



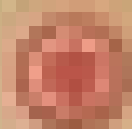
高等学校数学系列教材

大学数学实验

主编/徐 晶 杨春玲 刘华南



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



中国海洋大学出版

大学数学实验

（第二版）

中国海洋大学出版社



高等学校数学系列教材

大学数学实验

主编/徐 晶 杨春玲 刘华南

内 容 简 介

本书将目前高校的四门重要数学基础课与数学实验内容融为一体,涉及微积分、线性代数、概率论与数理统计和复变函数与积分变换的数学实验问题。使学生借助于数学软件,学习求解相关数学运算的方法,分析、解决经过简化的实际问题,提高学数学和用数学的兴趣、意识和能力。

本书可作为高等学校理工、经管类的数学实验课教材和参考书,以及大学生数学建模竞赛的辅导教材。此外,本书对于那些想在微积分、线性代数、概率统计和复变函数与积分变换课程中加强实验环节教学改革的学校和教师,本书也是一本很好的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学数学实验/徐晶主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.9
ISBN 978-7-81133-531-6

I. 大… II. 徐… III. 高等数学-实验-高等学校-教材 IV. 013-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 157720 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 13
字 数 236 千字
版 次 2009 年 9 月第 1 版
印 次 2009 年 9 月第 1 次印刷
定 价 25.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前言

“数学实验”是自从我国著名科学家钱学森教授提出理工科的数学课程需要改革以来大家公认的必选之路。近几十年来,由于计算机技术的高速发展,对数学科学的发展产生了深远的影响,面临数学地位的巨大变化,科学工作者和工程技术人员对数学知识的需求量大大增加,这对高等学校数学教育提出了新的、更高的要求。

因为数学实验是运用现代计算机技术和软件包来进行数学模型的求解,实用性很强的课程,所以随着高等院校工科数学教学改革进一步深化,数学实验的重要性也日益显著。由于软件包技术的高速发展,计算机不仅能完成复杂的数值计算,也能进行符号演算、作图等工作。数学实验是计算机技术和数学软件引入教学后出现的新事物。数学实验课的目的首先是学生通过亲手“做数学”来“学数学”,加强“用数学”的教育。学生通过计算机和数学软件包计算、尝试、验证、求解,可以增强学生对数学的认识和兴趣,培养学生应用数学知识解决实际问题的意识和能力,激发他们进一步学好数学的愿望,发挥学生的主观能动性,促成数学教学的良性循环。

本教材是为适应国内一般工科院校开设数学实验课的需要而编写的。实验内容与同济大学编写的《微积分》《线性代数》和《复变函数》教材同步。实验软件采用的是 Mathematica 5.0 和 Matlab 7.0 软件。全书共 6 章,包括微积分实验、线性代数实验、数理统计实验、复变函数与积分变换实验,每个实验分为问题的提出、实验目的、实验内容和作业几部分。全书层次清晰,重视实用,尤其是每个实验都介绍了两种软件的求解方法,通过本教材的学习,使学生深入理解《微积分》《线性代数》和《复变函数》课程中的基本概念和基本理论,熟练使用 Mathematica 5.0 和 Matlab 7.0 软件。培养学生运用所学知识建立数学模型,使用计算机解决实际问题的能力,是一本较系统、全面的数学实验教科书。

本书共 6 章,第 1 章和第 4 章由杨春玲编写,第 2 章和第 6 章由刘华南编写,第 3 章和第 5 章由徐晶(实验 5.1,实验 5.2)、杜广环(实验 5.3,实验 5.4,实验 5.5)编写。在本书的编写过程中参阅了许多文献和数学软件资料,并得到了母丽华教授的指导和帮助,在此向文献及资料的作者和关心支持本书的有关领导、专家和同行表示诚挚的谢意。

数学实验重在实践。希望同学们能在实践中学习和进步!

编者

2009 年 8 月

目录

第 1 章 Mathematica 软件入门	1
1.1 Mathematica 的发展史	1
1.2 Mathematica 的启动与退出	1
1.3 Mathematica5.0 主菜单简介	2
1.4 Mathematica5.0 基本操作	9
1.5 数学函数分类	16
1.6 Mathematica 编程初步	21
1.7 获取 Mathematica 的帮助信息	24
第 2 章 Matlab 软件入门	27
2.1 Matlab 的发展历程	27
2.2 Matlab 的启动与退出	28
2.3 Matlab7.0 工作界面	29
2.4 Matlab7.0 的帮助系统	34
2.5 Matlab7.0 的基础知识	37
2.6 Matlab7.0 的工具箱	40
第 3 章 微积分	42
实验 3.1 一元函数的图形及极限	42
实验 3.2 一元函数微分学及其应用	55
实验 3.3 一元函数积分学	62
实验 3.4 二元函数图形的绘制	68
实验 3.5 多元函数微分学	73
实验 3.6 二元函数积分学	79
实验 3.7 无穷级数	82
第 4 章 线性代数与矢量分析	90
实验 4.1 矩阵的基本运算	90

实验 4.2	矩阵的秩与向量组的线性相关性	97
实验 4.3	线性方程组求解	103
实验 4.4	矩阵的特征值与特征向量	110
实验 4.5	矢量分析与场论	120
第 5 章	概率论与数理统计实验	130
实验 5.1	随机变量及其分布	130
实验 5.2	随机变量的数字特征	136
实验 5.3	参数估计	144
实验 5.4	假设检验	149
实验 5.5	方差分析	158
实验 5.6	回归分析	163
第 6 章	复变函数与积分变换	166
实验 6.1	复数及其运算	166
实验 6.2	复变函数	170
实验 6.3	复变函数的导数、解析性和积分	176
实验 6.4	级数	179
实验 6.5	留数	186
实验 6.6	Fourier 变换	192
实验 6.7	Laplace 变换	196



第 1 章 Mathematica 软件入门

1.1 Mathematica 的发展史

Mathematica 的原始系统是由美国物理学家 Stephen Wolfram 领导的一个小组开发的用于量子力学研究的软件. 软件开发的 success 促使 Stephen Wolfram 于 1987 年创建了 Wolfram 公司. Mathematica 集文本编辑、符号计算、数值计算、逻辑分析、图形、动画、声音于一体, 与 Matlab, Maple 一起被称为目前国际上最流行的三大数学软件. 它以符号计算见长, 同时具有强大的图形功能和高精度的数值计算功能. 在 Mathematica 中可以进行各种符号和数值运算, 包括微积分、线性代数、概率论和数理统计等数学各个分支中公式的推演、数值求解非线性方程、最优化问题等, 可以绘制各种复杂的二维和三维图形, 并能产生动画和声音.

Mathematica 的最初版本是 1988 年推出的 1.0 版, 此后, Wolfram 公司通过对 Mathematica 的不断改进和扩充, 陆续于 1991 年推出 2.0 版、1996 年推出 3.0 版、1999 年推出 4.0 版、2003 年推出 5.0 版, 现在最新版本是 6.0 版. 全书介绍的是国内常见的 Mathematica 5.0.

1.2 Mathematica 的启动与退出

安装 Mathematica 5.0 软件后, 在桌面上双击 Mathematica 5 图标, 首先显示版本信息, 然后会出现一个空白的工作窗口, 表示 Mathematica 已经启动, 如图 1-1.

在图 1-1 中, 左边的大窗口为工作区, 是显示一切输入、输出的窗口. 所有操作都在这个窗口中进行. 可以同时打开多个工作区窗口. 在这样的窗口中, 不仅可以显示文字与数学表达式, 还可以显示图形、按钮等对象, 这种类型的窗口称为“NoteBook”. 位于工作区窗口右边的

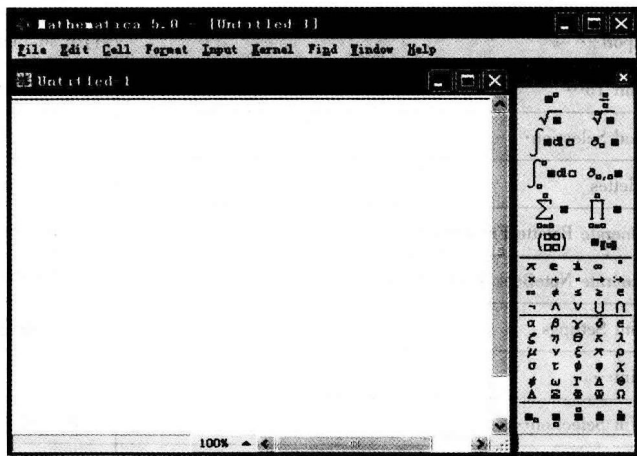


图 1-1 Mathematica5.0 的工作窗口



是基本输入模板,由一系列按钮组成.

当结束 Mathematica 工作时,可以选择 File 菜单中的 Exit 选项或单击关闭按钮. Mathematica 会询问是否保存对所打开工作区内容的修改,选择 Yes,保存文件;选择 No,放弃保存;选择 Cancel,取消这次操作并返回 Mathematica.

1.3 Mathematica5.0 主菜单简介

1. [File] 文件菜单

File 菜单各选项主要用于系统各类文件的各种输入输出操作,各项及其功能见表 1-1.

表 1-1 File 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
New	新建一个文件
Open	打开一个文件
Close	关闭窗口
Save	保存文件
Save As...	另存为
Save As Special...	用特殊格式保存
Revert...	回复
Open Special...	用来打开非 Mathematica 默认文件
Import...	打开 Mathematica 文件,并插入到 Notebook 中
Send To...	直接将 Notebook 中的内容插入到 Email 窗口
Send Selection...	发送选定的内容
Palettes	目前可以使用的模板
Generate Palette From Selection	将当前 Notebook 转换成模板
Generate Notebook From Palette	将选中模板转换成 Notebook
Print Settings	打印设置包括页面设置、打印选项、页眉页脚设置
Print...	打印文件
Print Selection...	打印选择内容
Exit	退出系统



2. [Edit] 编辑菜单

Edit 菜单主要是针对当前工作区进行的编辑与操作,各项命令及其功能见表 1-2.

表 1-2 Edit 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Undo	撤销操作
Cut	剪切
Copy	复制
Paste	粘贴
Clear	清除所选内容
Copy As	复制所选内容并转换成指定的文件格式
Paste As	粘贴所选内容并转换成指定的文件格式
Save Selection As	保存选定内容为指定格式
Select All	全部选择
Insert Object...	用来在当前的 NoteBook 中插入图片等对象
Motion	执行删除、光标移动等操作
Expression Input	在指定位置输入表达式
Make 2D	将由键盘键入的线性语法表示转换成为二维形式
Check Balance	检查平衡:从插入点向外,选择最匹配的表达式
Check Spelling...	拼写检查
Preferences...	系统参数设置

3. [Cell] 单元菜单

Mathematica 重要的数据结构是单元(Cell),又称为细胞.系统中的单元是指 NoteBook 中的用蓝色中括号(右端)括起来的部分,即每次输入的命令或输出的结果所形成的单位.单元可以是多级的,即单元中可以包含若干个子单元.NoteBook 就是由一个或多个单元组成的.



Cell 菜单主要用于对单元内容表现形式的转换、属性的设置、合并、拆分等操作,各项命令及其功能见表 1-3.

表 1-3 Cell 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Convert To	将所选单元转换成指定的显示方式
Display As	正文显示为文本、输入、标准、传统等形式
Default Input FormatType	选择缺省的输入格式:输入、标准、传统等形式
Default Output FormatType	选择缺省的输出格式:输出、输入、标准等形式
Deaault Inline FormatType	选择缺省的内部格式:标准、传统等形式
Cell Properties	设置单元属性包括可否打开、可否编辑等
Cell Grouping	单元组合操作
Divide Cell	在当前的插入点处分割单元
Merge Cells	将所选的几个单元合并成一个单元
Animate Selected Graphics	动画演示所选图形
Play Sound	播放所选的声音
Rerender Graphics	重画所选图形
Rerender and Save Graphics	重新生成并保存单元中的图像
Make Standard Size	恢复图形成为缺省的尺寸
Align Selected Graphics...	排列所选图形
Cell Size Statistics...	显示当前笔记本中各单元的统计

4. [Format] 格式菜单

Format 菜单主要是设置 Mathematica 系统中 NoteBook 版式、风格等操作,各项命令及其功能见表 1-4.



表 1-4 Format 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Style	将所选单元或正文编排成特殊格式
Screen Style Environment	设置屏幕的显示风格参数:工作、发言稿、浓缩等
Printing Style Environment	设置打印输出风格参数:工作、发言稿、浓缩等
Show Expression	显示单元的表达式
Option Inspector...	调用检查程序,查看和选择风格参数
Remove Options...	删除所选单元的所有外在选项
Style Sheet	将当前 NoteBook 设置成相应特殊风格的页面
Edit Style Sheet	编辑当前 NoteBook 的定义风格
Font	设置字体
Face	设置字型:正体、粗体、斜体、下划线
Size	设置字号
Text Color	设置字符颜色
Background Color	设置单元背景颜色
Choose Font...	调用 Windows 系统的字体,设置字体、字型等
Text Alignment	设置正文对齐方式,包括居中、左对齐等格式
Text Justification	调整文字单元的字符间隔
Word Wrapping	页面段落换行,包括不换行、按纸张宽度换行等
Cell Dingbat	设置所选单元左边悬挂的标志
Horizontal Lines	设置在单元上方或下方加分割水平直线的风格
Show Ruler	在工作区顶部显示尺度
Show ToolBar	显示工具栏
Show Page Breaks	显示分页标记
Magnification	显示比例



5. [Input] 输入菜单

Input 菜单主要用于完成各种形式输入的准备工作,各项命令及其功能见表 1-5.

表 1-5 Input 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Get Graphics Coordinates...	获取已画图形的坐标
3D ViewPoint Selector...	选择三维作图的视点坐标
Color Selector...	调用颜色选择器
Record Sound...	调用 Windows 的录音机
Get File Path...	设置获取文件的路径
Create Table/Matrix/Palette...	创建表/矩阵/面板输入形式
Create Button	创建具有指定功能的按钮,如粘贴、计算等
Edit Button...	调用按钮编辑器编辑各种按钮
Create Hyperlink...	创建超链接
Create Automatic Numbering Object...	创建自动编好
Create Value Display Object...	创建显示对象的计算结果
Convert Automatic Objects to Literal	转换为文字形式
Copy Input from Above	复制上面的输入内容
Copy Output from Above	复制上面的输出内容
Start New Cell Below	在下面开始新的单元
Complete Selection	完整选择:使输入的部分函数名完整化
Make Template	插入函数输入模板

6. [Kernel] 内核菜单

Mathematica 系统的核心程序是 Mathematica Kernel. Kernel 菜单主要用于控制单元和 NoteBook 中的各种运算及其结果,以及指定、配置、启动和退出所用的核心功能,各项命令及其功能见表 1-6.

表 1-6 Kernel 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Evaluation	计算控制
Interrupt Evaluation...	终止计算
Abort Evaluation	使当前计算无效
Start Kernel	启动指定的内核程序
Quit Kernel	退出指定的内核程序
Default Kernel	指定所有计算所使用的缺省内核
Notebook's Kernel	指定当前 Notebook 所使用的内核
Kernel Configuration Options...	内核参数设置
Show In/Out Names	显示输入/输出名
Delete All Output	删除所有输出单元

7. [Find] 查找菜单

Find 菜单主要是为了在 Notebook 中查找或替换某些内容,各项命令及其功能见表 1-7.

表 1-7 Find 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Find...	在当前 Notebook 中查找含有对话框中字符串的内容
Enter Selection	输入选择,即把当前所选字符串填入查找对话框中
Find Next	查找下一个
Find Previous	查找前一个
Find in Cell Tags	用单元标签查找单元
Replace	用对话框中指定的内容来替换所选内容
Replace and Find Again	替换并继续查找
Replace All	全部替换
Open Selected	打开包含所选内容的单元组
Scroll to Selection	滚动到所选位置
Go Back	后退
Add/Remove Cell Tags...	添加/删除单元标签



表 1-7(续)

命 令	功 能
Cell Tags	单元标签
Show Cell Tags	显示单元标签
Cell Tags from In/Out Names	以当前的输入/输出名作为单元的标签
Make Index...	创建单元标签索引

8. [Window] 窗口菜单

Window 菜单主要用于对多个窗口排列及对各个窗口的激活操作,各项命令及其功能见表 1-8.

表 1-8 Window 窗口菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能	命 令	功 能
Stack Windows	层叠排列各窗口	Messages	激活信息窗口
Tile Windows Wide	纵向平铺各窗口	BasicInput. nb	激活 BasicInput. nb 窗口
Tile Windows Tall	横向平铺各窗口	Untitled - 1	激活无标题的窗口 - 1

9. [Help] 帮助菜单

Help 菜单可以让用户获得各种形式的在线帮助信息,各项命令及其功能见表 1-9.

表 1-9 Help 菜单中各项命令及其功能

命 令	功 能
Help Browser...	调出帮助浏览器
Find Selected Function...	查找指定函数
Master Index...	主索引
Tutorial...	指南
Information Center on the Web...	在线信息中心
Wolfram Research on the Web...	在线探讨
Online Registration...	在线注册



表 1-9(表)

命 令	功 能
Why the Beep? ...	警告音说明
Startup Palette...	启动控制面板
About Mathematica...	Mathematica 版本信息
Rebuild Help Index	重建关于帮助的索引

1.4 Mathematica5.0 基本操作

1. 指令的输入与结果的输出

在工作区中输入想要运算的表达式或指令,按 Shift + Enter 组合键或数字键盘的 Enter 键, Mathematica 将进行计算,如输入

3 + 5

然后按 Shift + Enter 组合键,会出现如图 1-2 所示的运算结果.

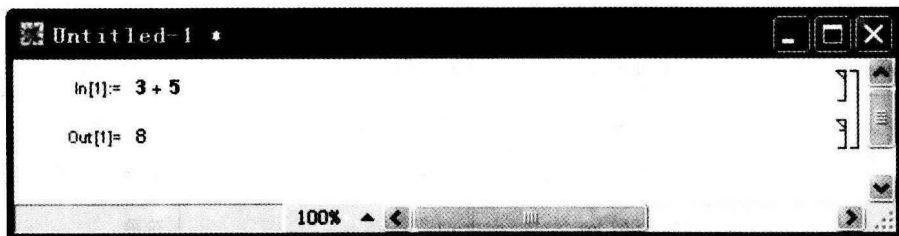


图 1-2 运算结果

Mathematica 将输入的命令用标题“ $\text{In}[n] :=$ ”标志,输出的结果用“ $\text{Out}[n] :=$ ”标志,其中数字“ n ”表示已经输入的命令数.

Mathematica 中另一种简便的输入方法是用 % 表示上一个输出结果,%% 表示倒数第二个输出结果,依此类推,% n 表示第 n 个输出结果(而不是倒数第 n 个结果).

2. 内部函数与运算符号

(1) 内部常数

Mathematica 软件中提供了数学上常用的一些常数,见表 1-10.



表 1-10 常用的常数

常 数	数学含义	常 数	数学含义
E	表示自然对数的底 e	Pi	表示圆周率 π
I	表示虚数单位 i	Degree	角度 $1^\circ = \pi/180$
Infinity	表示正无穷大 $(+\infty)$	ComplexInfinity	复平面上无穷远点
- Infinity	表示负无穷大 $(-\infty)$	GoldenRatio	黄金分割数

(2) 内部函数

Mathematica 系统与常见的高级程序设计语言相似,都是通过大量的函数和命令来实现其功能的.要灵活使用 Mathematica,就必须尽可能熟悉各种内部函数(包括内置函数和软件包函数),常见的内部函数如表 1-11 所示.

表 1-11 常见的内部函数

内部函数	数学含义	内部函数	数学含义
$\sin[x], \cos[x], \tan[x] \dots$	三角函数	$N[x, n]$	x 的 n 位有效数字
$\text{Arcsin}[x], \text{Arcos}[x] \dots$	反三角函数	$\text{Max}[x1, x2, \dots]$	最大函数
$\sinh[x], \cosh[x], \tanh[x] \dots$	双曲函数	$\text{Min}[x1, x2, \dots]$	最小函数
$\text{Arcsinh}[x], \text{Arcosh}[x] \dots$	反双曲函数	$\text{GCD}[n1, n2, \dots]$	最大公约数
$\text{Exp}[x]$ 或 E^x	指数函数 e^x	$\text{LCM}[n1, n2, \dots]$	最小公倍数
$\log[x]$	自然对数函数 $\ln x$	$\text{Mod}[m, n]$	m 除以 n 的余数
$\log[b, x]$	对数函数 $\log_b x$	$n!$	阶乘
$\text{Sqrt}[x]$	开平方根函数 $\sqrt{x}$	$n!!$	双阶乘
$\text{Abs}[x]$	绝对值函数 $ x $	$\text{Binomial}[n, m]$	C_n^m
$\text{Round}[x]$	四舍五入函数	$\text{Random}[]$	$[0, 1]$ 之间均匀随机数
$\text{Floor}[x]$	不大于 x 的最大整数	$\text{Re}[z]$	求复数 Z 的实部
$\text{Ceiling}[x]$	不小于 x 的最小整数	$\text{Im}[z]$	求复数 Z 的虚部
$\text{IntegerPart}[x]$	x 的整数部分	$\text{Arg}[z]$	求复数 Z 的幅角函数
$\text{FractionalPart}[x]$	x 的小数部分	$\text{Conjugate}[z]$	求复数 Z 的共轭复数