной частью профессионально составленного документа являются текстовые комментарии. Без них документ через некоторое время становится непонятным даже его разработчику. Поэтому правилом хорошего тона является применение достаточно подробных текстовых комментариев.

Тестовые комментарии вводятся прямо в текущую строку ввода. Однако не следует завершать ввод нажатием комбинации клавиш **Shift+Enter**, так как это приведет к выводу комментария в строку вывода с возможными сообщениями об ошибке (рис. 1.5). Они обусловлены тем, что в текстовых комментариях обычно не придерживаются синтаксиса входного языка системы Mathematica, что и чревато появлением ошибок.

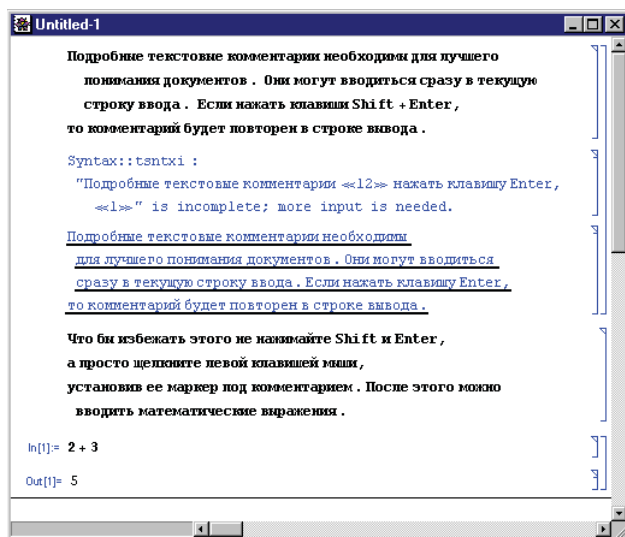


Рис. 1.5. Примеры ввода текстовых комментариев

Чтобы отмеченная ситуация не повторялась, просто установите маркер мыши под строку ввода с комментарием, а затем щелкните левой клавишей мыши; в новой строке ввода можно размещать новый комментарий или математические выражения для вычислений.

Часто в ходе редактирования приходится изменять текстовые комментарии, например заглавные надписи в документах. Для этого достаточно выделить ту ячейку, в которой находится надпись. Для этого подведите курсор мышки в квадратной скобке в правом конце ячейки – курсор при этом превращается в стрелку с вертикальной линией. Указав стрелкой нужную ячейку, нажмите левую клавишу мышки. Скобка выделенной ячейки заполняется черным цветом.