

高等学校教材

大学数学 课程实验

吉林大学数学学院

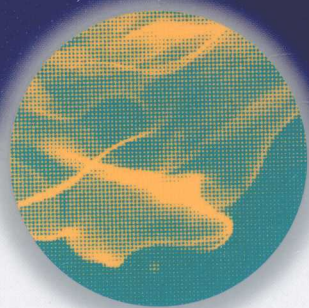
主 编 李辉来

副主编 朱本喜 刘明姬 孙鹏

第

2

版



高等教育出版社

高等学校教材

Daxue Shuxue Kecheng

大学数学 课程实验

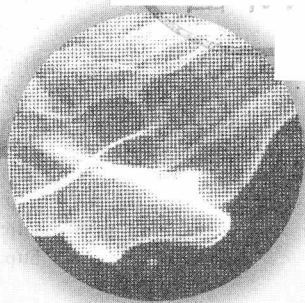
吉林大学数学学院

主 编 李辉来

副主编 朱本喜 刘明姬 孙鹏

第

2 版



高等教育出版社·北京

内容提要

本书是与微积分、线性代数和随机数学(概率论与数理统计)基础课程配套的实验教材,包括 MATLAB 基本知识、基本数学实验、开放性实验和自主实验。本书力求通过实验例题和习题展示数学来源的丰富性、数学应用的广泛性、数学方法的多样性和数学技术的实用性,使学生在大学一、二年级就能掌握数学实验和数学建模的基本知识,为今后的数学学习和应用打好基础。

本书介绍了 MATLAB 在微积分、线性代数、随机数学(概率论与数理统计)中的应用,内容包括一元微积分实验、多元微积分实验、线性代数实验和随机数学(概率论与数理统计)实验。

本书适合高等学校理工科和其他非数学类专业本科生使用,既可以结合课程进行实验课程教学,也可独立作为数学实验课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学数学课程实验 / 李辉来主编. --2 版. --北京:高等教育出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-04-043501-6

I. ①大… II. ①李… III. ①高等数学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①O13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 169358 号

策划编辑 兰莹莹	责任编辑 李茜	封面设计 张申申	版式设计 马敬茹
插图绘制 杜晓丹	责任校对 刘丽娟	责任印制 刘思涵	

出版发行 高等教育出版社	网 址 http://www.hep.edu.cn
社 址 北京市西城区德外大街4号	http://www.hep.com.cn
邮政编码 100120	网上订购 http://www.landrac.com
印 刷 山东临沂新华印刷物流集团	http://www.landrac.com.cn
开 本 787mm×960mm 1/16	版 次 2008年1月第1版
印 张 23.25	2015年8月第2版
字 数 410千字	印 次 2015年8月第1次印刷
购书热线 010-58581118	定 价 36.20元
咨询电话 400-810-0598	

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 43501-00

《大学数学》教材编委会

主任 李辉来

副主任 孙毅 张然

编委 (以姓氏笔画为序)

马瑞杰	王国铭	王颖	术洪亮	白岩
刘静	孙毅	李宾	李辉来	张朝凤
陈殿友	赵玉娟	高彦伟	郭华	黄万风

第二版前言

《大学数学课程实验》第一版面世已经7年多了,在此期间,许多高校同行和读者给我们提出了宝贵的意见,也给予本教材充分的肯定。结合过去7年读者反馈的意见、我们使用本教材的体会和近几年大学数学课程改革的最新成果,编委会决定对本教材进行修订、完善,以更好地适应当前的教学需求。

本次修订的指导思想是:1. 保持原书的风格与特色,力求叙述严谨准确,简洁明了,基础知识交代清楚透彻。2. 在保持理论知识系统性的同时,突出数学思想方法的运用,贯彻理论联系实际的原则,注重实际问题的解决。3. 加强数学应用的广泛性,提高数学技术应用的深度和技巧,使数学理论、思想、方法更好地满足其他学科的需要。4. 补充 MATLAB 软件解决数学应用问题等。

根据读者的意见和我们的教学实践,本书修订突出数学应用的广泛性、数学方法的多样性和数学技术的实用性;采用目前工程技术中应用更广泛的 MATLAB 作为实验的软件平台;将原有例题重新在 MATLAB 下实现,部分例题做了修改和补充,以便更好地解决数学应用问题。新版列入吉林大学“十二五”规划教材。

参加本书第二版修订的有李辉来(第一章)、朱本喜(第二章,附录1,附录2)、孙鹏(第三章)、刘明姬(第四章),由李辉来统稿并最后定稿。

在本书的修订过程中,得到了吉林大学数学学院和高等教育出版社高等理工出版事业部数学分社的大力支持和帮助,吴晓俐女士承担了本教材修订的编务工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中的错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

《大学数学》教材编委会

2015年1月

第一版前言

数学实验与数学建模是目前本科生数学教学中的重要内容和形式。我国在数学实验和数学建模方面的研究和教学已经进行了 20 多年,在培养学生数学素养、提高学生理论联系实际的能力等方面起到了积极作用。全国各级各类高等学校都十分重视数学实验和数学建模课程的建设,全国大学生数学建模竞赛吸引了越来越多的学校和学生参与,这充分说明了数学实验和数学建模课程对于提高学生整体素质的重要性。

吉林大学是全国开设数学实验和数学建模课程最早的学校之一。2000 年合校以来,全校近 130 多个本科专业都开设了数学课程。为了适应新形势下公共数学的教学,我们建立了包含七大类共 53 门课程的吉林大学公共数学教学平台,集中了我们多年教学研究成果。从 2004 年起,我们尝试为本科生基础课程,即微积分、线性代数和随机数学(概率论与数理统计)配备课程实验,结合教学内容,安排一定的上机实验,取得了良好的教学效果,为大学生参加数学建模竞赛奠定了雄厚的数学实验基础。

所谓数学实验,就是利用计算机软件系统作为实验平台,以数学理论作为实验依据,以数学问题和实际问题的数学模型作为实验对象,以计算机程序为实验手段,以数值计算、符号演算或图形演示等为实验内容,以实例分析、模拟仿真、归纳总结等为主要实验方法,以辅助学数学、辅助用数学和辅助做数学为实验目的,以实验报告为最终形式的上机实践活动。数学实验有许多软件平台,既可以直接利用计算机语言,比如 C 语言、PASCAL 语言,也可以利用专门的数学软件,如 MATLAB、Maple、Mathematica 等。本教材采用计算机代数系统 Mathematica 作为数学实验的软件平台。

数学课程实验是“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的重要研究成果。首先,它为学生学习后续课程和解决实际问题提供必不可少的数学基础知识和常用的数学方法。其次,它通过实验教学的各个环节,逐步培养学生的抽象思维能力、逻辑推理能力、运算能力和自学能力。第三,它能培养学生综合运用所学知识分析问题、解决问题的动手能力,培养学生的创新意识和创新能力,激发学生学习数学的兴趣。

本实验教学课程应达到的基本要求:通过实验教学加深学生对数学的思

想和方法的理解,使抽象的数学形象化、具体化,使学生参与到数学应用的实际中来,亲身感受“用数学”的快乐,初步具备通过“数学计算”解决实际问题的能力。

微积分、线性代数和随机数学(概率论与数理统计)是各专业的必修课,大学数学课程实验正是针对这些重要的基础课而开设的,它包括 Mathematica 基本知识、基本性实验、示范性实验、开放性实验和设计性实验。本书力图通过实验例题和习题展示数学来源的丰富性,数学应用的广泛性,数学方法的多样性和数学技术的实效性,使学生在大学一、二年级就能掌握数学实验和数学建模的基本知识,为今后的数学实验或数学建模课程打好基础。

本书具有以下特点。

1. 广泛深入的实验内容。实验例题和习题的取材几乎涵盖了从自然科学到人文社会科学的各个学科,充分体现了数学来源的丰富性,展现了数学应用的广泛性。有些大型问题分解为若干个习题,能够培养学生“分解问题”的能力。

2. 丰富实用的数学技术。在《微积分》《线性代数》和《随机数学》(《概率论与数理统计》)主教材的基本内容和方法的基础上,适当增加了线性规划、非线性拟合、密码设计、分形和混沌等知识点接口,延伸了数学方法和数学技术,充分展示了数学技术的丰富性和实效性。

3. 精彩纷呈的背景文化。囿于数学的系统性和有限学时的考虑,主教材不可能把诸多的实际问题包含其中。在这里,我们通过对实际问题及其背景的描绘,使学生在感受到数学应用极其广泛的同时,还能够体会到各学科的文化内涵,扩大知识面,丰富联想思维。因此,本书在内涵上是主教材的有益扩充和延展。

4. 灵活自如的教学方式。本书充分考虑了我国高校课时紧张的因素,采取了“适当辅导、自主学习”的编写方式。教师既可以随主教材的教学进度在实验室全程教学,也可以用少量的学时进行指导性教学,学生通过校园网络实验系统或单机软件进行学习和实验,而不受时间和实验室的局限。

本书是吉林大学“十一五”规划教材,是我院主编的*大学数学系列教材*(普通高等教育“十五”国家级规划教材,高等教育出版社出版,2004)和*《经济管理数学基础》系列教材*(普通高等教育“十一五”国家级规划教材,清华大学出版社出版,2006)的配套教材,也是吉林大学公共数学教学系统重要的组成部分。

本书在编写过程中得到了吉林大学数学学院及公共数学教研中心领导的大力支持。高等教育出版社数学分社的领导和编辑给予了书稿编辑方面的专

业技术支持和指导,在此一并致谢。

由于我们的水平有限,书中的错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正,以期不断完善。

李辉来

2007年10月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一章 一元微积分实验	1
实验 1.1 一元函数作图	1
实验 1.2 数列极限与函数极限	13
实验 1.3 一元函数微分学	46
实验 1.4 一元函数积分学	64
第二章 多元微积分实验	86
实验 2.1 微分方程与差分方程	86
实验 2.2 二次曲面的图形	107
实验 2.3 多元函数微分学	119
实验 2.4 多元函数积分学	138
实验 2.5 级数	151
第三章 线性代数实验	163
实验 3.1 矩阵表示与基本运算	163
实验 3.2 矩阵的行列式和逆运算	173
实验 3.3 矩阵的初等变换与向量组线性相关性	183
实验 3.4 求线性方程组的通解	189
实验 3.5 矩阵的特征值特征向量及相似对角化	206
第四章 概率统计实验	211
实验 4.1 概率的基本知识	211
实验 4.2 随机变量分布的计算	226
实验 4.3 随机变量的数字特征	248
实验 4.4 大数定律及中心极限定理	259
实验 4.5 数理统计基础	265
实验 4.6 估计理论与假设检验	277

附录 1 MATLAB 操作基础	293
1. MATLAB 概述	293
1.1 MATLAB 的主要功能	293
1.2 MATLAB 命令窗口	293
1.3 MATLAB 帮助系统	294
2. MATLAB 数据	294
2.1 MATLAB 数据特点	294
2.2 变量和赋值	294
2.3 MATLAB 矩阵	296
2.4 MATLAB 运算	298
2.5 字符串	299
2.6 结构和单元	299
3. MATLAB 程序设计	300
3.1 M 文件	300
3.2 数据的输入输出	300
3.3 选择结构	301
3.4 循环结构	305
3.5 函数文件	308
3.6 全局变量和局部变量	310
3.7 类和对象	310
3.8 文件操作	314
4. MATLAB 绘图	316
4.1 二维图形	316
4.2 三维图形	318
4.3 三维图形的精细处理	319
4.4 低层绘图操作	320
5. MATLAB 数值计算	322
5.1 特殊矩阵	322
5.2 矩阵分析	323
5.3 矩阵分解与线性方程组求解	324
5.4 数据处理与多项式计算	326
5.5 数值微积分	328
5.6 常微分方程的数值求解	328
5.7 常稀疏矩阵	329

6. MATLAB 符号计算	330
6.1 符号计算基础	330
6.2 符号导数及其应用	331
6.3 符号积分	331
6.4 级数	332
6.5 代数方程的符号求解	332
6.6 常微分方程的符号求解	332
7. MATLAB 图形用户界面设计	333
7.1 菜单设计	333
7.2 对话框设计	333
7.3 用户界面设计工具	334
附录 2 MATLAB 命令	335
参考文献	355

第一章 一元微积分实验

实验 1.1 一元函数作图

实验目的

1. 学习绘制一元函数的图形.
2. 通过图形加深对函数概念的理解; 观察函数的特性 (单调性, 有界性, 周期性, 奇偶性), 建立数形结合的思想.

实验内容

1. 绘制平面曲线.

(1) 函数 $y = f(x)$ 表示的图形.

(2) 参数方程 $\begin{cases} x = \phi(t), \\ y = \varphi(t) \end{cases} (a \leq t \leq b)$ 确定的函数图形.

(3) 极坐标方程 $r = f(\theta)$ 确定的函数图形.

(4) 方程

$$F(x, y) = 0$$

所确定的隐函数 $y = f(x)$ 图形.

2. 绘制平面散点图和折线图.

实验命令

1. 在直角坐标系中绘制函数 $y = f(x)$ 的图形:

$$x = a : h : b;$$

$$y = f(x);$$

$$\text{plot}(x, y, \text{'选择项'})$$

它是针对向量或矩阵的列来绘制曲线的. 也就是说, 使用 plot 函数之前, 必须首先定义好曲线上每一点的 x 及 y 坐标.

(1) $\text{plot}(x, y)$ 以 x 元素为横坐标值, y 元素为纵坐标值绘制曲线.

(2) $\text{plot}(x, y1, x, y2, \dots)$ 以公共的 x 元素为横坐标值, 以 $y1, y2, \dots$ 元素为纵坐标值绘制多条曲线.

(3) $\text{plot}(x1, y1, x2, y2, \dots)$ 以 x_i 元素为横坐标值, 以 y_i 元素为纵坐标值绘制多条曲线.

选择项是可选参数,用来指定绘制曲线的线型、颜色、数据点的形状等.

2. 在平面直角坐标系中绘制参数方程所表示的曲线的图形:

$$\text{ezplot('x', 'y', [a, b])}$$

其中 $x = g(t), y = h(t)$ 是曲线的参数方程, $[a, b]$ 是参数 t 的取值范围.

也可以用 `ezplot` 来绘制函数 $y = f(x)$ 当自变量 x 取值范围为区间 $[a, b]$ 的图形,使用形式如下:

$$\text{ezplot('f(x)', [a, b])}$$

3. 绘制极坐标所表示的函数图形:

$$\text{theta} = \alpha : \omega : \beta;$$

$$\text{rho} = \rho(\theta);$$

$$\text{plot}(\text{theta}, \text{rho})$$

它也是针对向量来绘制曲线的. 也可以用简易的极坐标作图命令来作图,命令如下:

$$\text{ezpolar}(' \rho(\theta)', [\alpha, \beta])$$

4. 绘制由方程所确定的隐函数的图形:

$$\text{ezplot('f(x, y)', [a, b, c, d])}$$

该命令用来绘制由方程 $f(x, y) = 0$ 所确定的隐函数当 $a \leq x \leq b, c \leq y \leq d$ 时的图形,当省略第二项时默认 x 与 y 的范围都是 $[-2\pi, 2\pi]$.

例 1.1 函数的图形

画出 $y = \cos x$ 在区间 $[0, 4\pi]$ 上的图形.

解 程序如下:

$$x = 0 : \text{pi}/50 : 4 * \text{pi};$$

$$y = \cos(x);$$

$$\text{plot}(x, y)$$

输出结果: 如图 1-1-1.

例 1.2 参数方程表示的函数的图形

画出参数方程为
$$\begin{cases} x = \cos t + (1/2) \cos 7t + (1/3) \sin 17t, \\ y = \sin t + (1/2) \sin 7t + (1/3) \cos 17t, \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 2\pi$$
 所表示曲线的图形.

解 程序如下:

$$\text{ezplot('cos(t)+cos(7*t)/2+cos(17*t)/3', 'sin(t)+sin(7*t)/2+sin(17*t)/3', [0, 2 * \text{pi}])}$$

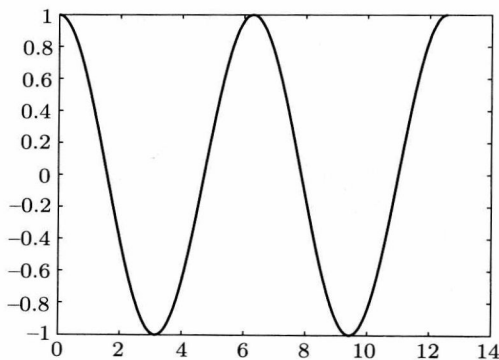


图 1-1-1

输出结果: 如图 1-1-2.

$$\begin{aligned}x &= \cos(t) + \cos(7t)/2 + \cos(17t)/3, \\y &= \sin(t) + \sin(7t)/2 + \sin(17t)/3\end{aligned}$$

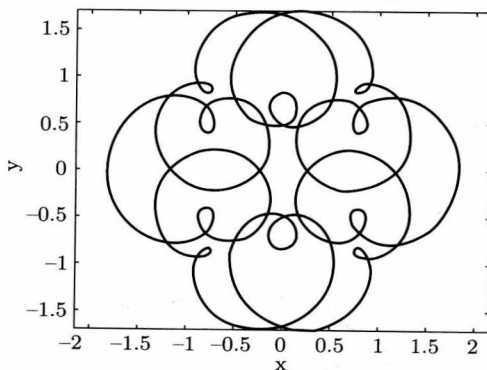


图 1-1-2

例 1.3 参数方程表示的函数的图形

画出参数方程为 $\begin{cases} x = 3 \cos^3 t, \\ y = 3 \sin^3 t \end{cases}$ 的星形线的图形.

解 程序如下:

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

输出结果: 如图 1-1-3.

例 1.4 极坐标表示的函数的图形

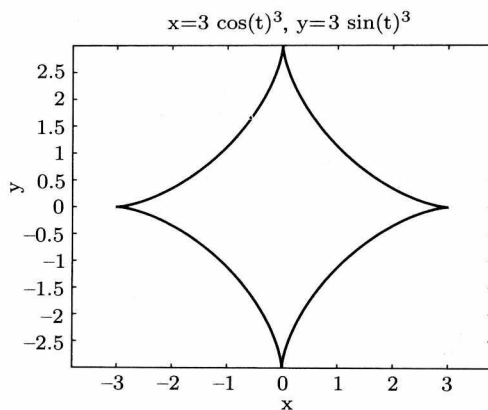


图 1-1-3

画出心形线 $\rho = 2(1 - \cos\theta)$ 的图形.

解 程序如下:

```
theta = 0 : pi/20 : 2 * pi;
rho = 2 * (1 - cos(theta));
polar(theta, rho)
```

输出结果: 如图 1-1-4.

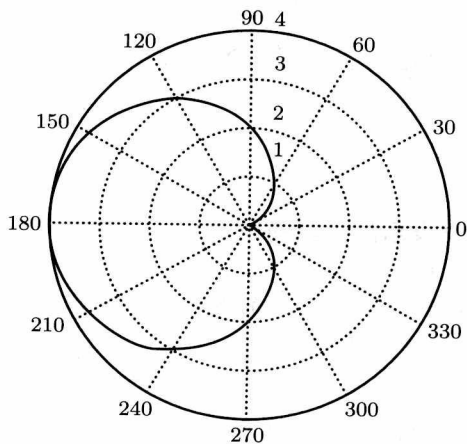


图 1-1-4

例 1.5 同一个坐标系内作出几个函数的图形

在同一坐标系内画出函数 $y = \tan x$, $y = x$, $y = \arctan x$ 的图形, 观察直接函数和反函数之间的关系.

解 程序如下:

```
x1 = -pi * 3/8 : 0.1 : pi * 3/8;
y1 = tan(x1);
x2 = -2.4 : 0.1 : 2.4;
y2 = x2;
x3 = -2.4 : 0.1 : 2.4;
y3 = atan(x3);
plot(x1, y1, '- ', x2, y2, 'k', x3, y3, ':')
axis equal
```

输出结果: 如图 1-1-5.

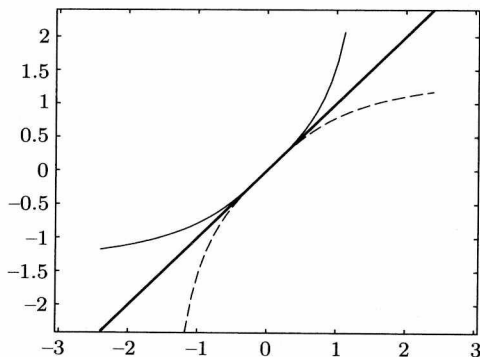


图 1-1-5

图中实线表示的是函数 $y = \tan x$ 的图像, 虚线表示的是函数 $y = \arctan x$ 的图像, 可以看出原函数和反函数图像关于直线 $y = x$ 对称.

例 1.6 分段函数的图形

画出函数

$$f(x) = \begin{cases} x - 1, & x < 1, \\ 1 + x^2, & x \geq 1 \end{cases}$$

的图形.

解 方法一 利用条件语句绘图.