

**21** 世纪大学数学精品教材

丛书主编 蔡光兴 戴明强

“十一五”规划教材

# 大学数学实验

蔡光兴 金裕红 主编

 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

·21世纪大学数学精品教材·

“十一五”规划教材

# 大学数学实验

蔡光兴 金裕红 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

《21 世纪大学数学精品教材》为大学本科(本科 1 普通类和本科 2 一类)数学系列教材,体现了对数学精品的归纳及本套教材的精品特征,具有鲜明的特点,按照统一的指导思想组编而成。

本书主要包括:微积分实验、线性代数实验、概率统计实验、复变函数与数理方程实验以及综合实验五部分,每章都以实验的形式将所属课程的主要内容与数学软件 Matlab 有机结合,达到理论与实践的统一,便于读者学习和上机实验,每章后附习题和本章常用词汇中英文对照。附录介绍了 Matlab、Mathematica、SAS 三个常用数学软件。

本书可作为高等学校各专业《数学实验》课程教材,也可供从事数学软件、数学实验的教学研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学数学实验/蔡光兴,金裕红主编.—北京:科学出版社,2007

(21 世纪大学数学精品教材.“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-019440-4

I. 大… II. ①蔡…②金… 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(2007)第 111447 号

责任编辑:王雨舸/责任校对:董丽

责任印制:高嵘/封面设计:宝典

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 8 月第一次印刷 印张: 18 1/2

印数: 1~7 000 字数: 350 000

定价: 26.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《21 世纪大学数学精品教材》丛书序

《21 世纪大学数学精品教材》为大学本科(本科 1 普通类和本科 2 一类)数学系列教材,体现了对数学精品教材的归纳及本套教材的精品特征.

### 一、组编机构

丛书设组编委员会,编委由 12 所高校数学院系的负责人构成(按姓氏笔画):

王公宝 方承胜 江世宏 李逢高 杨鹏飞 时宝 何穗 张志军  
欧贵兵 罗从文 周勇 高明成 殷志祥 黄朝炎 蔡光兴 戴明强

丛书主编:

蔡光兴 戴明强

### 二、编写特点

#### 1. 适用性

教材的适用性是教材的生命力所在,每本教材的篇幅结合绝大部分高等院校数学院系对课程学时数的要求.部分教材配有教学光盘,便于教学.

#### 2. 先进性

把握教改、课改动态和学科发展前沿,反映学科、课程的先进理念、知识和方法.

#### 3. 创新性

市场需求和市场变化决定教材创新需要,数学教学在知识创新、思维创新等方面负有责任,一定程度的创新使教材更具冲击力和影响力.

创新与继承相结合,是继承基础上的创新.

创新转变为参编者、授课者的思想和行为,达到文化融合.

#### 4. 应用性

丛书的读者对象为应用型和研究应用型大学本科(本科 1 普通类和本科 2 一类)学生,应用性是数学学科和数学教学发展的新特点,或展现在教材内容结构上,或体现于某些章节,或贯穿于其中.

#### 5. 教学实践性和系统性

教材具有可操作性,教师好教,学生好学,同时保持知识完整.二者发生矛盾时,前者优先,不过分追求体系完整.

### 三、指导思想

《21世纪大学数学精品教材》大致可划分为两大类:基础知识类;方法与应用类.

#### 1. 基础知识类

(1) 遵循高等院校教学指导委员会关于课程的教学基本要求,知识体系相对完整,结构严谨,内容精炼,循序渐进,推理简明,通俗易懂.

(2) 融入现代数学思想(如数学建模),分别将 Mathematica、Matlab、SAS、SPS 等软件的计算方法,恰当地融入课程教学内容中,培养学生运用数学软件的能力.

(3) 强化学生的实验训练和动手能力,可将实验训练作为模块,列入附录,供教学选用或学生自学自练,使用者取舍也方便.

(4) 教材章后均列出重要概念的英文词汇,布置若干道英文习题,要求学生用英文求解,以适应教育面向世界的需要,也为双语教学打下基础.

(5) 为使学生巩固知识和提高应用能力,章末列出习题,形式多样.书后配测试题,书末提供解题思路或参考答案.

#### 2. 方法与应用类

(1) 融入现代数学思想和方法(如数学建模思想),体现现代数学创新思维,着力培养学生运用现代数学工具(软件)的能力,使教材真正成为基于现代数学软件的、将数学软件融合到教材与教学内容的现代精品教材.

(2) 加强教学知识与内容的应用性,注重数学思想和方法的操作与应用及其实用性.通过实例、训练、实验等各种方式,提高学生对数学知识、数学方法的应用能力及解决问题的能力.

(3) 强化学生的实验训练,通过完整的程序与实例介绍,教会学生分析问题、动手编程、分析结果,提高学生的实验操作水平、实际动手能力和创新能力.

(4) 教材章后均列出重要概念的英文词汇,布置若干道英文习题,要求学生用英文求解,以适应教育面向世界的需要,也为双语教学打下基础.

(5) 为使学生巩固知识和提高应用能力,章末列出习题,形式多样.书后配测试题,书末提供解题思路或参考答案.

《21世纪大学数学精品教材》组编委员会

2006年9月

## 前 言

数学实验课的设立,首先是改变了数学课程仅仅依赖“一支笔,一张纸”,由教师单向传输知识的模式.它提高了学生在教学过程中的参与程度,学生的主观能动性在实验中能得到相当充分的发挥.好的实验会引起学生学习数学知识和方法的强烈兴趣并激发他们自己去解决相关实际问题的欲望,因此数学实验有助于促进独立思考和创新意识的培养.

其次,数学实验让学生了解和初步实践应用数学知识解决实际问题的全过程,并通过计算机和数学软件进行“实验”.实验的结果不仅仅是公式定理的推导、套用和手工计算的结论,它还反映了学生对数学原理、数学方法、建模方法、计算机操作和软件使用等多方面内容的掌握程度和应用的能力.因此,数学实验有助于促进在实际工作中非常需要的综合应用能力的培养.

另外,数学实验必须使用计算机及应用软件,将先进技术工具引入了教学过程,不止是一种教学辅助手段,而且是解决实验中问题的主要途径.因此,数学实验有助于促进数学教学手段现代化和让学生掌握先进的数学工具.

本书总体编写思路是结合工科大学生数学知识体系,以 Matlab 为工具讲解数学实验,提高学生应用数学知识、数学软件解决实际问题的能力,全书以实验为节,自成一体,读者选用方便,既便于学生学习,也便于教师授课.全书分为五篇:微积分实验、线性代数实验、概率统计实验、复变函数与数理方程实验以及综合实验,前四篇按知识体系分为章和节,每节由一个实验组成,每个实验包括实验目的、实验指导(实验基本内容的讲析)和实验任务(对本实验基本操作训练和简单应用训练);第五篇综合实验,通过几个具体数学模型,训练学生综合运用数学知识、数学软件来分析问题、解决问题的能力.为适应双语教学的需要,教材每章后附有重要概念的中英文词汇对照.

本教材具有以下几个特色:

(1) 交融性好,学生上手快.将微积分、线性代数、概率统计、复变函数与数理方程等几门数学主干课程的基础知识与数学软件 Matlab 有机结合,学生既能很快地入手操作,又能巩固原有知识.

(2) 体系新颖,实训性强.按照前述几门数学主干课程的基本要求,系统地选择和设计相应的实验内容,突出重点和难点,同时设计了一些相关的习题,供学生上机练习,给学生留出一定的思考和自己动手的空间,避免了重蹈“填鸭式”教学的覆辙.本书在实验的设计上注重培养学生的科学素养,实验所研究的问题都具有强

烈的实际背景,具有较高的应用价值,使学生在建立模型、模型求解过程中,体会理论与实践之间的相互作用,掌握在解决实际问题中运用数学的能力,体会“问题解决”离不开数学,提高学生在学习数学的兴趣与积极性.此外,在理论和实用的基础上,注重选择趣味性较强的例题,并巧妙地将新发现、新成果引入本教材中.

(3) 取舍方便,选用灵活.根据知识体系结构,以节为单位组织每个实验,在学习和教学过程中可根据实际需要进行取舍,既可以作为一门独立的课程进行教学,也可以作为各门主干数学课程的配套实验教材.

本书由蔡光兴提出编写思路和编写大纲,蔡光兴、金裕红任主编,翁晓龙、江明辉、朱永松、许松林任副主编,参加编写的人员有:蔡光兴、朱永松、许松林、蒋慧峰(实验 1.1、2.2、3.1、3.2、4.1、4.2、4.6、4.7、6.1、6.2、附录 A、B、C),金裕红、瞿勇、周本虎(实验 1.4、2.3、4.3、4.4、5.1、5.2、5.3、5.4),周刚(实验 4.5、5.5、6.3),翁晓龙、王志勇(实验 1.2、1.3、2.1、6.4),江明辉(实验 2.4、3.3、3.4、3.5、6.5),孔红梅、李刚、陈华、雷勇、张水坤等参加了部分资料和习题收集整理编写工作.全书由蔡光兴、金裕红、朱永松统稿、定稿.

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正.

编 者

2007年5月

# 目 录

## 第一篇 微积分实验

第 1 章 一元微积分实验	3
实验 1.1 函数与极限	3
实验 1.2 微分及其应用	13
实验 1.3 积分及其应用	18
实验 1.4 级数及其应用	24
本章常用词汇中英文对照	28
第 2 章 多元微积分实验	29
实验 2.1 空间解析几何	29
实验 2.2 多元微分学	37
实验 2.3 多元函数积分学	43
实验 2.4 常微分方程(组)	53
本章常用词汇中英文对照	58

## 第二篇 线性代数实验

第 3 章 线性代数实验	61
实验 3.1 矩阵的基本运算	61
实验 3.2 矩阵的初等变换	70
实验 3.3 线性方程组的解法	80
实验 3.4 特征值和特征向量	83
实验 3.5 多项式的运算	86
本章常用词汇中英文对照	89

## 第三篇 概率统计实验

第 4 章 概率统计实验	93
实验 4.1 离散型随机变量	93
实验 4.2 连续型随机变量	101
实验 4.3 数字特征	105
实验 4.4 大数定律与极限定理	110
实验 4.5 参数估计	113



实验 4.6 假设检验 .....	115
实验 4.7 回归分析 .....	122
本章常用词汇中英文对照 .....	137

#### 第四篇 复变函数与数理方程实验

第 5 章 复变函数与数理方程实验 .....	141
实验 5.1 复变函数的图像与映射的像 .....	141
实验 5.2 留数与闭曲线积分的计算 .....	147
实验 5.3 傅里叶积分变换 .....	158
实验 5.4 拉普拉斯变换 .....	162
实验 5.5 数理方程实验 .....	170
本章常用词汇中英文对照 .....	173

#### 第五篇 综合实验

第 6 章 综合实验 .....	177
实验 6.1 地中海鲨鱼问题 .....	177
实验 6.2 投资的收益和风险 .....	181
实验 6.3 鱼雷击舰问题 .....	186
实验 6.4 钓鱼问题 .....	190
实验 6.5 混沌实验 .....	192
本章常用词汇中英文对照 .....	198
附录 A Matlab 软件简介 .....	199
附录 B Mathematica 软件简介 .....	231
附录 C SAS 系统简介 .....	255

# 第一篇

## 微积分实验



# 第 1 章 一元微积分实验

## 实验 1.1 函数与极限

### 【实验目的】

1. 熟悉 Matlab 软件的基本操作.
2. 掌握函数与极限的有关操作命令及使用方法.
3. 学会利用 Matlab 软件对函数进行分析研究.
4. 学会利用 Matlab 软件解决函数与极限的实际问题.

### 【实验指导】

#### 一、基本命令

命令语法	功 能
plot(Y)	绘制数据 Y 的连线图
plot(X1, Y1, ...)	绘制数据(X1, Y1) 的连线图, 可作多个数据连线图
plot(X1, Y1, linestyle, ...)	同上, 但指定连线图的连线类型
ezplot(f, [a, b])	绘制 $f = f(x)$ 在 $[a, b]$ 上的图形
ezplot(f, [a, b, c, d])	绘制 $f(x, y) = 0$ 在 $x \in [a, b], y \in [c, d]$ 上的图形
ezplot(x, y, [t1, t2])	绘制 $x = x(t), y = y(t)$ 当 $t_1 < t < t_2$ 的图形
fplot(function, limits)	绘制函数在指定区间上的图形
limit(f)	$\lim_{x \rightarrow 0} f(x)$
limit(f, x, a) or limit(f, a)	$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$
limit(f, x, a, 'left')	$\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$
limit(f, x, a, 'right')	$\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$

#### 二、例题

例 1.1.1 制作函数  $y = x \sin x, x \in [-4\pi, 4\pi]$  的图形.

解 在 Matlab 的命令窗口(command window) 提示符号“>>”后键入(注

意,符号“>>”不要键入,%为注释符号,因而“%”及其后面的内容也可以不键入):

```
x=linspace(-4*pi,4*pi,100);
%生成100个从-4π到4π的等间隔点
plot(x,x*sin(x))
```

%画  $y = xsinx$  图形,注意由于是向量运算,要使用“.”运算

用下列命令同样可得到函数  $y = xsinx, x \in [-4\pi, 4\pi]$  的图形:

```
ezplot('x*sin(x)',[-4*pi,4*pi])           %制作  $y = xsinx$  图形
```

函数  $y = xsinx, x \in [-4\pi, 4\pi]$  的图形如图 1-1-1 所示.

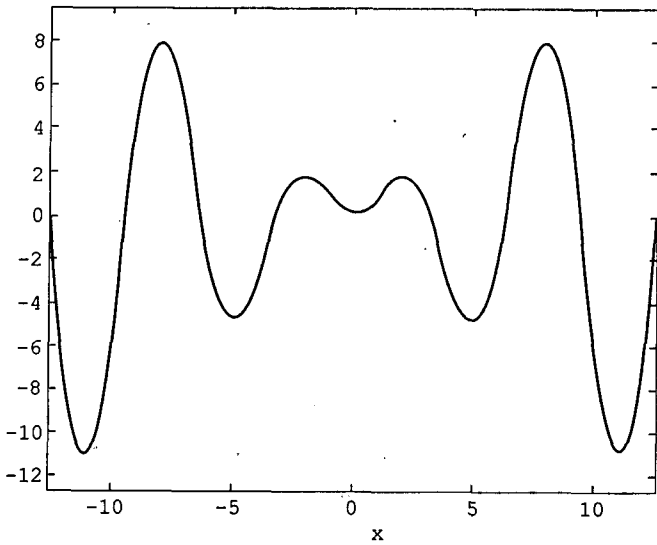


图 1-1-1

例 1.1.2 在同一坐标系下制作  $y_1 = \sin x, y_2 = \sin 2x, x \in [0, 2\pi]$  的图形.

```
解 x=linspace(0,2*pi,50);
%生成50个从0到2π的等间隔点
plot(x,sin(x),x,sin(2*x),'-.'
```

%两个函数的图形, $y = \sin 2x$ 用选项‘-.’,表示以点划线方式绘图(图 1-1-2)

用下列命令同样可得到函数  $y_1 = \sin x, y_2 = \sin 2x, x \in [0, 2\pi]$  的图形:

```
ezplot('sin(x)',[0,2*pi])           %  $y = \sin x$  的图形
```

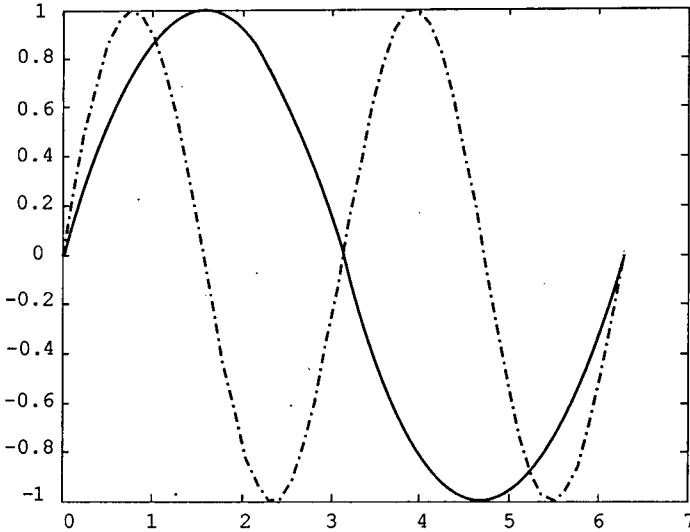


图 1-1-2

```
hold on % 在当前图形窗口继续画图
ezplot('sin(2*x)',[0,2*pi]) % y=sin2x 的图形
hold off % 画图时,当前图形窗口所有内容清除,重新开始画图.此为系统默认值
```

运行后,将得到与图 1-1-2 类似的图形.

**例 1.1.3** 制作参数方程  $x = \cos^3 t, y = \sin^3 t, 0 \leq t \leq 2\pi$  的图形.

```
解 t=linspace(0,2*pi,50);
x=cos(t).^3;
y=sin(t).^3;
plot(x,y)
```

或者键入:

```
ezplot('cos(t)^3','sin(t)^3',[0,2*pi])
```

都将得到图 1-1-3 所示的图形.

**例 1.1.4** 制作分段函数 
$$\begin{cases} \frac{\sin x}{x}, & -\pi \leq x < 0 \\ \sqrt{1-x^2}, & 0 \leq x < 1 \\ x^2-1, & 1 < x \leq 2 \end{cases}$$
 的图形.

**解** 首先建立一个函数 M 文件,保存文件名为 exam1\_1\_4.m.

```
% 函数名:exam1_1_4
```

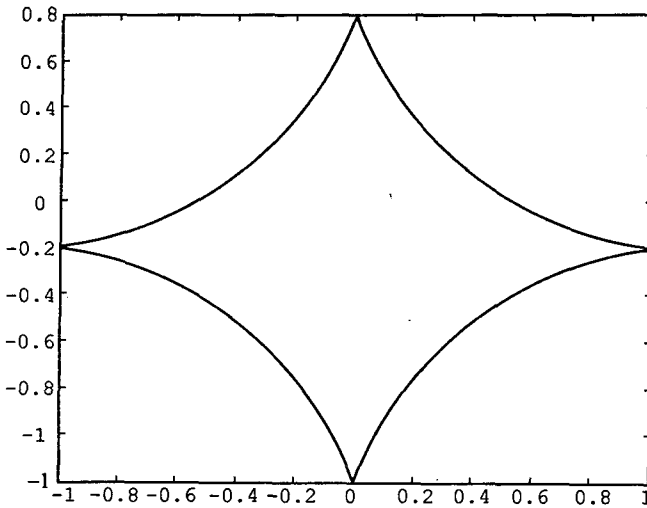


图 1-1-3

```
% 函数功能:定义一个分段函数
% 参数:x
% x: -pi <= x <= 2,取实数
function y=exam1_1_4(x)
if x >=-pi & x < 0
    y=sin(x)/x;
elseif x >=0 & x < 1
    y=sqrt(1-x^2);
elseif x >=1 & x <=2
    y=x^2-1;
end
```

然后在命令窗口键入画图命令:

```
ezplot('exam1_1_4(x)',[-pi,2])
```

得到如图 1-1-4 所示的图形.

**例 1.1.4** 求极限  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+1}$ .

```
解 syms n % 生成符号变量 n
limit(n/(n+1),n,inf)
```

输出结果:

```
1
```

即

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+1} = 1$$

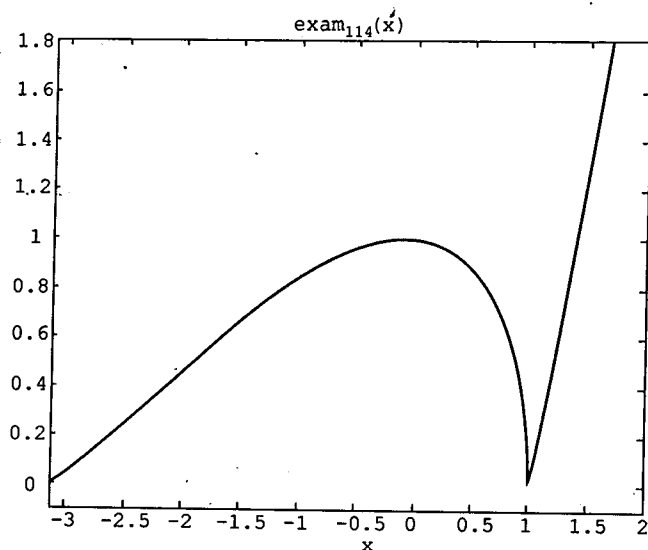


图 1-1-4

例 1.1.5 求单侧极限  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{|x|}{x}$ ,  $\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{|x|}{x}$ .

解 >>clear;  
>>syms x  
>>limit(abs(x)/x,x,0,'right')

输出结果:

1

>>limit(abs(x)/x,x,0,'left')

输出结果:

-1

即

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{|x|}{x} = 1, \quad \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{|x|}{x} = -1$$

例 1.1.6 求极限  $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x$ .

解 syms x  
limit((1+1/x)^x,x,inf)

输出结果:

exp(1)

即

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$$



例 1.1.7 制作数列函数  $a_n = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$  的数据表(表 1-1-1), 并通过图形方式表现结果.

表 1-1-1

$n$	1	2	3	4	5	10	...	100
$a_n$								

```
解 n=1:100;
    an=(1+1./n).^n;
    plot(n,an,'o')
```

结果如图 1-1-5 所示. 从图中可以看出, 当  $n \rightarrow \infty$  时,  $a_n = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$  有一个上界.

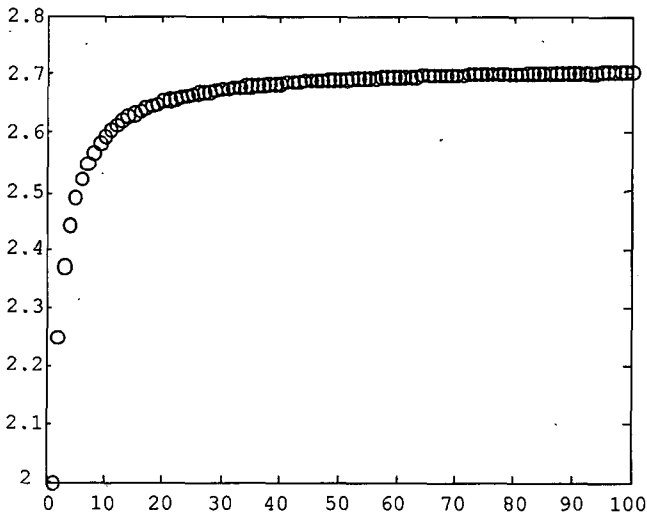


图 1-1-5

例 1.1.8(复利问题) 某储户将 1 万元的人民币以活期形式存入银行, 年利率  $r = 4\%$ . 用  $a_n$  表示  $n$  年后储户帐户中的存款总额, 根据利率计算公式, 知

$$a_n = (1+r)a_{n-1} = (1+r)^2 a_{n-2} = \dots = (1+r)^n a_0$$

式中:  $a_0$  表示开户时存款 1 万元,  $r$  为年利率.

若银行改为每月结算一次利息, 每月利率为  $r/12$ ,  $n$  年后的本息和是多少? 若银行改为每天结算一次利息, 每天利率为  $r/365$ ,  $n$  年后的本息和是多少? 若银行改为每小时、每分钟、每秒钟、... 结算一次利息呢? 不失一般性, 设银行每年结算  $m$  次利息, 每个结算周期的利率为  $r/m$ ,  $n$  年后的本息和是多少?