



高等院校“十三五”规划教材

数学实验



梁宝钰 等 编



南开大学出版社
NANKAI UNIVERSITY PRESS



高等院校“十三五”规划教材

数学实验



主 编：梁宝钰 李秀兰

副主编：魏安民 徐 英 贾艳萍



南开大学出版社
NANKAI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材是为国内一般院校开设数学实验课程而编写的,其内容共分为五个部分,其中准备实验中讲述了 MATLAB 数学软件基础;微积分实验涉及一元函数微分学、积分学、无穷级数、常微分方程;线性代数实验包含向量、矩阵、行列式、线性方程组、矩阵特征值与特征向量及二次型;概率论与数理统计实验部分有统计数据概括、统计推断、回归分析、方差分析内容;综合实验是几种常见模型的实际应用.另外,在每个部分的讲解中还针对具体内容介绍了相应的应用实例,以帮助学生逐步提升利用所学知识解决实际问题的能力.每个实验都附有一定量的实验作业,以供学生课后上机练习及实验.

本书适用于理工科院校大学本、专科学生,以及具备工科数学知识和计算机知识的其他科技工作者.

图书在版编目(CIP)数据

数学实验/梁宝钰等编. --天津:南开大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-310-05334-6

I. ①数… II. ①梁… 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(2017)第 013017 号

高等院校“十三五”规划教材

数学实验

出版发行	南开大学出版社 (天津市南开区卫津路 94 号 邮编 300071 电话 23508339)
出版人	刘立松
经 销	全国各地新华书店
印 刷	三河市海新印务有限公司
开 本	170mm×230mm
印 张	17.5
字 数	314 千字
版 次	2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-310-05334-6
定 价	39.80 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

20 世纪 90 年代以来,大学数学教学改革的最主要成果是数学实验课和数学建模课的创建、开设和不断完善.其主要背景是计算机技术的飞速发展.

中科院院士、北京大学姜伯驹教授曾经指出:“应当试验组织数学实验课程,在教师的指导下,探索某些理论的或应用的课题.学生的新鲜想法借助数学软件可以迅速实现,在失败与成功中得到真知.这种方式变被动的灌输为主动的参与,有利于培养学生的独立工作能力和创新精神”.实践证明,数学实验课是学生把数学理论知识应用于实践的一种教学模式.数学实验课教学能够把数学直观、形象思维与逻辑思维结合起来,能把抽象的数学公式、定理通过实验得到验证和应用,从而激发学生的学习兴趣.

本教材是为国内一般院校开设数学实验课程而编写的,其内容共分为五个部分,其中准备实验中讲述了 MATLAB 数学软件基础;微积分实验涉及一元函数微分学、积分学、无穷级数、常微分方程;线性代数实验包含向量、矩阵、行列式、线性方程组、矩阵特征值与特征向量及二次型;概率统计实验有统计数据概括、统计推断、回归分析、方差分析;综合实验是几种常见模型的实际应用.

通过本教材的学习,学生能够深入理解高等数学、线性代数和概率统计课程中的基本概念和基本理论,较熟练地使用 MATLAB 软件,培养学生运用所学知识建立数学模型,并使用计算机解决实际问题的能力.

由于各专业对数学的要求不同及安排的数学实验课的学时数不等,所以书中各部分内容之间相互独立,综合实验部分的各个实验之间也是相对独立的,教师可根据学生情况和学时数选取全部或部分实验进行教学.

教材中使用的数学软件 MATLAB 以 6.0 及以上的版本为准,书中程序均在个人计算机上调试通过.

限于编者水平,本教材存在的不足之处,诚恳地希望读者批评指正.

编者

2016 年 11 月

目 录

CONTENTS

绪 论	001
-----------	-----

第一篇 准备实验

MATLAB 软件简介	004
0.1 MATLAB 的启动和关闭	004
0.2 窗口与菜单	004
0.3 变量与符号	007
0.4 常用命令和技巧	008
0.5 函数	009
0.6 M 文件	011
0.7 程序控制结构	013
0.8 数据显示格式	016
0.9 MATLAB 的文件操作	016
0.10 MATLAB 的帮助系统	018

第二篇 微积分实验

实验一 一元函数的图形	020
1.1 学习 MATLAB 命令	020
1.2 实验内容	024
1.3 实验作业	033
实验二 极限与连续	036
2.1 学习 MATLAB 命令	036
2.2 实验内容	037
2.3 实验作业	044
实验三 导 数	045

3.1	学习 MATLAB 命令	045
3.2	实验内容	045
3.3	实验作业	049
实验四 导数应用		051
4.1	学习 MATLAB 命令	051
4.2	实验内容	052
4.3	实验作业	060
实验五 方程(组)求根		062
5.1	学习 MATLAB 命令	062
5.2	实验内容	063
5.3	实验作业	067
实验六 一元函数积分学		068
6.1	学习 MATLAB 命令	068
6.2	实验内容	068
6.3	实验作业	073
实验七 无穷级数		076
7.1	学习 MATLAB 命令	076
7.2	实验内容	077
7.3	实验作业	085
实验八 空间图形的画法		086
8.1	学习 MATLAB 命令	086
8.2	实验内容	090
8.3	实验作业	096
实验九 多元函数微分学		098
9.1	学习 MATLAB 命令	098
9.2	实验内容	100
9.3	实验作业	107
实验十 多元函数积分学		109
10.1	学习 MATLAB 命令	109
10.2	实验内容	110

10.3	实验作业	117
实验十一	常微分方程	118
11.1	学习 MATLAB 命令	118
11.2	实验内容	119
11.3	实验作业	123

第三篇 线性代数实验

实验十二	多项式	125
12.1	学习 MATLAB 命令	125
12.2	实验内容	126
12.3	实验作业	131
实验十三	向量、矩阵与行列式	132
13.1	学习 MATLAB 命令	132
13.2	实验内容	133
13.3	实验作业	144
实验十四	矩阵的秩与向量组的最大无关组	145
14.1	学习 MATLAB 命令	145
14.2	实验内容	145
14.3	实验作业	150
实验十五	线性方程组	151
15.1	学习 MATLAB 命令	151
15.2	实验内容	151
15.3	实验作业	160
实验十六	特征值和特征多项式	161
16.1	学习 MATLAB 命令	161
16.2	实验内容	161
16.3	实验作业	165

第四篇 概率论与数理统计实验

实验十七	统计数据的概括	167
17.1	学习 MATLAB 命令	167

17.2	实验内容	174
17.3	实验作业	178
实验十八	统计推断	179
18.1	学习 MATLAB 命令	179
18.2	实验内容	181
18.3	实验作业	189
实验十九	回归分析	191
19.1	学习 MATLAB 命令	191
19.2	实验内容	192
19.3	实验作业	204
实验二十	方差分析	205
20.1	学习 MATLAB 命令	205
20.2	学习 MATLAB 命令	206
20.3	实验作业	212

第五篇 综合实验

实验二十一	二分法	214
21.1	二分法求根	214
21.2	脚本文件与函数文件	215
21.3	实验内容	215
21.4	实验作业	220
实验二十二	兔子数问题	221
22.1	关于斐波那契数	221
22.2	实验内容	222
22.3	实验作业	224
实验二十三	数独游戏	225
23.1	数独游戏简介	225
23.2	学习 MATLAB 命令	226
23.3	实验内容	226
23.4	实验作业	229

实验二十四 面试顺序	230
24.1 关于穷尽搜索	230
24.2 学习 MATLAB 命令	230
24.3 实验内容	230
24.4 实验作业	233
实验二十五 货物装箱	234
25.1 装箱问题简介	234
25.2 实验内容	235
25.3 实验作业	236
实验二十六 追兔问题	237
26.1 计算机仿真简介	237
26.2 学习 MATLAB 命令	238
26.3 实验内容	238
26.4 实验作业	241
实验二十七 排队理发	244
27.1 排队问题简介	244
27.2 实验内容	245
27.3 实验作业	246
实验二十八 多项式函数的性态研究	251
28.1 多项式函数的分析	251
28.2 有关 MATLAB 程序	253
28.3 实验内容	259
28.4 实验作业	262
附 录	264
附录 A 数据可视化命令基础	264
附录 B 优化工具箱基础命令	265
附录 C 常用函数命令	266
参考文献	269

绪 论

数学教学在整个人才的培养过程中至关重要.从小学到初中,再到大学乃至更高层次的科学研究都离不开数学.如今,人们越来越重视数学知识的应用,对数学课程的教学提出了更高的要求.

当面对一个数学问题,冥思苦想、反复尝试、终于求解完成时,人们都会有一种成功的愉悦.在这个过程中,用到了相关的数学概念、数学理论、数学公式和数学方法;经历了分析、推理、计算、观察并修正结果等一系列活动.这样的一个解题过程,就是一次“数学实验”.计算机出现之前,这样的“实验”活动是通过大脑的思维,借助纸和笔来完成的.在计算机高度发达的今天,这样的实验可以借助计算机来完成.

1989年,著名科学家钱学森教授在“中国数学会教学与科研座谈会”上提出:电子计算机的出现对数学科学的发展产生了深远的影响,理工科大学的数学课程是不是需要改造一番?二个多年来,各校都在探索大学数学教学改革,而开设“数学实验”课程已成为共识,因为一方面“数学实验”课程可以在数学教学中对学生加强“用数学”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;另一方面“数学实验”可以将数学教学与计算机应用结合起来,培养学生进行数值计算与数据处理能力,同时也可以激发学生学习数学的兴趣.

“数学实验”是大学数学课程的重要组成部分,是与高等数学、线性代数、概率论与数理统计等课程同步开设的重要教学部分,它将数学知识、数学建模与计算机应用三者融为一体,通过“数学实验”使学生深入理解数学基本概念、基本理论和基本方法,熟悉常用的数学软件,培养学生运用所学知识建立数学模型、使用计算机解决实际问题的能力.

关于什么是数学实验,目前还没有一个统一的定义,所谓数学实验(Mathematical Experiment),是在现代教育理论(特别是建构主义学习理论)指导下,旨在引导学生借助数学软件理解抽象的数学理论、自主探索和研究数学问题以及数学的应用问题的实践过程.同样数学实验也是根据教学目标,创设一定的教学情境,通过思考和操作活动,研究数学现象本质和发现数学规律的过程,这是一种思维实践和操作实验相结合的实验,实验能直接刺激大脑进行积极思维,可以帮助人们获得更为感性的知识,并推动学者把感性认识上升为理性认识.

数学实验作为大学数学教学改革产物在国内高等院校诞生,它以与传统数学教学不同的方式在大学数学教育中引起了学者广泛的兴趣.数学实验是让学生通过结合使用计算机解决实际问题的过程来学习数学或应用数学,它并不是一门单纯介绍某一数学分支或数学方法的课程,其特点是:有让学生自己解决具体问题的“实验”,通常包含了从问题到数学形式的建模,结合使用数学软件或编制程序.因此,数学实验是数学教学中的一个实践环节.

数学实验发展迅速,目前在国内有一大批学校开设了数学实验课程,而且有越来越多的学校准备开设这门课程.课程的对象不仅有理工科专业,而且包括了经济管理甚至是文科专业.根据实验内容的层次不同,可以把数学实验分为以下三种类型.

(1)基础数学实验——指数学软件 MATLAB 的基本操作,以及围绕数学基础专业课的基本内容,利用 MATLAB 强大的数值计算功能和图形展示功能,形象演示一些概念,验证一些基本结论,完成一些复杂的计算(例如,微积分的计算、矩阵运算、微分方程求解、概率统计运算,它主要包括演示实验、验证实验和计算实验).

(2)综合数学实验——指利用计算机和数学软件对一些简单实际问题的求解,使初学者了解如何发现、分析总结和应用数学,初步的体验数学的魅力(例如,综合实验).

(3)研究型数学实验——指与数学建模相联系,根据生产、生活中的实际需求,建立相应的数学建模,并利用计算机和数学软件解决数学建模,从而解决实际需求(例如,综合实验).

关于开展大学数学实验活动的意义,着重体现在以下四点.

(1)有助于数学教学观的转变.

传统的教学模式是教师凭借“一张嘴与一支笔”,从公理体系出发,对数学概念、性质定理等内容进行严谨细致的推导与讲解,这对学生系统化和掌握数学基础专业知识是不无裨益的,但学生学习起来较为枯燥,往往会产生“数学无用论”的困惑,这就需要开设数学实验这门课程帮助学生改变这一观念,体验“数学探索、发现、研究”过程,这种“以学生为主体,计算机技术为辅助工具”的教学新模式可作为传统教学模式的有益补充,促进教师数学教学观的转变.

(2)有助于提高学习热情、激发学习潜能.

数学专业课程本身具有很强的逻辑性和抽象性,学习难度比较大.为此在传统讲授式的教学模式下,大部分学生学习热情不高,教学效果不理想.数学实验

课程借助数学软件和计算机的运算、图形和编程等功能,通过数值的、几何的观察、联想、类比,发现线索,探索规律,学习常用的数学方法,分析、解决经过简化的实际问题,亲身感受“用数学”的酸甜苦辣,这极大地激发了学生的学习潜能,提高了学生在学习过程中的参与度,增强学习的主动性,不断地提高学习效果和职业素养。

(3)有助于提高应用数学能力和创新能力。

传统教学模式所培养的数学教育专业学生,虽然有一定的数学理论素养,但应用数学的意识和能力都比较薄弱,而数学实验课程的目的就是学会用数学方法和数学软件解决世界问题,增强学生“用数学”的能力。

(4)拓展学生教学理念,提高从师任教竞争力。

数学教育专业的学生毕业之后基本上从事数学教育工作,理应成为数学创新思想的传播者、教学改革的生力军。这就要求我们在教学中除掌握基本的教学技能、先进的教学方法之外,还应具备更强的实践能力和创新能力。开展数学实验活动正是这方面能力培养的有益补充。

通过数学实验这门课程的学习和数学软件的使用,能使学生从实际角度出发考虑问题,认真分析研究,建立简单数学模型,然后借助先进的计算机技术,最终找出解决实际问题的一种或多种方案,不仅提高了学生数学思维能力,也为学生参加数学竞赛和数学建模打下了坚实的基础,同时也为学生进一步深造和参加工作打下一定的实践基础。

第一篇

准备实验

MATLAB 软件简介

0.1 MATLAB 的启动和关闭

0.1.1 启动方式

(1) 如果已经在桌面设置了 MATLAB 快捷图标, 则双击图标进入 MATLAB 环境, 这是最快最常用的方式;

(2) 在开始菜单中选择程序→MATLAB, 点击进入 MATLAB 环境;

(3) 在 MATLAB 安装目录中选择 MATLAB→MATLAB 快捷方式, 双击图标进入 MATLAB 环境;

启动 MATLAB 后, 进入 MATLAB 集成环境, 包括 MATLAB 主窗口、命令窗口 (Command Window)、工作空间窗口 (Workspace)、命令历史窗口 (Command History)、当前目录窗口 (Current Directory)。

0.1.2 关闭方式

(1) 在 MATLAB 命令窗口, 直接点击关闭图标, 即可关闭 MATLAB 软件, 这是最简单最常用的方式;

(2) 在 MATLAB 命令窗口键入“exit”或“quit”, 回车, 关闭 MATLAB 软件;

(3) 在 MATLAB 命令窗口菜单条中选择、点击“EXIT MATLAB”(或按 Ctrl+Q) 关闭 MATLAB 软件。

0.2 窗口与菜单

0.2.1 主窗口

MATLAB 主窗口是 MATLAB 的主要工作界面, 主窗口除嵌入一些子窗

口外,还包括菜单栏和工具栏。

1. 菜单栏(表 0.1)

表 0.1 菜单栏

File 菜单项	File 菜单项实现有关文件的操作
Edit 菜单项	Edit 菜单项用于命令窗口的编辑操作
Debug 菜单项	Debug 菜单项用于调试 MATLAB 程序
Desktop	Desktop 菜单项用于设置 MATLAB 的集成环境的显示方式
Window 菜单项	主窗口菜单栏上的 Window 菜单,只包含一个子菜单 Close all,用于关闭所有打开的编辑器窗口,包括 M-file, Figure, Model 和 GUI 窗口
Help 菜单项	Help 菜单项用于提供帮助信息

2. 工具栏

MATLAB 主窗口的工具栏共提供了 10 个命令按钮,这些命令按钮均有对应的菜单命令,但使用起来比菜单命令更快捷、方便。

0.2.2 命令窗口

命令窗口是 MATLAB 的主要交互窗口,用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果, MATLAB 命令窗口中的“>>”为命令提示符,在提示符后键入命令并按下回车键后, MATLAB 就会解释执行所输入的命令,并在命令后给出计算结果。

一般来说,一个命令行输入一条命令,命令以回车结束,但一个命令行也可以输入若干条命令,各命令之间以逗号分隔,若前一命令后带有分号,则逗号可以省略。

如果一个命令行很长,一行之内写不下,可以在该行之后加上 3 个小黑点,回车换行,继续写命令的其他部分。

0.2.3 工作空间窗口

工作空间位于默认(Default)界面左上方窗口前台,是 MATLAB 用于存储变量和结果的内存空间。该窗口显示工作空间中所有变量的名称、大小、字节数和变量类型说明,可对变量进行观察、编辑、保存和删除。

0.2.4 当前目录窗口

(1)当前目录窗口。位于默认(Default)界面左上方窗口后台,用鼠标点击可以切换到前台。当前目录是指 MATLAB 运行文件时的工作目录,只有在当前目录或搜索路径下的文件、函数可以被运行或调用。在当前目录窗口中可以显示或改变当前目录,还可以显示当前目录下的文件并提供搜索功能。

(2)MATLAB 的搜索路径. 用户在 MATLAB 命令窗口输入一条命令后, MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件. 基本的搜索过程是:检查该命令是不是一个变量→检查该命令是不是一个内部函数→检查该命令是否是当前目录下的 M 文件→检查该命令是否是 MATLAB 搜索路径中其他目录下的 M 文件.

用户可以将自己的工作目录列入 MATLAB 搜索路径,从而将用户目录纳入 MATLAB 系统统一管理. 设置搜索路径的方法如下.

(i)用 path 命令设置搜索路径. 例如,将用户目录 c:\mydir 加到搜索路径下,可在命令窗口输入命令: `path(path,'c:\mydir')`;

(ii)用对话框设置搜索路径在 MATLAB 的 File 菜单中选 Set Path 命令或在命令窗口执行 `pathtool` 命令,将出现搜索路径设置对话框. 通过 Add Folder 或 Add with Subfolder 命令按钮将指定路径添加到搜索路径列表中,在修改完搜索路径后,需要保存搜索路径.

0.2.5 命令历史记录窗口

在默认设置下,历史记录窗口中会自动保留自安装起所有用过的命令的历史记录,并且还标明了使用时间,从而方便用户查询. 通过双击命令可进行历史命令的再运行,如果要清除这些历史记录,可以选择 Edit 菜单中的 Clear Command History 命令.

0.2.6 Start 按钮

MATLAB 主窗口左下角还有一个 Start 按钮,单击该按钮会弹出一个菜单,选择其中的命令可以执行 MATLAB 产品的各种工具,还可以查阅 MATLAB 包含的各种资源.

0.2.7 编辑窗口和图形窗口

在命令窗口的菜单中直接点击文件图标或选择点击 File→New→M-file 打开一个编辑窗口(Edit Window). 通常, MATLAB 的程序都是在这个窗口编写成 M 文件,存盘后在命令窗口输入文件名执行运算.

在命令窗口选择点击 File→New→Figure 可以打开一个图形窗口,但通常都是在执行作图命令时自动打开画有相关图形的图形窗口.

这些窗口的上方都有菜单和工具栏,其功能与 Word 等软件类似,这里不再一一介绍.

0.3 变量与符号

0.3.1 特殊变量(表 0.2)

表 0.2 特殊变量

变量名	说明	变量名	说明
i 或 j	虚数单位 $\sqrt{-1}$	Inf	无穷大
pi	圆周率 $\pi=3.1415926\cdots$	NaN	无意义的数,如 0/0 等
eps	浮点数识别精度 $2^{-52}=2.2204\times 10^{-16}$	ans	表示结果的缺省变量名
realmin	最小正实数 $2^{-2^{10}}=5.5627\times 10^{-309}$	nargin	所用函数的输入变量数目
realmax	最大正实数 $2^{2^{10}}=1.7977\times 10^{308}$	nargout	所用函数的输出变量数目

注:特殊变量在工作空间观察不到,MATLAB 启动时,这些变量就已赋值,可以直接使用。

0.3.2 用户变量

MATLAB 变量总是以字母开头,由字母、数字或下划线组成,中间不能有空格,字母区分大小写。一般不能与特殊变量以及内部函数名同名(如果同名,则特殊变量以及内部函数将改变其值)。

用户变量保存在工作空间,可以随时调用,用命令 who 或 whos 可以查到它们的信息。

0.3.3 数学运算符(表 0.3)

表 0.3 数学运算符

运算符	意义
+	加法运算,数与数、数与矩阵、同型矩阵之间的相加
-	减法运算,数与数、数与矩阵、同型矩阵之间的相减
*	乘法运算,数与数、数与矩阵、矩阵与矩阵之间的普通乘法
/	除法运算,当 a, b 为数时 $a/b = \frac{a}{b}$; 当 a, b 为矩阵时 $a/b = ab^{-1}$
\	左除运算,当 a, b 为数时 $a \setminus b = \frac{b}{a}$; 当 a, b 为矩阵时 $a \setminus b = a^{-1}b$
.*	点乘运算, a^k (k 是数, a 可以是数或矩阵), 数、矩阵的普通乘幂运算
./	点除运算,一种数组运算,表示同型数组(矩阵)之间对应元素相除
.^	点幂运算,一种数组运算,当 a, k 为数时, $a.^k = a^k$; 当 a 为数组(矩阵), k 为数时, $a.^k$ 表示矩阵 a 的每个元素取 k 次幂

注:点(数组)运算在 MATLAB 中有重要作用,必须真正理解和掌握。

0.3.4 关系与逻辑运算符(表 0.4)

表 0.4 关系与逻辑运算符

关系运算符	意义	关系运算符	意义	逻辑运算符	意义
<	小于	>	大于	&	逻辑与
<=	小于等于	>=	大于等于		逻辑或
==	等于	~=	不等于	~	逻辑非

注:关系运算与逻辑运算都是元素之间的操作,结果是特殊的逻辑数组(矩阵).值得注意的是“=”表示赋值,“==”表示(是否)等于,不可混淆,在 MATLAB 中,“真(True)”用 1 表示,“假(False)”用 0 表示.

0.4 常用命令和技巧

0.4.1 常用命令(表 0.5)

表 0.5 常用命令

运算符	意义	运算符	意义
cd	显示或改变当前目录	hold	图形保持开关
dir	显示目录下的文件	disp	显示变量或文字内容
type	显示文件内容	path	显示搜索目录
clear	清理内存变量	save	保存内存变量到指定文件
clf	清理图形窗口	load	加载指定文件中的变量
pack	收集内存碎片,扩大内存空间	diary	日志文件命令
clc	清除工作窗口	quit	退出 MATLAB 命令
echo	工作窗口信息显示开关	!	调用 DOS 命令