


GAODENG SHUXUE SHIYAN
XUERUANJIAN ZUOSHUXUE

高等数学实验

—— 学软件 做数学



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等数学实验

——学软件 做数学

汪晓虹 编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

围绕高等数学的概念和计算,本书系统地介绍了 Mathematica 数学软件,讲述了微积分实验、数值计算实验及综合实验共 4 章的内容。其中包括函数作图、函数的极限、微积分的运算、函数的极值、数列与级数、微分方程的求解,以及方程求根、数据曲线拟合与插值、数值微分与积分、线性与非线性规划等内容。

本教材可作为高等院校本科生的数学实验课程教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高等数学实验:学软件 做数学/汪晓虹编. —
北京:国防工业出版社,2010.3
ISBN 978-7-118-06770-5

I. ①高... II. ①汪... III. ①高等数学-应用软件-
高等学校-教材 IV. ①0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 054687 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 11½ 字数 203 千字
2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 19.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

学习高等数学的根本目的在于帮助学生为进入科学研究和工程计算的领域作准备,是人才培养的重要的、必须掌握的一门基础课。高等数学的微积分方法展现了将复杂问题归纳为简单规则和步骤的非凡能力,微积分思想应用获得相当的成功,它几乎解决了一切几何测量和物理计算问题,也是经济问题研究的重要基础。

在高等数学学习告一段落时,针对多数学生不能十分理解学习高等数学的目的,虽然能解高等数学的习题,但不会运用数学思想解决简单的应用问题,不了解如何把数学观点、数学思想方法用于实际应用。高等数学实验课程从“用数学”的角度来进一步学习和复习高等数学中的概念和方法,以计算机和数学软件为手段进行高等数学实验,进一步领会和掌握高等数学的思想和方法,学习和实践前人所做的科学发现和发明的过程。高等数学实验课定位在“用数学”上,让学生用计算机做数学,在实验过程中,将同学们引入科学实验和科学计算的领域,向他们展示数学软件的计算能力。以解决问题为线索去进行探索、发现,学习用数学方法解决要计算的问题,让同学们体会数学的概念和方法如何用于实际问题中,并会用 Mathematica 来实现。通过用计算机做数学的过程提高计算问题和解决问题的能力,从而更加深入地理解和掌握数学的概念与方法。

本教材是为本科低年级的学生设置 32 学时的数学实验选修课而编写的。编写教材的指导思想是:培养学生会用数学知识,借助计算机,提高分析和计算应用问题的能力,为学生从“学数学”到“用数学”搭建起一座桥梁。让学生对功能强大的数学软件 Mathematica 有一个初步的了解,除了学会用软件解决高等数学课程教学中涉及到的所有计算问题,也为将来学习其他的科学计算和应用软件打下基础。尽量多地编写容易上手的练习,帮助学生掌握概念和学习计算。尤其是通过计算来学习计算,培养计算经验。通过对实际应用问题的研究,让学生进一步认识到微积分的广泛应用背景,学习计算应用问题的科学方法、步骤。教材的编写特点是:针对在高等数学学习告一段落,大一下学期或大二上学期的

学生基础课和专业基础课的学习任务较重,故将复习概念和学习计算的过程尽量设计的直观和轻松一点。本着用较小的篇幅让学生掌握较多的内容,因此从软件的操作学习、概念的复习到计算方法的学习,基本上都是通过例题的方式给出的,将 Mathematica 的教学内容融入到了学习求解数学及其应用问题的计算程序设计中。在应用问题的选择上,尽量贴近生活,重点强调“用数学”,每一章的实验内容都设计了有针对性的应用实例。应用实例的选取原则是贴近生活,概念浅显,陈述过程不复杂,又能让学生体会到数学知识是非常有用的。在每章后面给出了一些容易上手的实验练习,供初学者检验对学习内容的掌握程度。

本教材可供大学低年级理工科专业的选修课程使用,也适合于有一些计算经验的理工专业的学生使用。

在 1999 年和 2000 年的暑期,作者参加了由教育部委托清华大学举办的“数学实验”课程研讨班及江苏省高校“数学实验”课程研讨班,学习了清华、北大、中科大、北师大、上海交大等学校的“数学实验”课程教学中不少好的具体做法和经验。在此基础上,本教材是在多年的教学实践中对使用的讲义进行不断补充、修改和完善而形成的。书中的一些例题是取自清华、北大、中科大、北师大、上海交大等学校的教材,从开始尝试开设数学实验课程一直延用至今。讲授这些例题取得了很好的教学效果,也使学生们深刻感到数学实验课程十分有用,应该给更多的同学开设数学实验课的理由之一。在此,感谢萧树铁老师、李尚志老师、姜启源老师、乐经良老师、谢云荪老师,是他们使得我有条件来编写一本适合于理工科学生选修课的教材,让学生在短时间内可以基本学会使用本数学软件,去实践用数学方法解决较多的应用问题。在本教材的编写过程中还得到了刘峰老师、周含策老师的热情帮助和指导,桂冰教授对本书的初稿进行了仔细的审阅,并提出了许多宝贵的建议。在此,对他们致以衷心的感谢。

作者

2009 年 12 月

目 录

第 1 章 Mathematica 简介	1
1.1 Mathematica 运行界面介绍	1
1.2 Mathematica 中的基本量及运算	5
1.2.1 数的表示	5
1.2.2 算术运算	6
1.2.3 变量	7
1.2.4 表	8
1.2.5 函数	11
1.3 在 Mathematica 中作图	16
1.3.1 二维函数作图	16
1.3.2 三维函数作图	19
1.3.3 数据绘图	22
1.3.4 用图形元素作图	23
1.4 代数运算和方程求根	24
1.4.1 多项式运算	24
1.4.2 方程求根	25
1.5 微积分运算	27
1.5.1 求极限	27
1.5.2 导数与微分	27
1.5.3 不定积分和定积分	28
1.5.4 幂级数	30
1.5.5 常微分方程	31
1.6 矩阵与方程组计算	31
1.6.1 矩阵的计算	31
1.6.2 方程组求解	32
1.7 数值计算方法	33
1.7.1 插值多项式	33

1.7.2	曲线拟合	34
1.7.3	数值积分	34
1.7.4	函数的极小值	35
1.7.5	傅里叶(Fourier)变换	35
1.7.6	常微分方程数值解	36
1.7.7	线性规划与非线性规划	37
1.8	循环语句与编程	38
1.8.1	关系表达式与逻辑表达式	38
1.8.2	条件语句	38
1.8.3	循环控制	40
1.8.4	全局变量、局部变量	42
1.8.5	输入和输出	43
第2章	微积分实验	44
2.1	函数与极限	44
2.1.1	函数作图	44
2.1.2	函数运算	47
2.1.3	极限计算	48
2.1.4	实验内容与要求	50
2.2	导数及其应用	57
2.2.1	动画演示	57
2.2.2	导数计算	57
2.2.3	导数应用	59
2.2.4	实验内容与要求	64
2.3	积分及其应用	68
2.3.1	动画演示	68
2.3.2	积分计算	70
2.3.3	积分应用	71
2.3.4	实验内容与要求	73
2.4	数列与级数	79
2.4.1	级数求和	80
2.4.2	幂级数展开	81
2.4.3	傅里叶级数展开	83
2.4.4	实验内容与要求	85

2.5	微分方程与应用	89
2.5.1	微分方程求解	90
2.5.2	微分方程的应用	94
2.5.3	实验内容与要求	97
第3章	数值计算实验	102
3.1	方程求根	102
3.1.1	方程求根的迭代方法	102
3.1.2	迭代的“蛛网图”	107
3.1.3	二次函数迭代	108
3.1.4	实验内容与要求	110
3.2	数据曲线拟合与插值	114
3.2.1	最小二乘拟合	114
3.2.2	拉格朗日插值	115
3.2.3	拟合与插值举例	116
3.2.4	实验内容与要求	119
3.3	数值微分与积分	123
3.3.1	数值微分	123
3.3.2	数值积分	129
3.3.3	实验内容与要求	132
3.4	线性与非线性规划	137
3.4.1	线性规划	137
3.4.2	非线性规划	139
3.4.3	应用问题举例	140
3.4.4	实验内容与要求	144
第4章	综合实验	148
实验1	金融问题	148
实验2	投篮角度问题	154
实验3	曲柄滑块机构的运动规律	160
实验4	行星的轨道和位置	167
参考文献	175

第 1 章 Mathematica 简介

工欲善其事,必先利其器。Mathematica 软件就是本课程的利器之一。如果读者曾经使用高级程序语言来解决数学问题,一定会惊叹于 Mathematica 的易用、强大和高效。该软件提供了一个交互式的集成环境,轻松完成各种符号计算、数值计算和图形处理任务。在 2009 年 Wolfram Research 发布了 Mathematica 7 的简体中文版,新版本将简体中文界面、中文的函数文档、范例与函数自动化核心功能整合在了一起,增添了图像处理程序、高性能并行计算(HPC)等,总共 500 个以上新函数和 12 个应用区域。Mathematica 提供了基因组、化学、气象、天文学、金融、大地测量学数据的完整支持,成为科学研究不可或缺的工具。本教材使用 Mathematica5 作为教学软件,学会基本操作后,同学可进入 <http://www.wolfram.com/products/Mathematica/index.html> 学习更多的东西。

Mathematica 系统有很好的可扩展性,Mathematica 系统带有一批能完成各种功能的程序包,而且它还提供了一套类似于高级程序设计语言的记法和变换规则,用户可以利用这个语言来编写具有专门用途的程序,就像用 Fortran 或 C 语言写程序,每发一个命令,就执行一种相应的数学计算;或写一段程序,执行一系列的命令。符号计算系统有自己的程序设计语言,它们与通用的高级语言大同小异,请比较 C 语言和 Mathematica 中的几个语句的形式。

C 语言	Mathematica
If(表达式)语句 1 else 语句 2	If[表达式,语句 1,语句 2]
While(表达式)语句	While[表达式,语句]
For(初值;终值条件;增量)语句	For[初值,终值条件,增量,语句]

1.1 Mathematica 运行界面介绍

该软件的安装启动等操作与一般的软件没有区别,如果我们对 Microsoft 的某一软件比较熟悉,便更能迅速地熟悉 Mathematica 的界面。

打开 Mathematica 的工作界面,该工作界面由三部分组成:位于屏幕上方的主菜单栏、左边以默认名为 Untitled - 1 命名的 Mathematica 记事本(Notebook)和

右方的基本输入工具条。我们要进行的计算就是在记事本中进行。在主菜单 File 中单击 Save As 命令保存文件,存在设计好的文件名下以备下一次使用。通过单击工作界面窗口右下角的三角标志可以改变显示的比例。

主菜单包括文件操作 (File)、文件编辑 (Edit)、计算单元格 (Cell)、格式 (Format)、输入 (Input)、Mathematica 核心 (Kernel)、查找 (Find) 和帮助 (Help) 等菜单项。这些菜单所联系的下拉式菜单就可以帮助用户完成各个操作。

目前 Mathematica 最高版本号为 7.0,程序启动后的界面如图 1-1 所示。

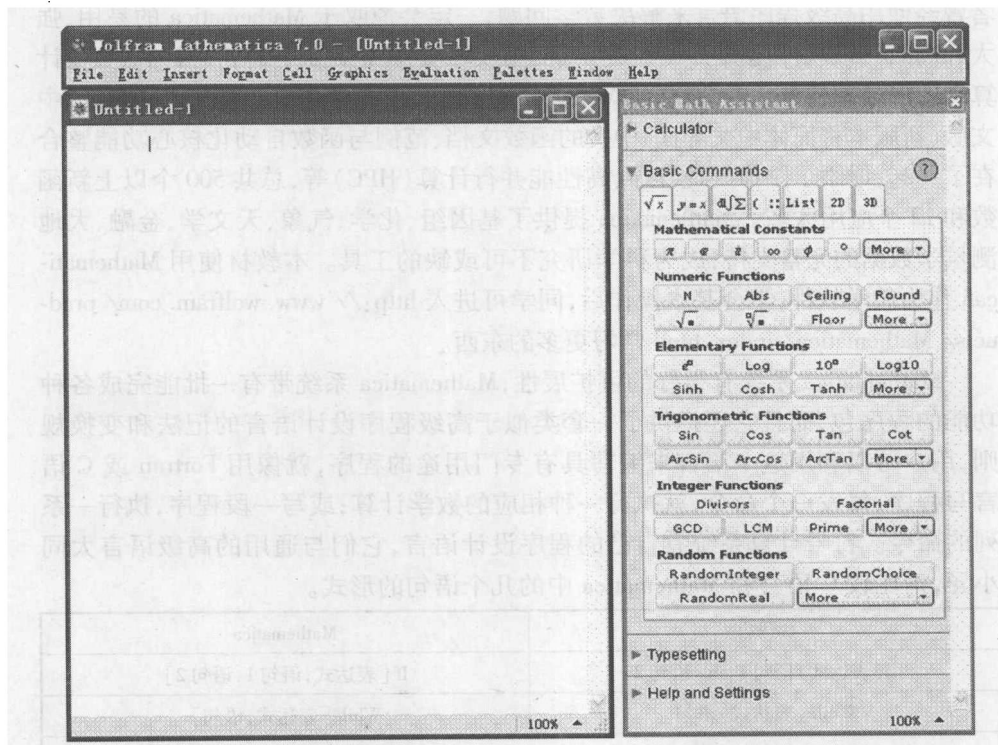


图 1-1

打开 Mathematica7 的界面,最上方为主窗口,主要包括菜单,左下方为工作 (计算)窗口,右下方为工具窗口,用以帮助输入复杂的数学公式,如果读者运行程序以后没有看到工具窗口,可以从 File | Palettes 菜单中选择 Basic Math Assistant。工具窗口有一些可以折叠和展开的分支,每个分支中可能还有选型卡,包含很多方便输入的按钮,在需要的时候单击即可输入较复杂的结构,例如:分式,根式,积分符号等。

Mathematica7 的功能非常强大,要使用它需要掌握的知识 and 技巧也很多,任何一本参考书都不可能全部覆盖,读者在需要的时候,设法找到最有用的帮助信息是极为重要的。我们可以通过 Mathematica7 自带的帮助系统或者网络、图书等多种渠道查找。

在 Help 菜单下面包含许多非常有用的子项。首先是 Welcome Screen,打开以后会看到图 1-2 所示的窗口。

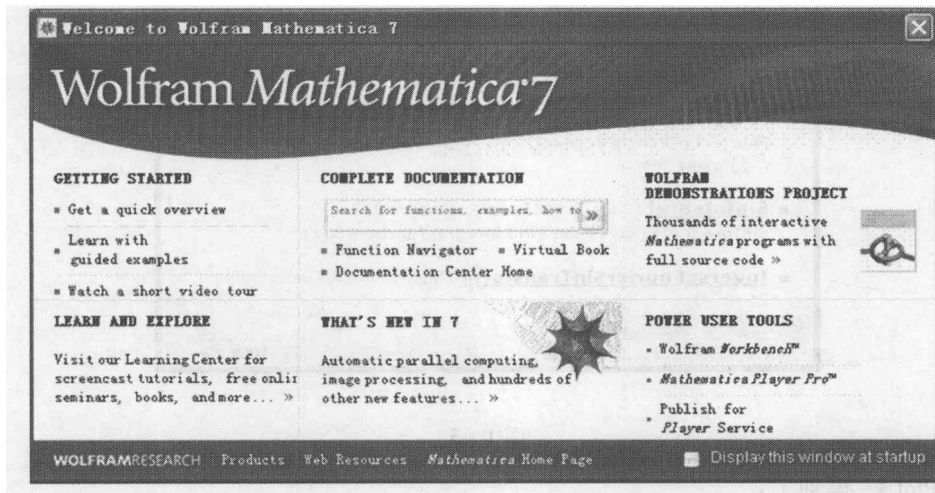


图 1-2

建议初学者单击其中的 learn with guided examples,这是一个入门指引。如果已经知道某个函数的名字,需要详细资料,可以在工作窗口输入函数名字,确保输入光标(不是鼠标光标)没有离开函数名字,然后在键盘上按下 F1 键,Mathematica 将会查找该函数的帮助信息。

Mathematica 提供许多的函数,且查找方便,图 1-3 是对函数 Sin 进行查找得到的结果。可以看到第一条结果就是我们需要的,单击该条目可以看到详细资料。

还有其他的查找方法,如键入 ? Plot 和 ?? Plot 这两个表达式,看看会有什么结果。

如果要输入的函数名字很长,担心记不准确,可以输入前面几个字母,然后按下 Ctrl + K 键,Mathematica 将给出一个列表,其中的条目都是以前面已经给出的字符串开头的。例如:输入 Arc 然后按下 Ctrl + K 键,可看见一系列 Arc 打头的函数,您可根据需要使用鼠标单击进行选择。

如果知道某个函数名称的一部分,可以使用通配符来查找。尝试“计算”

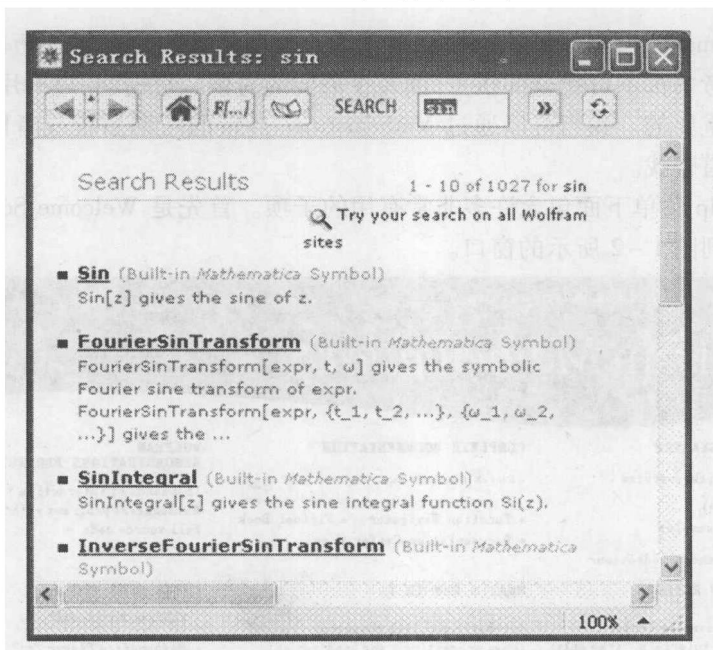


图 1-3

* Plot *, 得到了:

System

ContourPlot	ParametricPlot	PlotJoined
DensityPlot	ParametricPlot3D	PlotLabel
ListContourPlot	Plot	PlotPoints
ListDensityPlot	Plot3D	PlotRange
ListPlot	Plot3Matrix	PlotRegion
ListPlot3D	PlotDivision	PlotStyle

用鼠标单击需要的函数,可获得使用该函数的帮助和例题。

如果需要用到某个函数,但是却不知道相应的函数名,比如我们想计算组合数 C_{237}^{89} ,可以打开菜单项 Help -> Function Navigator。弹出的窗口中显示分类整理的帮助信息。第一层次的条目包括 Core Language, Mathematics and Algorithms, Visualization and Graphics 等,很明显,要寻找的函数在第二条中,单击 Mathematics and Algorithms 前面的三角符号,展开该条目,可以看到子条目包括 Mathematical Constants, Complex Numbers, Arithmetic Functions 等,然后依次单击

Integer Functions, Combinatorial Functions 可以看到 Binomial 这就是我们需要的函数,点开就有详细的帮助信息。

Help -> Documentation Center 也很方便易用。Help 菜单中有些功能需要读者的计算机可以上网。

由于 Mathematica 的各个版本的差别并不大,界面类似,操作方式也类似。Mathematica5 的界面与 Mathematica7 的界面没有大的区别,虽然后者的界面更加友好,但为了方便初学者的学习,本书主要介绍 Mathematica5,同学们单击各下拉菜单,较容易熟悉 Mathematica 的界面。了解了 Mathematica5,熟悉了其中的函数与编程,就可以方便自学 Mathematica7。对于初学者来说不必拘泥于书本和实际使用软件之间的细微区别。

还需要提出的是使用 Mathematica 过程中不可避免的会遇到各种错误。如:函数名称的第一个字母没有大写,输入 $\cos[1]$ 并按下 Shift + Enter 键,则 Mathematica 没有做任何计算,因为 Mathematica 中的余弦函数是 Cos 而不是 cos。输入的括号不匹配,这时候 Mathematica 会把不匹配的括号用彩色显示出来。如果给出的计算指令本身有逻辑问题,Mathematica 会给出彩色的提示。尝试输入 $1/0$ 并按下 Shift + Enter 键,看看会得到什么结果?

如果计算结束看起来遥遥无期,希望中途终止,可以同时按下 Alt 键和 . (英文句点)。

1.2 Mathematica 中的基本量及运算

1.2.1 数的表示

Mathematica 的简单数值类型有整数、有理数、实数和复数,见表 1-1。

表 1-1

数据类型	意 义
Integer	任意长度的整数
Rational	有理数,可是两个整数的比值
Real	实数,可具有任意精确度
Complex	实部和虚部可为整数、有理数、实数

数学常数在 Mathematica 中的情况见表 1-2,表中的符号在计算时可直接使用。用在公式推导和计算中,这些数学常数都是精确数;用在数值计算中,这些数学常数可以取任意精确度。

表 1-2

数学常数	意 义
Pi	$\text{Pi} = 3.141592653589793\dots$
E	自然对数的底 $e = 2.71828\dots$
Degree	$\text{Pi}/180$
I	$i = \text{Sqrt}[-1]$
Infinity	无穷大
Catalan	Catalan 常数 $. = 0.915966$
ComplexInfinity	复无穷
DirectedInfinity	有向的无穷
EulerGamma	欧拉常数 $\text{gamma} = 0.5772216$
GoldenRatio	黄金分割 $(\text{Sqrt}[5] - 1)/2$

在计算式子前加 N 是告诉 Mathematica 用近似数表示计算结果,函数 N 的使用参见表 1-3。

表 1-3

数的输出	意 义
N[表达式]	以实数形式输出表达式
N[表达式,n]	以 n 位精度的实数形式表示表达式

例如: $\text{In}[1] := \text{N}[378/123,6]$ (取小数点后 6 位的近似值) 按 Shift + Enter 组合键,得

$\text{Out}[1] = 3.07317$

$\text{In}[2] := \text{N}[\text{Pi},30]$ (取小数点后 30 位的近似值)

$\text{Out}[2] = 3.14159265358979323846264338328$

其中 $\text{In}[1] :=$ 表示第一个输入, $\text{Out}[1] =$ 表示第一个输出结果。“ $\text{In}[1] :=$ ”和“ $\text{Out}[1] =$ ”是系统自动添加的,不需用户键入。

注: 计算窗口(也称为记事本)的标题为 Untitled-1, 或者 Untitled-2 等, 在保存之后会变为相应的文件名, 这与 Microsoft Word 文档的建立与保存情况是一样的。

1.2.2 算术运算

Mathematica 中的算术运算符 +, -, *, /, ^ 分别表示加号、减号(或负号)、乘号、除号和乘方; % (百分号) 表示上一个计算结果; %% 表示上上个计算结果。

在表达式中,乘号可用空格符号代替。在两个变量或数值之间放一个空格即表示求这两个量的乘积。在不引起误解的情况下,乘号可以省略。例如: $2a$, $2 * a$, $2 a$ 的意义是相同的。 $(a - b)(c + d)$ 与 $(a - b) * (c + d)$ 意义也是相同的。

在 Mathematica 中,如果在输入的表达式末尾加上一个分号“;”,表示不显示计算结果,但可以调用它的结果。

1.2.3 变量

1. 变量取名

在 Mathematica 中内部函数或命令都是以大写字母开头的标识符,为了避免混淆,在 Mathematica 中变量名通常以小写英文字母开头,后跟字母或数字,变量名字符的长度不限。例如: abcdefghijk, x3 都是合法的变量名;而 2t 和 u v (u 与 v 之间有一空格)不能作为变量名。在变量名中英文字母大小写意义不同,因此 A 与 a 表示两个不同的变量。在 Mathematica 中变量即取即用,不需要先说明变量的类型再使用。

2. 变量赋值

在 Mathematica 中,“=”或“:=”起赋值作用。

可以把数值赋给一个(或多个)变量,如: $x = \text{value}$; $x = y = \text{value}$ 也可以将一个式子赋给变量: $z = \text{Sin}[x] + \text{Exp}[x] + \text{Round}[1.2]$ 。

在 Mathematica 中,一个变量可以是一个数值、一个表达式、一个数组或一个图形。

取消变量赋值,可用如下的方法。

$x = .$ (清除 x 值)

$\text{clear}[\text{变量}]$ (清除变量的定义和值)

3. 变量替换

变量有两种获取数值的方式,定义其值是一种方法,另一种是对变量做替换。

表达式 /. $x \rightarrow x0$ (用 $x0$ 替换表达式中的 x)

表达式 /. $\{x \rightarrow x0, y \rightarrow y0, \dots\}$ (分别用 $x0, y0$ 替换表达式中的 x, y)

例如:

$f1 = x^2 + 2xy + y^2$ (将表达式赋给变量 $f1$)

$f1 /. \{x \rightarrow 1, y \rightarrow 2\}$ (求 $f1$ 当 $x=1, y=2$ 时的值)

$f1 /. x \rightarrow x+1$ (在 $f1$ 中用 $x+1$ 替换 x 得到 $f1(x+1, y)$)

$f1 = .$ (取消变量 $f1$ 的定义)

Mathematica 还有一些转换规则,如:

```

/; (expr /; condi) (满足 condi 使用 expr)
-> (lhs -> rhs) (在定义时, lhs 用 rhs 代替)
:> (lhs :> rhs) (在使用时, lhs 用 rhs 代替)
/. (expr /. rule) (对 expr 使用 rule 一次)
//. (expr //. rule) (对 expr 使用 rule 直到结果不变化)
Replace[expr, rule] (对 expr 使用 rule 一次)
/: (g/:lhs:=rhs) (定义一个转换规则与 g 相关联)

```

请上机观看以下的计算。

```

In[1]:= f[x_]:=1 /; -1 <= x <= 1 (当 -1 <= x <= 1 时, f[x]=1)
In[2]:= f[x_]:= -1 (其他时候 f[x] = -1)
In[3]:= x+y /. x->2 (得到 2+y)
In[4]:= Clear[f]
In[5]:= f[3] /. {f[1] -> 1, f[x_] -> x*f[x-1]}
In[6]:= f[3] //. {f[1] -> 1, f[x_] -> x*f[x-1]}
In[7]:= Replace[x^2, x^2 -> a] (得到 a)

```

1.2.4 表

表在形式上是用花括号括起来的若干元素,元素之间用逗号分隔。在运算中,可对表作整体操作,也可对单个元素操作。表可以表示数学中的集合、向量和矩阵,也可表示数据库中的一组记录。表的元素可为数值(任何数据类型)、表达式和表。

在表 1-4 中使用的循环描述形式: {循环变量,循环初值,循环终值,步长}

例如: {n,nmax,dn} (n 从 nmin ~ nmax,步长为 dn)

{i,imin,imax},{j,jmin,jmax} (i 从 imin ~ imax;并对 i 的每一个值,j 从 jmin 取到 jmax,步长为 1)

表 1-4

表函数循环描述	意 义
Table[expr,{n,nmin,nmax,dn}]	以 dn 为步长,从 nmin ~ nmax 按表达式 expr 生成表
Range[nmin,nmax,dn]	以 dn 为步长,从 nmin ~ nmax 生成数值表

例如:

```

In[1]:= Range[3,9,2]
Out[1]= {3,5,7,9}
In[2]:= b=Table[i+j-1,{i,1,3},{j,1,3}]
Out[2]= {{1,2,3},{2,3,4},{3,4,5}}
In[3]:= Table[(1/2)^n,{n,0,10}]

```


$$\text{Out}[3] = \left\{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots, \frac{1}{512}, \frac{1}{1024}\right\}$$

常用生成表的函数还有 Array 和 NestList, 如:

Array[Exp,5] (等价于 Table[Exp[x],{x,5}])

Array[Mod,{10,10}] (等价于 Table[Mod[n,m]{n,0,10},{m,0,10}])

NestList[f,expr,n] (对函数规则迭代 n 次,构成{x,f[x],f[f[x]],...}形式的表)

关于部分表的提取,如上例中的 In[2], b 表示一个表, b[[2]] 表示 b 中的第 2 个子表 {2,3,4}。如果 s = {1,3,5,7}, 那 s[[2]] 的值是 3。表 1-5 介绍了 Mathematica 中关于部分表提取的一些函数。

表 1-5

表的分量表示	意义
t[[n]] 或 Part[t,n]	t 中的第 n 个子表
t[[-n]] 或 Part[t,-n]	倒数第 n 个元素
First[table]	table 中的第一个元素
Last[table]	table 中的最后一个元素
T[{n1,n2,...}] 或 Part[t,{n1,n2,...}]	给出由 t 的第 n1,n2,... 个元素组成的表
t[[i,j]]	t 的第 i 个子表的第 j 个元素

例如:

In[1]:= t = {{2,1},{1}} (t 是一个表)

In[2]:= aa = {{a,b,c,d},{e,f,g,h},{i,j,k,l}};

In[3]:= aa[[1]] (上机观看取部分表的操作计算)

In[4]:= aa[[1]][[2]]

In[5]:= aa[[1,2]]

In[6]:= aa[{{1,2}}]

In[7]:= aa[{{1},{2}}]

表 1-6 列出部分对表的结构进行判断的函数。

表 1-6

表的结构	意义
VectorQ[table]	table 是否为向量结构
MatrixQ[table]	table 是否为矩阵结构
MemberQ[table,form]	form 是否为 table 的元素
FreeQ[table,form]	form 是否不是 table 的元素
Length[table]	table 中元素的数目
TensorRank[table]	table 的深度