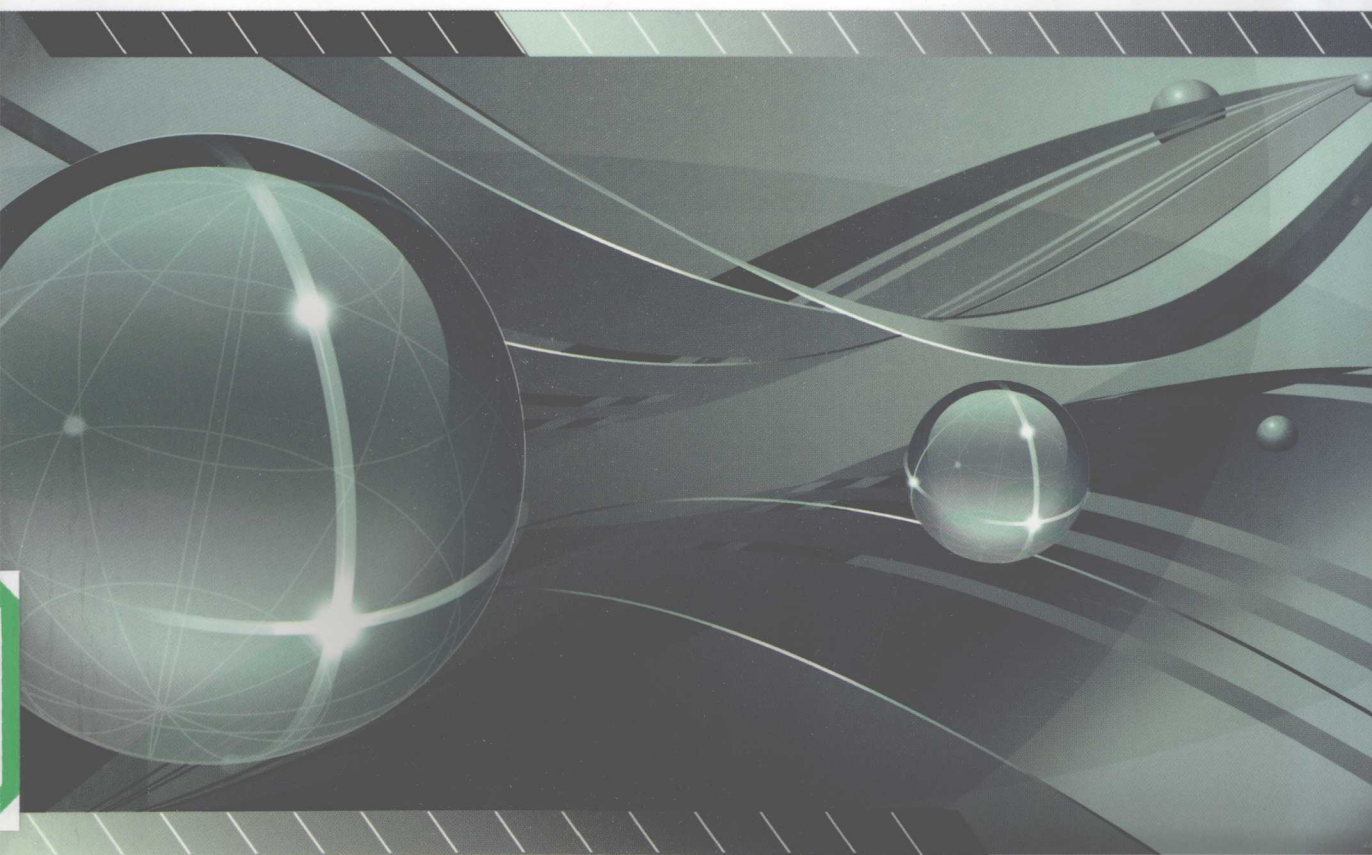


高等学校教材

Mathematica

数学实验 (第2版)



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

徐安农 编著

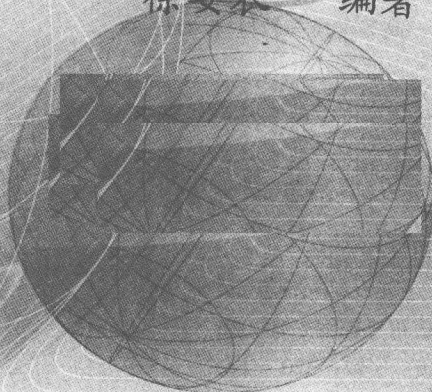
高等学校教材

Mathematica

数学实验

(第2版)

徐安农 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内容简介

本书以国际先进的数学软件 Mathematica 为计算平台,紧密结合大学高等数学、线性代数和概率论与数理统计教学,内容生动、有趣,理论联系实际,富有启发性。全书共分成 4 篇,第 1 篇是微积分,共 12 个实验,内容结合同济大学第五版《高等数学》。第 2 篇是线性代数,共 5 个实验,是配合线性代数课程的上机实验。第 3 篇是概率论与数理统计,共 6 个实验,主要配合浙江大学版《概率论与数理统计》教学的上机实验,将这些实验与课程教学内容进行了有机的结合,并引进数学软件实现计算。第 4 篇介绍数学软件 Mathematica 的使用方法和常用命令的分类检索,方便学生在实验中参考学习。每个实验后都附有习题,用以加深学生对理论的理解,并实践所学的知识。

本书既可作为高等工科学校本科生和大专生的教材,也可供以 Mathematica 为计算平台的科研和管理人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Mathematica 数学实验 / 徐安农编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2009.7

高等学校教材

ISBN 978-7-121-08500-0

I. M… II. 徐… III. 高等数学—实验—高等学校—教材 IV.O13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 036445 号

责任编辑: 冉 哲

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 16 字数: 320 千字

印 次: 2009 年 12 月第 2 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



再版说明

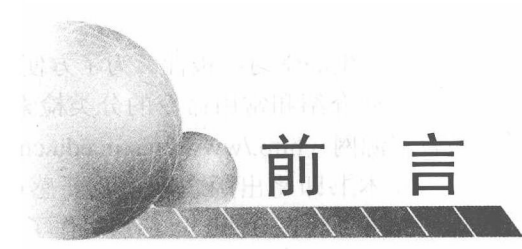
本书第 2 版除保持了原版的特点之外, 增加和修改了一些实验。在最开始的几个实验中添加实验中用到的 **Mathematica** 函数和命令使用方法介绍。改写了部分例题和程序。例如, 在实验 1-9 中增加了隐函数作图方法的介绍, 在实验 1-10 中, 积分区域的图形程序使用了三维参数方程作图, 画出的图形更加逼真美观, 实验 3-4 做了较大的修改, 增加了概率论中的经典随机实验, 例如, 对高尔顿钉板实验、蒲丰的投针实验做了计算机模拟, 使内容更充实并更符合教学的需要。并对近年来使用本教材教学中发现的不足和纰漏一一给予纠正。例如, 在实验 1-2 中割圆术的程序, 对圆内接 6×2^n 边形面积的计算, 给出的结果相差了 1 位, 在这次再版中根据读者的建议做了修改。在这里, 特别感谢关心本书的细心读者, 能将发现的问题与作者交流, 使本书更趋完善。

本书自 2004 年出版以来, 已经多次重印, 被不少院校用作数学实验课的教材。数学实验已经形成了一场风暴, 在近年出版的高等数学、线性代数、概率论以及计算数学各门课程的教材中都引进了数学实验, 成为数学教学改革的热点, 有关数学实验的专著也层出不穷。本书之所以为许多教育学者瞩目, 是由于 **Mathematica** 软件的强大功能, 给数学学习和研究开辟了极其广阔的天地。

感谢广大读者对本书的支持, 也希望读者能够继续关心和支持本书, 并不吝赐教。

作者

2009 年 2 月



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 10 年来大家公认的成功之路。由于电子计算机的出现，对数学科学的发展产生了重要的影响，从而也对高等数学教育提出了新的要求。从事高等数学教育的工作者在 10 年中进行了各种各样的探索，终于在开设数学实验课的问题上取得了共识。一致认为数学实验是引进现代教育技术最好的形式。

数学实验课的目的首先是加强“用数学”的教育，培养学生应用所学的数学知识解决实际问题的意识和能力。因此我们的每一节课都从提出问题开始，建立描述问题的数学模型，应用所学的数学知识去解决问题。

数学实验课的另一目的是将数学教学与现代教育技术结合起来，充分利用计算机技术、网络技术，以及成功的数学软件，培养学生进行数值计算和数据处理的能力。这正是新的数字时代对高素质人才所提出的要求。

正因为数学实验把数学知识、数学建模与计算机应用三者结合起来融为一体，既改变了过去数学教育注重知识传授而忽视应用的不足，又加进了现代内容。也正因为加进了现代内容，对数学教学的传统方式也提出了挑战。科学计算和演绎推理同样成为数学发展的重要手段。用归纳和实验手段来进行数学教育开辟了数学教学改革真正的新路。

数学实验还是一门新的课程，它的教学理念是以学生为主体，通过在计算机上做大量的实验，发现问题中存在的数学规律，提出猜想，进行证明和论证。讲授该课程的老师在教学过程中应处于指导地位。要充分调动学生的学习积极性，发挥学生的主观能动性，才能达到本课程教学的目的。

在我们的数学实验中，主要使用的数学软件是在世界上已经广为流传的 Mathematica，由于它的优越的性能，受到高等学校教师和学生的喜爱。

本书是在最近几年开设数学实验课的讲义基础上整理出来的，共分成 4 篇，第 1 篇是微积分，共 12 个实验，它们可以结合同济大学《高等数学》第五版的内容穿插在相应的教学内容中，比如在第 1 篇中的实验 1-1 和实验 1-2，在讲完微分学后的实验 1-4，等等。第 2 篇是线性代数，共 5 个实验，它们是配合线性代数课程的上机实验。第 3 篇是概率论与数理统计，共 6 个实验，主要是配合浙江大学版《概率论与数理统计》教学的上机实验。这些实验和课程教学内容有机结合，并引进数学软件实现计算，因而必能大

大提高学生的积极性。为了方便使用,本书还在第4篇给出 Mathematica 软件使用方法的简要介绍和常用命令的分类检索。本书配有电子课件,读者如果需要可以登录华信教育资源网(<http://www.huaxin.edu.cn>)免费下载。

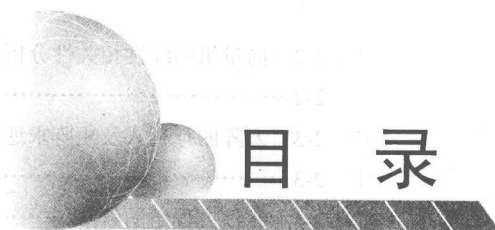
在本书即将出版之际,我要感谢郭锡伯教授,是他引发了我在数学实验方面的兴趣,并带领我在1998年参加写作了第一本关于数学实验的书。感谢段班祥和毕忠勤为本书所做的工作。

还要特别感谢我的夫人秦丽丽。她无微不至地照料我的生活并仔细审读了全部书稿,完成了书稿的编排和打印工作。

尽管这套教材已经过多次试用,但其中仍难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。希望这套立体化教材对开展数学实验课教学起到推动作用。

电子邮件地址: annongcn@yahoo.com

徐安农
2004年1月
于桂林桔香园



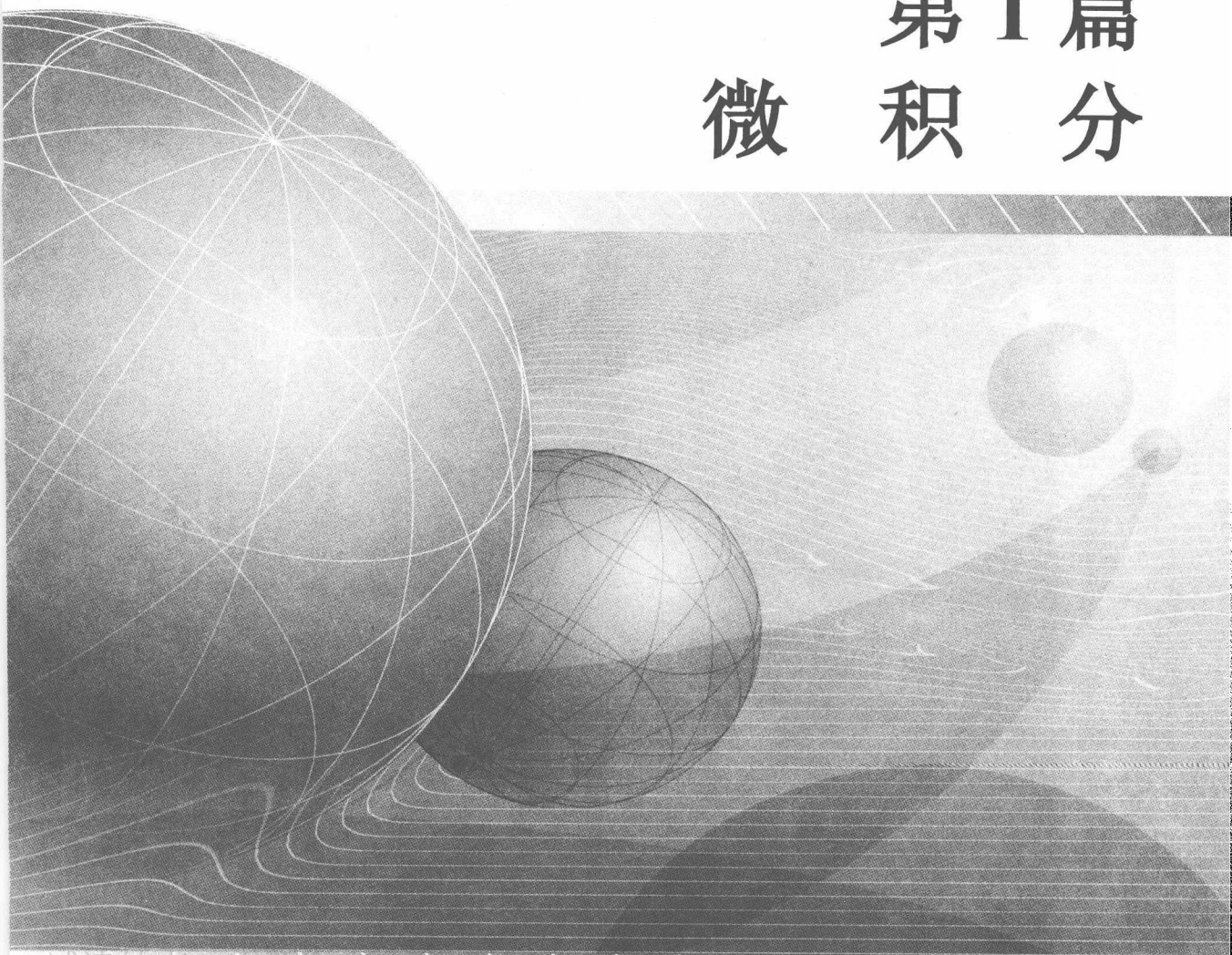
第 1 篇 微积分	(1)
实验 1-1 函数与图形	(3)
习题 1-1	(13)
实验 1-2 割圆术与数列极限	(14)
习题 1-2	(20)
实验 1-3 差分方程与混沌	(21)
习题 1-3	(27)
实验 1-4 方程近似根的求法	(28)
习题 1-4	(33)
实验 1-5 驳船的长度问题	(35)
习题 1-5	(39)
实验 1-6 空中电缆的长度计算	(40)
习题 1-6	(45)
实验 1-7 微分方程求解及计算机模拟	(47)
习题 1-7	(51)
实验 1-8 空间图形的画法	(53)
习题 1-8	(62)
实验 1-9 函数的等量线及有关的作图问题	(64)
习题 1-9	(68)
实验 1-10 二、三重积分的计算	(69)
习题 1-10	(74)
实验 1-11 无穷级数与函数逼近	(75)
习题 1-11	(81)
实验 1-12 最小二乘法	(83)
习题 1-12	(87)
第 2 篇 线性代数	(89)
实验 2-1 矩阵的初等变换	(91)
习题 2-1	(98)

实验 2-2 向量组的线性相关性分析	(99)
习题 2-2	(102)
实验 2-3 方阵的行列式及矩阵求逆	(103)
习题 2-3	(107)
实验 2-4 线性方程组的解法	(109)
习题 2-4	(115)
实验 2-5 矩阵的特征值和特征向量	(116)
习题 2-5	(121)
第 3 篇 概率论与数理统计	(123)
实验 3-1 随机变量的分布	(125)
习题 3-1	(132)
实验 3-2 随机变量的模拟	(133)
习题 3-2	(139)
实验 3-3 频率图近似模拟	(140)
习题 3-3	(144)
实验 3-4 蒙特卡洛方法	(146)
习题 3-4	(153)
实验 3-5 区间估计与假设检验	(154)
习题 3-5	(161)
实验 3-6 回归分析	(163)
习题 3-6	(168)
第 4 篇 数学软件 Mathematica	(169)
4.1 Mathematica 入门	(171)
4.1.1 Mathematica 的启动	(171)
4.1.2 Mathematica 的工作环境	(172)
4.1.3 Mathematica 的语法要求	(174)
4.1.4 Mathematica 的帮助系统	(174)
4.1.5 Mathematica 的选项板	(177)
4.1.6 Mathematica 文件的存取	(178)
4.1.7 Mathematica 的扩展	(179)
4.2 用 Mathematica 画函数的图形	(180)
4.2.1 基本一元函数作图	(180)
4.2.2 参数方程作图	(182)
4.2.3 极坐标方程作图	(182)

4.2.4 二维作图的可选参数	(183)
4.2.5 三维图形命令	(186)
习题 4-2	(187)
4.3 用 Mathematica 进行函数计算	(188)
4.3.1 四则运算与运算次序	(188)
4.3.2 Mathematica 的内部函数	(189)
4.3.3 自定义函数	(190)
4.3.4 Mathematica 中的特殊函数	(191)
习题 4-3	(193)
4.4 用 Mathematica 解微积分	(193)
4.4.1 求极限	(193)
4.4.2 求导数和求微分	(197)
4.4.3 求多元函数的偏导数和全微分	(199)
4.4.4 求不定积分和定积分	(200)
习题 4-4	(201)
4.5 用 Mathematica 的相应功能解方程	(202)
4.5.1 在 Mathematica 中用于解方程 $f(x)=0$ 的命令	(202)
4.5.2 求解联立方程	(206)
4.5.3 解微分方程	(207)
习题 4-5	(208)
4.6 用 Mathematica 的相应功能进行向量、矩阵运算	(208)
4.6.1 向量和矩阵的输入	(208)
4.6.2 获得表的元素	(210)
4.6.3 表的维数和矩阵的加、减法	(211)
4.6.4 向量和矩阵的乘法	(212)
4.6.5 关于矩阵的几个常用函数	(212)
习题 4-6	(214)
4.7 Mathematica 编程初步	(215)
4.7.1 全局变量和局部变量	(215)
4.7.2 循环结构	(217)
4.7.3 分支结构	(220)
4.7.4 转向结构	(222)
习题 4-7	(223)
附录 A 常用 Mathematica 命令分类检索	(225)

A.1	微积分	(227)
A.2	线性代数	(230)
A.3	概率论与数理统计	(232)
附录 B	数学实验报告	(239)
参考文献		(244)

第 1 篇 微 积 分



实验 1-1 函数与图形

一、问题的提出

函数是高等数学研究的主要对象，是描述自然界和社会生活中一类具有对应规则的变量关系的最基本概念，因此，深刻地理解函数的概念对学习微积分是非常必要的。通常，函数用解析式子表示（即包含自变量和因变量的用四则运算或复合组成的式子），称为解析表达式。

例如：

$$y = x^3 - x + 1; f(x) = \frac{\sin x}{x}; \rho = 2 \sin \theta$$

都是解析表达式。

但是函数的另外两种表示法（表列法和图形法）能让我们更直观地了解变量之间的对应关系。表列法明白地给出了对自变量的每一个值、因变量所对应的函数值。而函数的图形法更能反映出函数的有界性、单调性、奇偶性及周期性等。

利用 Mathematica 数学软件使多角度理解函数关系成为可能。

二、实验目的

- (1) 学习用 Mathematica 软件绘制常见函数的图形；
- (2) 通过作图，进一步加深对函数的理解，了解函数的性质；
- (3) 构造函数自变量与因变量的对应表，观察函数的变化。

三、实验内容

实验中用到的 Mathematica 函数和命令：

- `Plot[f, {x, xmin, xmax}]` 画出函数 f 在区间 $[x_{\min}, x_{\max}]$ 上的图形；
- `ParametricPlot[{fx, fy}, {t, tmin, tmax}]` 按参数方程画图。

1. 基本初等函数的图形

(1) 幂函数 $y = x^\mu$ ，其中 μ 为实数，分别讨论 μ 为正整数、负整数、分数的情况。首先讨论 μ 为正整数的情况，分别取 $\mu = 1, 2, 3, 4$ ，在区间 $(-0.02, 1)$ 上画图。

其程序如下：

```
t1=Plot[Evaluate[Table[x^n, {n, 1, 4}]], {x, -0.2, 1.},
  AxesLabel->{"x", "y"}, PlotRange->{-0.2, 1.02},
  AspectRatio->Automatic]
```

运行程序得到图 1-1。

程序中，Evaluate[]用于对多个函数的表画图，将所有图形放在一幅图中。

再取 $n=-1, -2$ ，在区间 $(-2, 2)$ 上画图，改变程序中的参数如下：

```
t2=Plot[Evaluate[Table[x^(-n), {n, 1, 2}]], {x, -2, 2},
  AxesLabel->{"x", "y"}, PlotRange->{-2, 2}
  AspectRatio->Automatic]
```

运行后得到图 1-2。改变参数后类似可得图 1-3 和图 1-4。

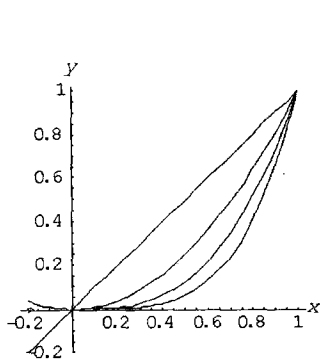


图 1-1 幂函数之 1

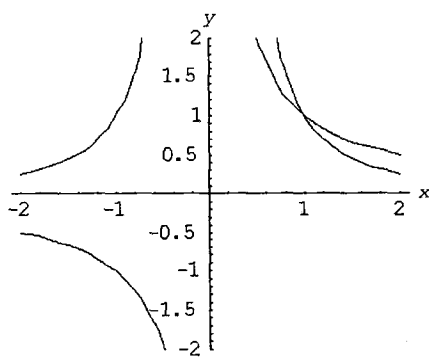


图 1-2 幂函数之 2

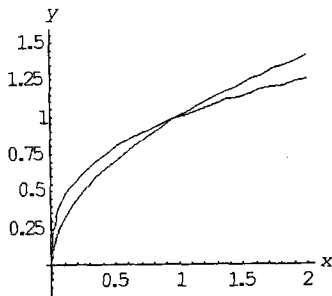


图 1-3 幂函数之 3

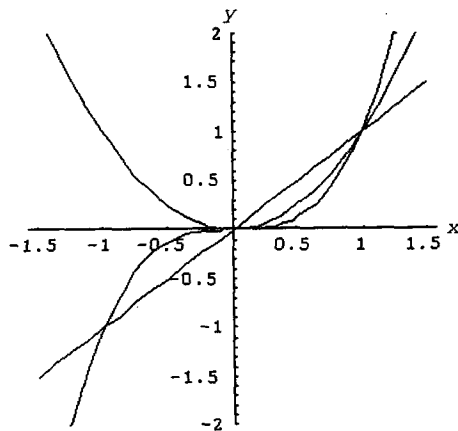


图 1-4 幂函数之 4

(2) 指数函数，其程序如下：

```
t1=Plot[Evaluate[Table[n^x, {n, 2, 4}]], {x, -2, 2},
  AxesLabel->{"x", "y"}, PlotRange->{-1, 4}]
t2=Plot[Evaluate[Table[n^-x, {n, 2, 4}]], {x, -2, 2},
  AxesLabel->{"x", "y"}, PlotRange->{-1, 4}]
Show[t1, t2]
```

运行后得到图 1-5。

(3) 对数函数，其程序如下：

```
t3=Plot[Evaluate[Table[Log[n, x], {n, 2, 3}]], {x, -1, 2},
  AxesLabel->{"x", "y"},
  PlotRange->{-1, 1}, AspectRatio->{1, 1}]
t4=Plot[Evaluate[Table[Log[1/n, x], {n, 2, 3}]],
  {x, -1, 2}, AxesLabel->{"x", "y"}, PlotRange->{-1, 1}]
Show[t3, t4]
```

运行后得到图 1-6。

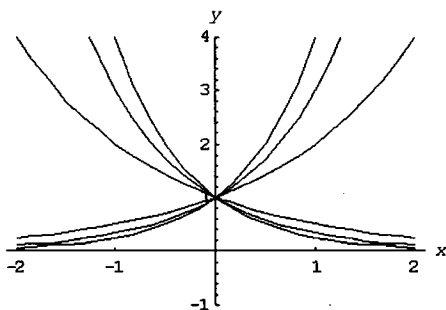


图 1-5 指数函数

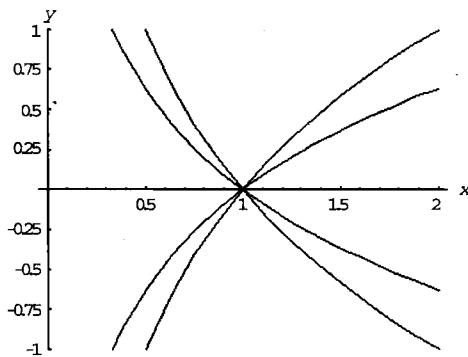


图 1-6 对数函数

(4) 三角函数，其 $\sin x$ 函数的画图程序如下：

```
Plot[Sin[x], {x, -2*Pi, 2*Pi}, PlotRange->{-5, 5},
  AspectRatio->Automatic, AxesLabel->{"x", "sinx"}]
```

运行后得到图 1-7。

$\cos x$ 函数图形见图 1-8。

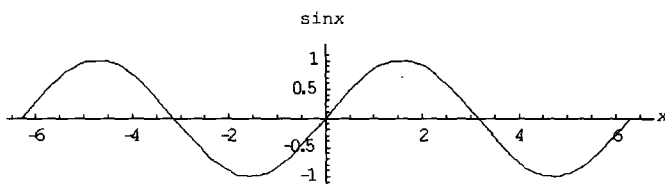


图 1-7 $\sin x$ 函数

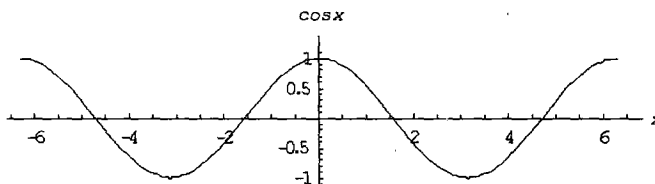


图 1-8 $\cos x$ 函数

$\tan x$ 函数的画图程序如下:

`Plot[Tan[x], {x, -2*Pi, 2*Pi}, PlotRange->{-5, 5},`

`AspectRatio->Automatic]`

要画出其他三角函数的图形, 只要将程序中的函数名改写为所要画的函数名即可。

其 $\tan x$, $\cot x$, $\sec x$, $\csc x$ 函数图形分别见图 1-9~图 1-12。

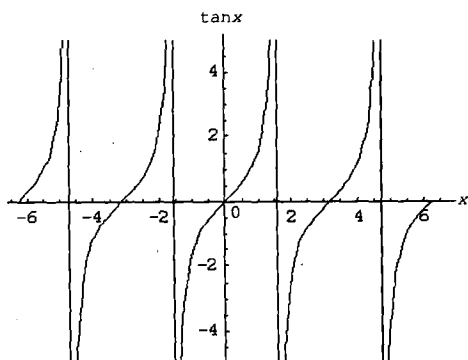


图 1-9 $\tan x$ 函数

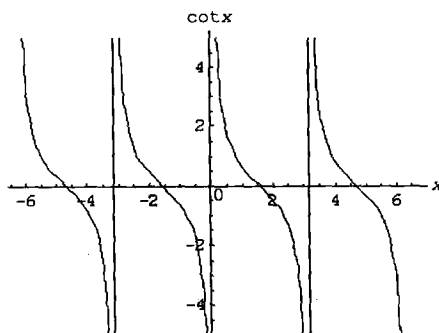


图 1-10 $\cot x$ 函数

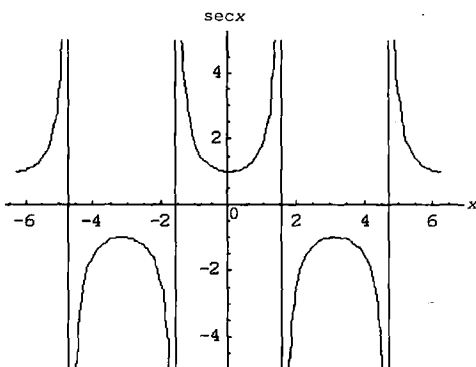


图 1-11 $\sec x$ 函数

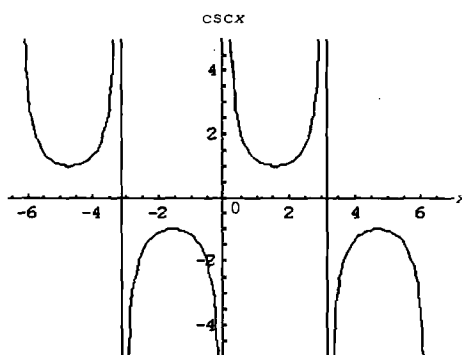


图 1-12 $\csc x$ 函数

(5) 反三角函数。

$\arcsin x$, $\arccos x$, $\arctan x$ 的图形分别见图 1-13~图 1-15。下面仅给出画 $\arcsin x$ 的程序如下：

```
Plot[ArcSin[x], {x, -1.2, 1.2}, PlotRange->{-1.6, 1.6},
```

```
AspectRatio->Automatic, AxesLabel->{"x", "arcsinx"}]
```

在输入函数时，要注意，**Mathematica** 要求区分大、小写，另外在参数项 **AxesLabel** 中的字体只能使用正体。如果改变为斜体，则程序可能不能正常运行。

绘制其他函数的图形时，要注意画图范围的指定应因函数而异。

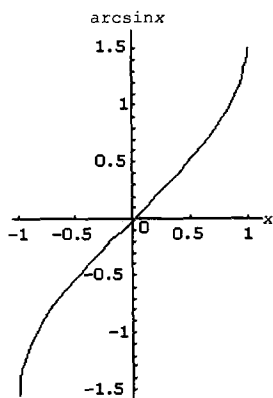


图 1-13 $\arcsin x$ 函数

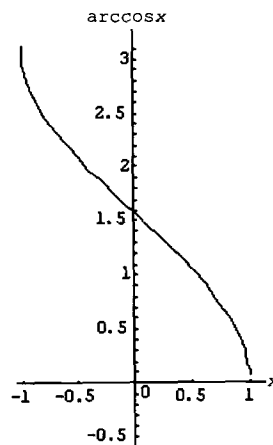


图 1-14 $\arccos x$ 函数