

©21世纪大学数学创新教材

丛书主编 陈 化

数学实验初步

SHUXUE SHIYAN CHUBU

(第二版)

肖海军 张玉洁 王元媛 杨 飞 主编



科学出版社

21 世纪大学数学创新教材

丛书主编 陈 化

数学实验初步

(第二版)

肖海军 张玉洁 王元媛 杨 飞 编

科学出版社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书基于 MATLAB 软件系统地介绍了大学数学中的基本实验教学内容. 全书共分为三个部分:第一部分介绍 MATLAB 的基础功能;第二部分介绍大学数学基本实验教学内容,涉及线性代数、微积分、常微分方程、数值计算和简单的优化问题等实验;第三部分介绍“数学建模”的实验技术,主要涉及高等数学、概率统计、数值分析和微分方程等课程的软件实验.

本书主要作为大学“数学实验”和“数学建模”课程的教材. 对从事使用 MATLAB 软件解决实际工程问题的学生、教师和工程技术人员也有参考价值.

图书在版编目(CIP)数据

数学实验初步/肖海军等编. —2 版. —北京:科学出版社,2012. 3

21 世纪大学数学创新教材

ISBN 978-7-03-033405-3

I. 数… II. 肖… 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(2012)第 013242 号

责任编辑:王雨舸/责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

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>

武汉市首壹印务有限公司印刷

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)

2012 年 2 月第 二 版 印张:13 1/4

2012 年 2 月第三次印刷 字数:246 000

定价:24.50 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《21 世纪大学数学创新教材》丛书编委会

主	编	陈	化				
常务副主编		樊启斌					
副主	编	吴传生	何	穗	刘安平		
编	委	(按姓氏笔画为序)					
		王卫华	王展青	刘安平	严国政		
		李	星	杨瑞琰	肖海军	吴传生	
		何	穗	陈	化	罗文强	赵东方
		黄樟灿	梅全雄	彭	放	彭斯俊	
		曾祥金	谢民育	樊启斌			

《21 世纪大学数学创新教材》丛书序

《21 世纪大学数学创新教材》为大学本科数学系列教材,大致划分为公共数学类、专业数学类两大块,创新是其主要特色和要求.经组编委员会审定,列选科学出版社普通高等教育“十一五”规划教材.

一、组编机构

《21 世纪大学数学创新教材》丛书由多所 985 和 211 大学联合组编:

丛 书 主 编 陈 化

常务副主编 樊启斌

副 主 编 吴传生 何 穗 刘安平

丛 书 编 委 (按姓氏笔画为序)

王卫华 王展青 刘安平 严国政 李 星

杨瑞琰 肖海军 吴传生 何 穗 陈 化

罗文强 赵东方 黄樟灿 梅全雄 彭 放

彭斯俊 曾祥金 谢民育 樊启斌

二、教材特色

创新是本套教材的主要特色和要求,创造双重品牌:

先进.把握教改、课改动态和学科发展前沿,学科、课程的先进理念、知识和方法原则上都要写进教材或体现在教材结构及内容中.

知识与方法创新.重点教材、高层次教材,应体现知识、方法、结构、内容等方面的创新,有所建树,有所创造,有所贡献.

教学实践创新.教材适用,教师好教,学生好学,是教材的基本标准.应紧跟和引领教学实践,在教学方法、教材结构、知识组织、详略把握、内容安排上有独到之处.

继承与创新.创新须与继承相结合,是继承基础上的创新;创新需转变为参编者、授课者的思想和行为,避免文化冲突.

三、指导思想

遵循国家教育部高等学校数学与统计学教学指导委员会关于课程教学的基本要求,力求教材体系完整,结构严谨,层次分明,深入浅出,循序渐进,阐述精炼,富有启发性,让学生打下坚实的理论基础.除上述一般性要求外,还应具备下列特点:

(1) 恰当融入现代数学的新思想、新观点、新结果,使学生有较新的学术视野.

(2) 体现现代数学创新思维,着力培养学生运用现代数学软件的能力,使教材真正成为基于现代数学软件的、将数学软件融合到具体教学内容中的现代精品教材。

(3) 在内容取舍、材料组织、叙述方式等方面具有较高水准和自身特色。

(4) 数学专业教材要求同步给出重要概念的英文词汇,章末列出中文小结,布置若干道(少量)英文习题,并要求学生用英文解答。章末列出习题和思考题,并列出具可进一步深入阅读的文献。书末给出中英文对照名词索引。

(5) 公共数学教材具有概括性和简易性,注重强化学生的实验训练和实际动手能力,加强内容的实用性,注重案例分析,提高学生应用数学知识和数学方法解决实际问题的能力。

四、主编职责

丛书组编委员会和出版社确定全套丛书的编写原则、指导思想和编写规范,在这一框架下,每本教材的主编对本书具有明确的责任利:

1. 拟定指导思想

按照丛书的指导思想和特色要求,拟出编写本书的指导思想和编写说明。

2. 明确创新点

教改、课改动态,学科发展前沿,先进理念、知识和方法,如何引入教材;知识和内容创新闪光点及其编写方法;教学实践创新的具体操作;创新与继承的关系把握及其主客体融合。

3. 把握教材质量

质量是图书的生命,保持和发扬科学出版社“三高”、“三严”的传统特色,创出品牌;适用性是教材的生命力所在,应明确读者对象,篇幅要结合大部分学校对课程学时数的要求。

4. 掌握教材编写环节

(1) 把握教材编写人员水平,原则上要求博士、副教授以上,有多年课程教学经历,熟悉课程和学科领域的发展状况,有教材编写经验,有扎实的文字功底。

(2) 充分注意著作权问题,不侵犯他人著作权。

(3) 讨论、拟定教材提纲,并负责编写组的编写分工、协调与组织。

(4) 拟就内容简介、前言、目录、样章,统稿、定稿,确定交稿时间。

(5) 负责出版事宜,敦促编写组成员使用本教材,并优先选用本系列教材。

《21 世纪大学数学创新教材》组编委员会

2009 年 6 月

第二版前言

本书结合编者所在学校的学科特点,选取较为典型的专业知识点为实验材料,从问题出发,借助计算机让学生亲自设计和动手,体验解决问题的过程.通过《数学实验初步》(第一版)的试验教学,确实能够让学生通过实验学习、探索和发现数学规律,从而既能完成数学课程的学习,又能加深对所学专业知识的理解和认识.

目前,本课程的对象有一部分是大学二年级的学生,他们大部分已经学完了微积分、线性代数和概率统计等课程,还有一些后续课程如:数值分析、运筹学等尚未学习.本课程的主要对象则为一年级下的学生,他们将数学实验课程与高等数学课程结合起来进行学习.因此,遵循这一指导思想,本教材第二版内容的修订出于以下几个原则:

(1) 仍然以介绍高等数学中一些最基本的计算问题为主,如极限、积分、级数、微分以及微分方程等.

(2) 介绍一些最常用的解决实际问题的数学方法,如:迭代法解方程、数据分析、优化方法等.

(3) 介绍一些学生对背景知识较为熟悉的应用实例.

(4) 选择一个较为合适的数学软件平台(本教材选择 MATLAB),本教材例题中的程序都已通过 MATLAB 6.5 的运行(如部分实例在其他环境下运行时出现错误,借助当前环境中的帮助文件适当调整即可).

(5) 学生上机时间要得到充分的保证,建议第一部分的实验机时不少于 10 学时,第二部分的实验授课时间与学生上机时间的比例至少为 1:3,第三部分的实验授课时间至少为 20 学时,授课时间与上机时间的比例也至少应为 1:3.但可根据具体学时数,灵活选取部分内容安排教学.

在《数学实验初步》(第一版)的试验教学阶段,我们一直在思考该课程的内容与后续课程之间的关系问题.我们认为,数学实验尽管会编排如数值计算、优化模型、数据分析和数学建模等内容,但是数学实验始终不能代替这些内容,数学实验仅仅教会学生会使用这些知识,而不必需要学生完成相关课程的全面学习.学生只需掌握使用数学软件实现其中一些算法,并会利用它来解决一些实际的问题.

为了让学生能够将使用数学软件在计算机上的计算与传统的手工计算进行对比,教研室张玉洁老师将第一版教材中的部分例题用《高等数学》(同济大学第五版)教材中出现的例题进行替换,并写出了完整的 MATLAB 程序;王元媛和杨飞老师参与了该课程的教学改革实验以及在线教程的部分研制工作.

本书的改版过程自始至终得到中国地质大学(武汉)数学与物理学院和教务处领导的关心和大力支持,课题组研究生魏园波、余志林、隋美玲和李琴等为数学实验做了大量的资料收集和整理工作,作者在此对他们表示感谢.

编 者

第一版前言

由于计算机的出现,今日的数学已经不仅是一门科学,同时还是一种关键的、普遍适用的技术.早在1959年,著名的数学家华罗庚教授就曾形象地概述了数学的各种应用:“宇宙之大,粒子之微,火箭之速,化工之巧,地球之变,生物之谜,日用之繁等各个方面,无处不有数学的重要贡献.”时至今日,计算机计算速度的快速发展使得许多过去无法解决的问题有了解决的可能,大量新兴的数学方法正在被有效的采用,数学的应用范围急剧扩大.由于计算机具有处理大量信息的功能,所以定量分析的技术已经渗透到一切学科领域.从卫星到核电站,从天气预报到家用电器,无不是通过数学模型和数学方法并借助计算机的计算来实现的.例如:Tobin建立了“投资决策的数学模型”,1981年获得了诺贝尔经济学奖;在水资源研究方面,为了建立一套地下水资源评价的理论和方法,需要建立各种地层结构的数学模型等.

在我国,1989年著名科学家钱学森教授在“中国数学学会教育与科研座谈会”上就提出:电子计算机的出现对数学科学的发展产生了深刻的影响,大学理工科的数学课程是不是需要改革一番?时隔10余年,各高等学校都在进行数学教学改革.现在,开设“数学实验”已成为共识,目前不少高校已经开始开设了“数学实验”课程.

在国外,“数学实验”已经在较高的程度上被同行们所认识.1992年美国工业与应用数学学会(SIAM)的一篇论文就指出:“一切科学与工程技术人员的教育必须包括愈来愈多的数学和计算机科学的内容.数学建模和相伴的计算正在成为工程设计过程中的关键工具.”美国科学、工程和公共事业政策委员会在一份报告中曾指出:“今天,在技术科学中最为有用的数学领域就是数值分析与数学建模.”所有这些思想都与“数学实验”课程所包含的内容密切相关.

21世纪培养的各类专业技术人才,应具有将带有专业背景的实际问题建立数学模型的能力,这样才能在实际工作中发挥更大的创新性.开设“数学试验”课程的目的,正是为培养学生的定量思维能力和创造能力,加强“应用数学”方面的教育,培养学生应用数学知识解决实际问题的意识和能力.

本着这一目的,我们将数学知识、数学建模与计算机软件技术的应用三者融为一体,通过数学实验使学生深入理解数学基本要领和基本理论,熟悉常用的数学软件,培养学生运用科学知识建立数学模型,使用计算机解决实际问题的能力.同时

希望通过开设“数学实验”课程,把数学的课堂教学与同学们所熟悉的背景知识的实际应用紧密结合起来,通过同学们亲自做实验、观察和分析实验结果,培养学生的创新能力。

结合我校的学科特点,选取较为典型的专业知识点为实验材料,从问题出发,借助计算机并通过学生亲自设计和动手,体验解决问题的过程。这便是我们开设“MATLAB 与数学实验”课程和编写“MATLAB 与数学实验”教材的指导思想。我们通过多年的试验教学发现,让学生在实验中去学习、探索和发现数学规律,既完成了数学课程的学习,同时又能对所学专业知识和理解和认识起到一种升华的作用。

本课程的对象主要是大学二年级学生,他们大部分已经学完了微积分、线性代数和概率统计等课程,也有一些后续课程(如数值分析、运筹学等)尚未学习。针对这一状况,这本教材的内容拟定遵循以下原则:

1. 介绍高等数学中一些最基本的计算问题,如极限、积分、微分方程以及线性方程组等。
2. 介绍一些最常用的解决实际问题的数学方法,如数据分析、优化方法等。
3. 介绍一些同学们对背景知识较为熟悉的应用实例。
4. 选择一个较为合适的数学软件平台(本教材选择 MATLAB),本教材例题中的程序都已通过 MATLAB 6.5 的运行(如部分实例在其他环境下运行时出现错误,借助当前环境中的帮助文件适当调整即可)。
5. 学生上机时间要得到充分的保证,建议第二部分的实验讲课时间与学生上机时间的比例至少为 1 : 2,第三部分的实验讲课时间与学生上机时间的比例至少为 1 : 3。

尽管数学实验和数学建模都以计算机为工具,但我们认为数学建模是让学生学会利用数学知识和计算机手段来解决实际问题,而数学实验在教会学生利用数学知识和计算机手机来解决实际问题的同时,还可在计算机的帮助下对数学知识有一个更深入的认识。在这本教材的试验教学阶段,我们常常会思考该课程的内容与后续课程之间的关系问题。随着教学的深入,数学实验会涉及如数值计算、优化模型、微分方程和数学建模等内容,但是数学实验不是替代这些内容的,而是偏重于让学生通过学习,用数学软件实现其中一些算法,并会利用它来解决一些实际的问题。

本书的初稿由湖北省教学研究项目——“数学实验课程的教学研究”的试验教学内容组成。付丽华老师对第三部分的综合实验进行了仔细的校订,杨非老师对全书作了最后的校阅。

整个教材的写作过程自始至终得到了中国地质大学(武汉)博士生导师李宏伟

教授,华中科技大学博士生导师卢炎生教授、刘斌教授的指导,以及中国地质大学(武汉)教务处、数学与物理学院和数学教研室领导的关心和大力支持,作者在此表示感谢. 由于作者的水平有限,书中的瑕疵在所难免,希望广大读者批评指正.

肖海军

2007年8月

目 录

第一部分 MATLAB 简介

第一章 MATLAB 的基本功能	3
第一节 基本运算与函数	3
第二节 集合多个命令于一个 M 文件	10
第三节 循环	13
第四节 逻辑命令	15
第五节 搜寻路径	18
第六节 资料的储存与载入	20
第二章 MATLAB 作图	22
第一节 平面绘图	22
第二节 立体绘图	34

第二部分 大学数学基本实验

实验一 函数的极限	45
实验二 导数及偏导数计算	53
实验三 积分	64
实验四 方程的近似根与迭代法	73
实验五 多项式	82
实验六 矩阵与线性方程组	91
实验七 数据分析	97
实验八 曲线拟合与插值	106
实验九 常微分方程与级数	121
实验十 有约束条件的规划问题	127

第三部分 数学建模综合实验

实验一 DEM 地形描述误差问题	137
------------------------	-----

实验二	GPS 技术在城市交通状况实时检测技术中的应用问题	143
实验三	核废料的妥善处理问题	149
实验四	离散数据网格化问题	155
实验五	数字滤波分析	162
实验六	无线电信道通信的吞吐率分析	169
实验七	节水洗衣机	177
实验八	车灯线光源的优化设计	185
参考文献		195

第一部分 MATLAB 简介

第一章 MATLAB 的基本功能

第一节 基本运算与函数

在 MATLAB 下进行基本数学运算,只需将运算式直接输入提示符号“>>”之后,再按 Enter 键即可。例如:

```
>> (5*2+1.5-0.8)*10/25
```

按 Enter 键后,显示结果

```
ans=  
4.2800  
  
>>
```

MATLAB 会将运算结果直接存入一个变量 *ans*,代表 MATLAB 运算后的答案(answer),并显示其数值于显示器的屏幕上。

说明:“>>”是 MATLAB 的提示符号(prompt),但在 PC 中文视窗系统下,由于编码方式不同,此提示符号常常不显示,这并不会影响到 MATLAB 的运算结果。

使用者也可将上述运算式的结果设定给变量 *x*:

```
x= (5*2+1.5-0.8)*10^2/25  
x=  
42.8000
```

此时 MATLAB 会直接显示 *x* 的值。由上例可知,MATLAB 可直接识别一般常用到的加“+”、减“-”、乘“*”、除“/”的数学运算符号,以及幂运算“^”。

说明:MATLAB 将所有变量均存成 double 的形式,所以不需经过变量宣告(variable declaration)。MATLAB 同时也会自动进行记忆体的使用和回收,而不必像 C 语言那样,必须由使用者一一指定。这些功能使得 MATLAB 易学易用,使用者可专心致力于撰写程序,而不必被软件枝节问题所干扰。

若不想让 MATLAB 每次都显示运算结果,只需在运算式最后加上分号“;”即可,如下例:

```
y=sin(5)*exp(-0.5*4^2);
```

若要显示变量 *y* 的值,直接键入 *y* 后按 Enter 键即可:

```
y  
y=
```


-3.2168e-004

在上例中, $\sin$ 是正弦函数, $\exp$ 是指数函数, 这些都是 MATLAB 常用到的数学函数. MATLAB 常用的基本数学函数及三角函数分别见表 1.1 和表 1.2.

表 1.1 MATLAB 常用的基本数学函数

常用基本函数	意义	常用基本函数	意义
$\text{abs}(x)$	纯量的绝对值或向量的长度		符号函数(signum function)
$\text{angle}(z)$	复数 z 的相角(phase angle)	$\text{sign}(x)$	当 $x < 0$ 时, $\text{sign}(x) = -1$; 当 $x = 0$ 时, $\text{sign}(x) = 0$; 当 $x > 0$ 时, $\text{sign}(x) = 1$
$\text{sqr}(x)$	开平方	$\text{rem}(x, y)$	求 x 除以 y 的余数
$\text{real}(z)$	复数 z 的实部	$\text{gcd}(x, y)$	整数 x 和 y 的最大公因数
$\text{imag}(z)$	复数 z 的虚部	$\text{lcm}(x, y)$	整数 x 和 y 的最小公倍数
$\text{conj}(z)$	复数 z 的共轭复数	$\exp(x)$	自然指数 e^x
$\text{round}(x)$	四舍五入至最近整数	$\text{pow2}(x)$	2 的指数 2^x
$\text{fix}(x)$	无论正负, 舍去小数至最近整数	$\log(x)$	以 e 为底的对数, 即自然对数或 $\ln(x)$
$\text{floor}(x)$	地板函数, 即舍去正小数至最近整数	$\log_2(x)$	以 2 为底的对数 $\log_2(x)$
$\text{ceil}(x)$	天花板函数, 即加入正小数至最近整数	$\log_{10}(x)$	以 10 为底的对数 $\log_{10}(x)$
$\text{rat}(x)$	将实数 x 化为分数展开		
$\text{rats}(x)$	将实数 x 化为多项分数表示		

表 1.2 MATLAB 常用的三角函数

常用三角函数	意义	常用三角函数	意义
$\sin(x)$	正弦函数	$\sinh(x)$	双曲正弦函数
$\cos(x)$	余弦函数	$\cosh(x)$	双曲余弦函数
$\tan(x)$	正切函数	$\tanh(x)$	双曲正切函数
$\text{asin}(x)$	反正弦函数	$\text{asinh}(x)$	反双曲正弦函数
$\text{acos}(x)$	反余弦函数	$\text{acosh}(x)$	反双曲余弦函数
$\text{atan}(x)$	反正切函数	$\text{atanh}(x)$	反双曲正切函数
$\text{atan2}(x, y)$	四象限的反正切函数		

MATLAB 中, 变量也可用来存放向量或矩阵, 并进行各种运算, 如下例的向量(row vector)运算:

$x = [2 \ 3 \ 5 \ 2];$

$y = 2 * x + 1$

$y =$

5 7 11 5