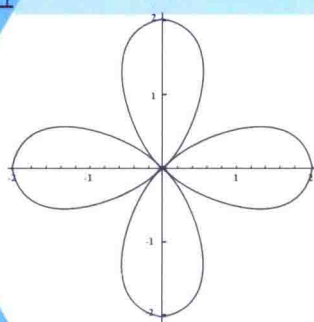
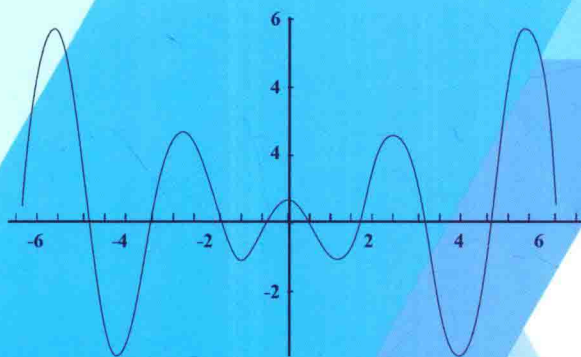


普通高等教育精品教材

大学数学实验

(基于Mathematica软件平台)

主编 李声锋 董毅



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

普通高等教育精品教材

大学数学实验

(基于 Mathematica 软件平台)

主 编 李声锋 董 毅

副主编 张迎秋 梅 红 刘静静



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书以培养高素质应用型人才为目标,以 Mathematica 为软件平台,精心设计了 30 个数学实验,分别涵盖了微积分、线性代数、概率论与数理统计、数学建模理论方法等。

本书可作为高等院校大学数学实验教材,也可供各类数学爱好者、广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学数学实验 / 李声锋, 董毅主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2015

ISBN 978-7-313-12727-3

I. ①大… II. ①李… ②董… III. ①高等数学—实验—高等学校—教材 IV. ①013-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 046803 号

大学数学实验

主 编: 李声锋 董 毅

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 韩建民

印 制: 北京市科星印刷有限责任公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 21 字 数: 392 千字

版 次: 2015 年 3 月第 1 版

印 次: 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-12727-3/O

定 价: 48.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与发行部联系

联系电话: 010-62137141



Mathematica 软件是一款功能强大、具有充分集成环境的符号计算系统，也是目前使用最广泛的数学软件之一。自 1988 年发布以来，Mathematica 软件已经对科技和其他领域运用计算机的方式产生了深刻的影响，尤其在数学、物理、化学、工程、计算机科学、生物医学、金融和经济等学科领域得到了广泛应用。目前，Mathematica 软件的用户遍布世界各地。在我国，很多高等院校将 Mathematica 软件的相关介绍和应用作为大学生在校的必修专业课程之一，也有很多教育工作者们在数学类课程改革中引入 Mathematica 软件，该软件的广泛应用使得很多人受益。

众所周知，数学日益成为解决实际问题的有力工具，数学技术、理论研究、实验研究三者已经对现代社会的进步起到了巨大的作用。传统的大学数学教育主要是培养学生的逻辑推理能力、几何直观能力以及计算能力，而新形势下的大学数学教育还需培养学生的数学建模能力与科学计算能力，数学实验为这些能力的培养提供了重要载体。数学实验强调以学生的动手能力为主，在教师的指导下利用学到的数学知识和计算机技术，选择合适的数学软件，分析、解决一些实际问题。

近年来，一些本科院校以培养高素质应用型人才为目标，注重培养学生的创新意识、创新能力和实践能力，始终将深化教育教学改革作为教学工作的主要任务，着力加强各类课程建设。基于此理念，我们特地为开设数学实验实践课程而编写了这本应用型规划教材，它立足于本科院校应用型人才的培养定位，根据应用型人才培养目标的要求，突出以应用为目的，重视利用数学软件计算、分析、解决实际问题，强调学生自己真正通过“实验”来培养创新意识和应用能力。

数学实验课的对象主要是大学二、三年级的学生，他们已经完成了大学数学中的部分基础课程理论的学习，如微积分、代数学、概率论与数理统计等，对本课程的定位、内容选取和教学方式等诸多方面可能有不同的理解和多种选择，我们对数学实验实践课程采用的方式也仅仅是一种尝试，正因为这种有益的尝试，我们在近些年开设的数学实验课讲义的基础上整理、编写了本书，在编写本书的过程中，要求其内容遵循以下几条原则：

第一，利用一个合适的数学软件平台，本书选择了 Mathematica，书中所有实验的实现都基于 Mathematica 平台。

第二，以问题驱动式贯穿实验过程，以提出实验问题开始，以实验练习结束，很多实验内容都从实际问题引入，并通过实验解决这些实际问题。

第三，将基本的、熟悉的理论内容进行数学实验，加强学生对大学数学基本概念、基



本理论的理解, 强调数学理论的应用性。

第四, 介绍一些最常用的解决实际问题的数学方法, 包括数值计算、数理统计、优化方法、建模方法, 这些方法一般不做深入讨论与证明。

第五, 精心安排学生实验, 建议讲授与实验学时的比例至少为 1:1, 这也是培养学生动手能力的必要保障。

本书为蚌埠学院规划教材, 是蚌埠学院质量工程项目“基于 Mathematica 平台的数学实验项目开发与优化研究”(项目编号: 2013jyxm02) 的成果之一, 是蚌埠学院第一批本科优秀课程“数学分析”的建设成果之一, 是安徽省质量工程项目“数学与应用数学专业综合改革试点”(项目编号: 2014zy141) 的建设成果之一, 是安徽省省级教学研究重点项目(项目编号: 2014jyxm388) 的建设成果之一, 是安徽省(董毅)名师工作室(项目编号: 2014msgzsl66) 的建设成果之一, 是安徽省省级精品资源共享课程《概率论与数理统计》(项目编号: 2013gxxk099) 与《线性代数》(项目编号: 2012gxxk106) 建设成果之一, 是安徽省《高等数学》教学团队项目(项目编号: 20101093) 建设成果与蚌埠学院《线性代数》教学团队项目(项目编号: 2013jxtd02) 建设成果之一, 也是蚌埠学院《概率论与数理统计》重点课程项目(项目编号: ZDKC1101) 与精品课程项目(项目编号: 2013jpc01) 的建设成果之一。

本书共有 30 个实验, 主要结合微积分、线性代数、概率论与数理统计以及数学建模理论与方法进行数学实验, 将实验与课程教学的内容有机结合, 以有效帮助学生对大学数学中的基本概念、主要理论的理解和掌握, 让学生在实验过程中体会数学的应用性, 从而大大提高学生学习数学的积极性。本书可以作为应用型本科和专科理工科专业开展数学实验与数学建模课程的教材, 也可供专业人员学习参考。书中的每个实验分为问题的提出、实验目的、实验内容、实验任务四个部分, 书后附录还给出了 Mathematica 软件常用符号与常数、常用数学函数、常用命令及数学实验报告模板。

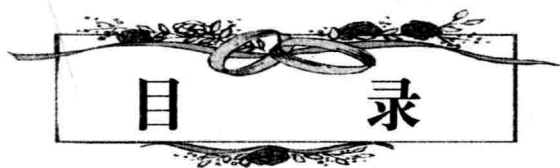
本书是蚌埠学院“数学实验与数学建模”教学团队集体智慧的结晶。由李声锋副教授设计、编写初稿、统稿, 多位老师参与讨论、修改完善工作, 其中李声锋副教授负责实验 1~15 以及附录 1 与附录 2, 梅红副教授负责实验 16~18, 张迎秋副教授负责实验 19、20、26、30 以及附录 3 与附录 4, 董毅教授负责实验 21~25, 刘静静老师负责实验 27~29。董毅教授审阅了全书。

非常感谢为本书的出版发行付出辛勤劳动的上海交通大学出版社的编辑们。

在编写本书过程中我们参考了部分实验教材和资料, 已在书后的参考文献中列出, 在此表示感谢。由于水平有限, 书中存在的缺点和疏漏之处, 敬请读者、专家学者批评指正, 也特别希望各个领域的读者能提供最新的实例, 电子邮件 lsf7679@163.com。

编 者

2015 年 2 月



实验 1 Mathematica 基本操作	1
1.1 问题的提出	1
1.2 实验目的	1
1.3 实验内容	1
1.4 实验任务	8
实验 2 Mathematica 中的数及其运算	10
2.1 问题的提出	10
2.2 实验目的	10
2.3 实验内容	10
2.4 实验任务	18
实验 3 Mathematica 中的变量和函数	19
3.1 问题的提出	19
3.2 实验目的	19
3.3 实验内容	20
3.4 实验任务	28
实验 4 Mathematica 中表的生成及其运算	31
4.1 问题的提出	31
4.2 实验目的	31
4.3 实验内容	32
4.4 实验任务	42
实验 5 绘制二维图形	43
5.1 问题的提出	43
5.2 实验目的	43
5.3 实验内容	43
5.4 实验任务	56



实验 6 Mathematica 中的代数运算	59
6.1 问题的提出	59
6.2 实验目的	59
6.3 实验内容	59
6.4 实验任务	70
实验 7 极限的实验	71
7.1 问题的提出	71
7.2 实验目的	71
7.3 实验内容	72
7.4 实验任务	80
实验 8 无穷大与无穷小的实验	82
8.1 问题的提出	82
8.2 实验目的	82
8.3 实验内容	83
8.4 实验任务	91
实验 9 导数与微分的计算	93
9.1 问题的提出	93
9.2 实验目的	93
9.3 实验内容	93
9.4 实验任务	103
实验 10 一元函数极值及其应用	105
10.1 问题的提出	105
10.2 实验目的	105
10.3 实验内容	106
10.4 实验任务	113
实验 11 积分的计算及其几何意义	115
11.1 问题的提出	115
11.2 实验目的	115
11.3 实验内容	116
11.4 实验任务	127
实验 12 定积分的应用与近似计算	129
12.1 问题的提出	129

12.2 实验目的	129
12.3 实验内容	129
12.4 实验任务	140
实验 13 级数与函数逼近	143
13.1 问题的提出	143
13.2 实验目的	143
13.3 实验内容	144
13.4 实验任务	155
实验 14 绘制三维图形	157
14.1 问题的提出	157
14.2 实验目的	157
14.3 实验内容	157
14.4 实验任务	172
实验 15 多元函数微分及其应用	174
15.1 问题的提出	174
15.2 实验目的	174
15.3 实验内容	174
15.4 实验任务	186
实验 16 多元函数积分及其应用	189
16.1 问题的提出	189
16.2 实验目的	189
16.3 实验内容	190
16.4 实验任务	202
实验 17 认识 Mathematica 中的矩阵	205
17.1 问题的提出	205
17.2 实验目的	205
17.3 实验内容	205
17.4 实验任务	209
实验 18 矩阵的基本运算与操作	211
18.1 问题的提出	211
18.2 实验目的	211
18.3 实验内容	211



18.4 实验任务	217
实验 19 线性方程组求解	218
19.1 问题的提出	218
19.2 实验目的	218
19.3 实验内容	218
19.4 实验任务	223
实验 20 线性代数在数学建模中的应用	225
20.1 问题的提出	225
20.2 实验目的	225
20.3 实验内容	225
20.4 实验任务	233
实验 21 随机事件及其概率的实验	234
21.1 问题的提出	234
21.2 实验目的	234
21.3 实验内容	234
21.4 实验任务	239
实验 22 随机变量及其分布的实验	241
22.1 问题的提出	241
22.2 实验目的	241
22.3 实验内容	241
22.4 实验任务	253
实验 23 随机变量数字特征的实验	255
23.1 问题的提出	255
23.2 实验目的	255
23.3 实验内容	255
23.4 实验任务	259
实验 24 大数定律与中心极限定理的实验	261
24.1 问题的提出	261
24.2 实验目的	261
24.3 实验内容	261
24.4 实验任务	268



实验 25 样本及抽样分布的实验	270
25.1 问题的提出	270
25.2 实验目的	270
25.3 实验内容	270
25.4 实验任务	275
实验 26 创意折叠桌模型	277
26.1 问题的提出	277
26.2 实验目的	277
26.3 实验内容	277
26.4 实验任务	283
实验 27 线性规划模型与求解	285
27.1 问题的提出	285
27.2 实验目的	285
27.3 实验内容	286
27.4 实验任务	288
实验 28 回归模型与求解	290
28.1 问题的提出	290
28.2 实验目的	291
28.3 实验内容	292
28.4 实验任务	295
实验 29 微分方程建模与求解	297
29.1 问题的提出	297
29.2 实验目的	298
29.3 实验内容	298
29.4 实验任务	300
实验 30 安全渡河问题	301
30.1 问题的提出	301
30.2 实验目的	301
30.3 实验内容	302
30.4 实验任务	308
附录	309
附录 1 常用符号与常数	309



附录 2 常用数学函数.....	311
附录 3 编程语言.....	318
附录 4 数学实验报告.....	324
参考文献.....	325

实验 1 Mathematica 基本操作

1.1 问题的提出

Mathematica 是一个符号计算系统，是一个强大的数学运算与编程软件。Mathematica 是美国 Wolfram Research 公司开发的数学软件，目前，在世界上已有超过数百万的用户，它不仅只是应用在数学领域，更广泛地应用于物理、化学、生物、计算机科学、金融和经济、机械、航空航天、社会学等许多领域。在教学研究和教学应用方面，数学教师常常将 Mathematica 作为“数学建模”和“数学实验”等课程的最常用的工具。本实验练习 Mathematica 基本操作和学习 Mathematica 的基础知识。

1.2 实验目的

- (1) 掌握 Mathematica 的基本操作方法。
- (2) 学习 Mathematica 的基础知识，为后续学习打下基础。

1.3 实验内容

1.3.1 系统安装与启动

Mathematica 网站：<http://www.wolfram.com/>。

Mathematica 的硬件要求及支持的系统平台如下：

CPU: Intel Pentium3/Athlon; 内存: 512MB; 硬盘: 40.00GB;

操作系统: Windows7/8/Vista/XP.



1. Mathematica 的安装

安装 Mathematica 的方法有以下几步:

- (1) 鼠标双击安装盘上的 **Setup.exe** 文件, 出现安装向导对话框.
- (2) 按照向导对话框的提示完成每一步的操作, 直到提示单击“完成”按钮.

2. Mathematica 的启动

与常规的其他应用软件相同, 正确安装 Mathematica 后, 可以用以下两种方法启动程序:

- (1) 在桌面上找到生成的 Mathematica 快捷方式, 双击该快捷方式可完成启动.
- (2) 按顺序单击下列菜单进行启动: 开始→程序→Wolfram Mathematica→Wolfram Mathematica 7 for Students.

启动 Mathematica 程序后, 首先出现在屏幕上的是 Mathematica 主窗口, 该主窗口包含一个空白的 Mathematica 笔记本窗口, 如图 1-1 所示. 系统暂时在主窗口的标题栏中将窗口命名为“Untitled-1.nb”或“未命名-1.nb”, 可以保存为其他名称, 也可以另存为其他格式文件. 注意, 如果不涉及三维作图等实验, 本书中大部分实验可以在低版本的 Mathematica 软件平台进行, 如启动: 开始→程序→Mathematica 5→Mathematica 5.

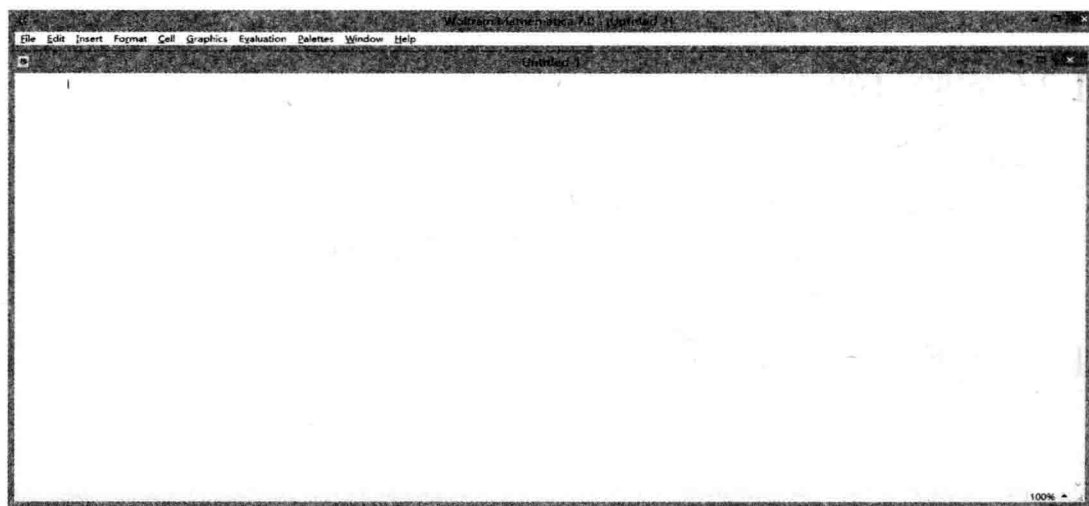


图 1-1 Mathematica7 主窗口

1.3.2 Mathematica 的工作环境

1. Mathematica 的菜单栏

Mathematica 窗口界面的第二行为菜单栏, 如图 1-2 所示. 菜单栏上有 10 个菜单项, 单击菜单项会弹出下拉菜单. 下面简要介绍各个菜单中的常用命令.



图 1-2 Mathematica 的菜单栏

(1) File: 该菜单是“文件”管理菜单, 它的主要功能有新建文件 (New)、打开文件 (Open)、关闭文件 (Close)、保存文件 (Save)、另存为 (Save As)、文件特殊存储 (Save Selection As)、打印设置 (Printing Settings)、退出 Mathematica 程序 (Exit) 等。

(2) Edit: 该菜单为“编辑”命令菜单, 其中常用的命令有撤销 (Undo)、剪切 (Cut)、复制 (Copy)、粘贴 (Paste)、复制为特殊格式 (Copy As)、全选 (Select All) 等。

(3) Insert: 该菜单为“插入”命令菜单, 主要功能有插入特殊字符 (Special Characters)、插入图片 (Picture) 等。

(4) Format: 该菜单为“格式”菜单, Mathematica 笔记本窗口中可以输入多种形式的格式, 默认为英文输入格式, 也可以在笔记本窗口中输入中文。笔记本窗口的默认字体为 Courier, 可以在“Format”下拉菜单中的“Font”中选择其他字体。还可以进行对“单元”设置背景颜色及给“单元”添加边框等操作。

(5) Cell: 该菜单为“单元”或“细胞”菜单, 在 Mathematica 的笔记本窗口中, “单元”有特定的结构, 一般是指笔记本窗口中输入的一组命令及其输出的一组结果, 在笔记本窗口的左边边框处用“]”标识。该菜单主要设置“单元”风格, 也包含了动画和声音的一些命令。

(6) Graphics: 该菜单为“画图”菜单, 在 Mathematica 的笔记本窗口中, 新建一块画布 (New Graphic), 利用作图工具 (Drawing Tools) 的元素在画布上绘制平面图形。

(7) Evaluation: 运行内核系统, 它是 Mathematica 在进行各种计算时实际使用的系统, Mathematica 系统会通过内核系统发送和接收各种信息。运行或终止“单元”运算的操作可以通过此菜单中的命令进行。比如, 在 Mathematica 笔记本窗口中输入运算式后, 依次选择“Evaluation”→“Evaluate cells”命令, 就可以对当前“单元”执行计算任务, 相当于通常的 Shift+Enter 组合键。有时, Mathematica 运行程序可能需要很长时间, 此时希望终止运行或计算, 可以选择“Evaluation”菜单下的“Quit Kernel”命令。

(8) Palettes: 该菜单为“选项板”菜单, Mathematica 提供了一些选项板菜单, 方便输入时使用。

(9) Window: 该菜单为“窗口”设置菜单, 单击该菜单, 不仅可以看到当前打开的所有笔记本窗口的名称, 还可以将同时打开的窗口进行层叠 (Stack Windows)、垂直 (Tile Windows Wide) 或水平 (Tile Windows Tall) 摆放, 以方便使用。

(10) Help: 该菜单为“帮助”菜单。Mathematica 的帮助功能非常强大, 善于使用 Mathematica 的帮助不仅可以了解到该软件的设计理念, 而且更能学习到各种各样的数学



知识及数学在实际中的应用。在 Mathematica 的“帮助”菜单下可以有参考资料中心 (Documentation Center)、函数浏览器 (Function Navigator)、虚拟全书 (Virtual Book) 等选项, 如图 1-3 所示。对于一般的用户, 在“参考资料中心”页面的“搜寻”文本框中输入需要查找的关键词, 按 Enter 键后就会给出与关键词有关的查询结果。例如, 输入关键词 “Plot”, 则搜寻结果立刻转到 Plot 函数的帮助页面, 如图 1-4 所示。在 Plot 函数的帮助页面中, 给出了 Plot 函数的命令使用格式, 以及关于函数的选项说明、应用举例、相近函数、链接等帮助信息。

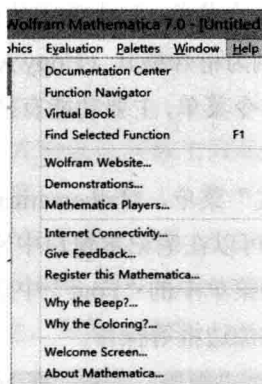


图 1-3 Mathematica 的“帮助”菜单

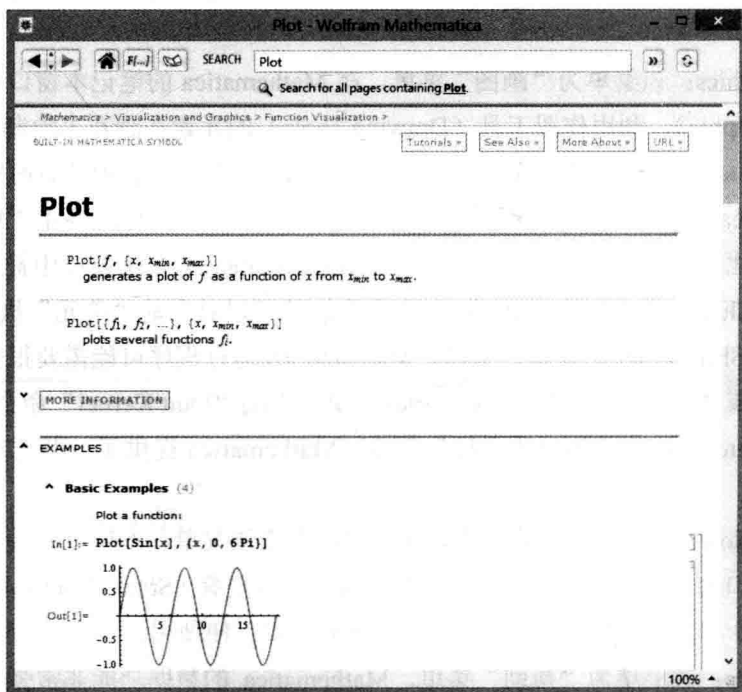


图 1-4 Plot 函数的帮助页面



2. Mathematica 的 Notebook 窗口

启动了 Mathematica 后, 就可以在笔记本窗口 (Notebook 窗口) 中输入、输出、显示各种信息. 例如, 在 Notebook 窗口中输入 $3+4$, 然后同时按 $\text{Shift}+\text{Enter}$ 组合键, Mathematica 就会输出结果. 窗口内容显示如图 1-5 所示.

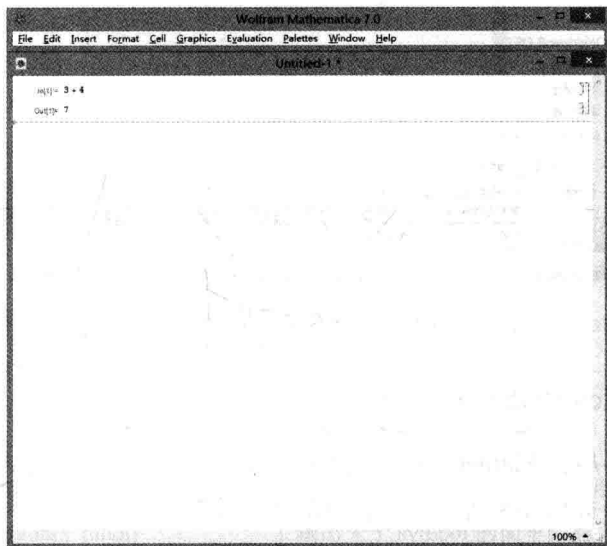


图 1-5 在 Mathematica 的 Notebook 窗口输入 $3+4$ 进行计算

从 Notebook 窗口中可以看到, “In[1]:=” 是系统提供的输入提示符, 表示第一次输入; “Out[1]:=” 是系统提供的输出提示符, 表示此行输出的结果对应于 “In[1]:=” 的输入. 在程序运行后, 系统自动显示这两种提示符, 用户不需要另外输入.

需要注意的是, Mathematica 在首次运行输出时, 执行速度会慢一些, 并显示 “Running...” 等提示信息.

1.3.3 Mathematica 的文件管理

1. Mathematica 文件的存储

在 Mathematica 中, 要保存所做的工作, 可以在 “File” 菜单中选择 “保存 (Save)” 或 “另存为 (Save As)” 命令, 系统会弹出如图 1-6 所示的对话框. 可以更改文件名、选择存储路径、选择存数类型后对文件进行保存.

2. Mathematica 文件的打开

在 Mathematica 中, 选择 “File” 菜单中的 Open 命令, 在弹出的对话框中选择正确的路径和文件名, 如图 1-7 所示, 就可以打开一个以前保存过的文件.

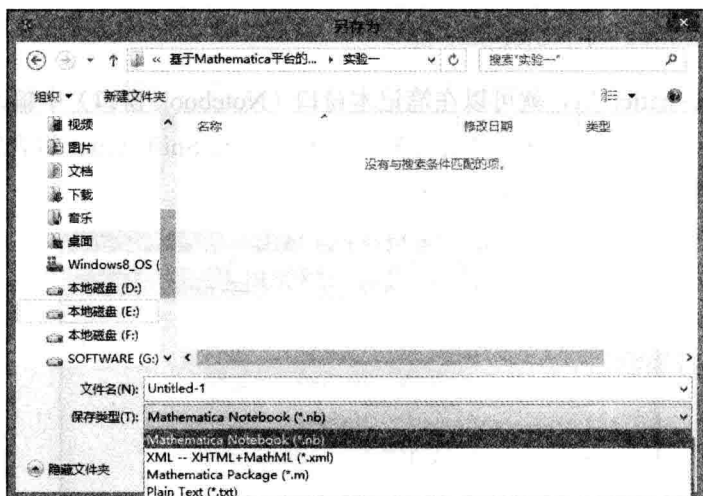


图 1-6 保存文件提示框

3. Mathematica 的选项板

在多数情况下,启动 Mathematica 时会在屏幕右侧弹出“基本输入”选项板,相当于“数学公式”编辑器,如图 1-8 所示.如果关闭了“基本输入”选项板,下次启动 Mathematica 后就不会弹出,我们可以调出该“基本输入”选项板,具体操作如下:在 Mathematica 的“Palettes”菜单中,将光标移到“other”选项上,将弹出子菜单,选择“基本输入(Basic Math Input)”命令,选项板能够很方便地帮助我们写出符合数学学习的一些表达式,如方幂、求和、求连乘积、求导、不定积分、定积分、矩阵输入等,而这种符合数学书写习惯的输入也可以完成相应的运算.

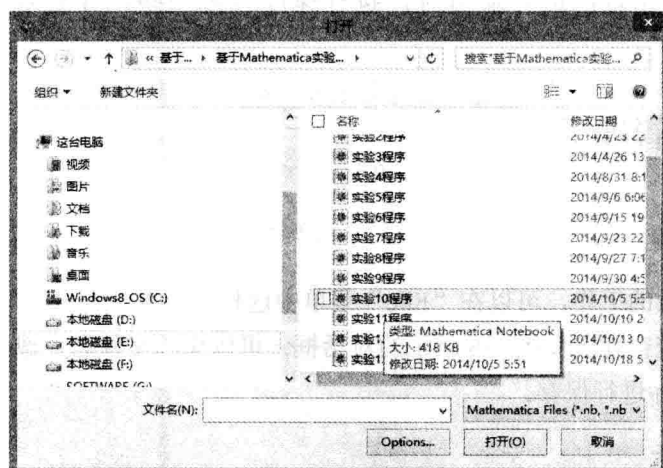


图 1-7 打开文件提示框



图 1-8 Basic Math Input 选项板