

复旦先导讲义

数理基础与程序设计

谢锡麟 倪刚 孙晓光 张祥朝 周雅倩 郑达安 编著



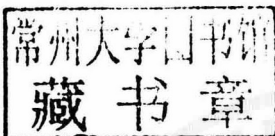
 復旦大學出版社



复旦先导讲义

数理基础与程序设计

谢锡麟 倪刚 孙晓光 张祥朝 周雅倩 郑达安 编著



 復旦大學出版社



图书在版编目(CIP)数据

复旦先导讲义:数理基础与程序设计/谢锡麟等编著. —上海:复旦大学出版社,2018.6
(复旦书院教育系列丛书)
ISBN 978-7-309-13740-8

I. 复… II. 谢… III. ①理科(教育)-课程-高等学校-教材②程序设计-高等学校-教材
IV. ①O ②TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 125283 号

复旦先导讲义:数理基础与程序设计
谢锡麟 等编著
责任编辑/梁 玲

复旦大学出版社有限公司出版发行
上海市国权路 579 号 邮编:200433
网址:fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com
门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853
外埠邮购:86-21-65109143 出版部电话:86-21-65642845
上海丽佳制版印刷有限公司

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 336 千
2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-13740-8/O·661
定价:45.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司出版部调换。
版权所有 侵权必究

内容提要

大学本科新生都会面对由高中进入大学的适应期和转型期，都会经历学习方法、生活环境和心理状态等多方面的变化和挑战。

《复旦先导讲义：数理逻辑与程序设计》意为为即将进入大学的技术科学类、自然科学类等专业的新生提供衔接性的基础知识，为即将开启的大学学习铺垫良好的基础。

全书主要内容分为两个部分：一是数理基础，包括函数与复数基础、空间解析几何基础、微积分基础、线性代数基础、大学物理基础；二是程序设计基础，包括C语言程序的基本结构与应用。本书在各方面基础知识的撰写过程中，注重从实际引出研究对象，注重表现相关知识的整体架构，注重阐述基本思想与方法，另也涉及相关知识的历史背景。

学习完成本书，读者可以对理工类专业的基础知识有些初步的认识：应用背景、体系架构、基本思想、基本方法等。本书内容也适合经济管理类等专业的大学新生参考。我们希望同学们通过本书的学习，能够提前做好知识基础，弥补所掌握的相关知识方面的差距。

编委会主任 汪源源

编委会成员

徐珂 谢锡麟 朱建艺 朱百祥 单莉英 高艳

编 著

谢锡麟 倪刚 孙晓光 张祥朝 周雅倩 郑达安

人才培养是一所大学发展的基石,复旦大学坚持把本科教育放在发展首位。20世纪90年代,学校提出“宽口径、厚基础、重能力、求创新”的人才培养理念,通过不断改革,逐步构建以综合、文理基础和专业教育三大板块为内容的教学体系。进入新世纪,学校推出人才培养改革方案。2005年成立复旦学院,开始全面探索面向全体本科生的通识教育人才培养模式。2012年,复旦学院承担本科生院职责,试行贯穿本科教育的书院制。本科生入学后根据大类融合和学科交叉的原则分别进入志德、腾飞、克卿、任重、希德5个住宿书院。书院是复旦大学进一步推行本科通识教育理念的重要举措之一,是集生活功能、教育功能、学习功能、文化功能和学术功能为一体的多元功能共同体。

在多年的书院教育实践中,我和我的同仁们发现,大学第1年是本科新生的入学适应期和转型期,同学们往往要经历学习方法、生活环境和心理状态等多方面的变化和挑战,特别是在大学理工类专业课程的学习方法等方面,大学和高中存在较大的区别。为了帮助工程技术类专业的新生更快进入大学课程的学习状态,复旦大学腾飞书院(学生大部分来自工程技术类专业)于2015年秋季学期,组织书院大类基础课的骨干教师,共同编写了《复旦大学腾飞书院先导课程讲义》(以下简称《讲义》),并于2016年7月随同复旦大学新生录取通知书一起寄送给书院全体新生。《讲义》内容主要包括数理基础和程序设计等方面的基础知识,希望帮助被书院录取的新生入学前就能了解相关课程的知识架构和理论体系,从而为一年级的课程学习作好充分的准备。从《讲义》的最初设计,到结合同学们的使用反馈,经过两年多时间的修改完善,在复旦学院的大力支持下,《讲义》被列入2018年“复旦书院教育”系列丛书的出版计划,书名确定为《复旦先导讲义:数理基础与程序设计》。

上海萌泰数据科技股份有限公司总经理李军先生硕士就读于复旦大学软件学院,毕业后成功创业。李军校友一向关心母校发展,关注书院教育,听闻《复旦先导讲义:数理基础与程序设计》有出版计划,慨允资助,使本书得以顺利付梓。书院的谢锡麟、倪刚、张祥朝、孙晓光、周雅倩、郑达安等6位骨

干导师,全程参与了《讲义》的编写工作。复旦大学出版社范仁梅、梁玲老师对本书的出版,亦提供了很多专业建议。腾飞书院朱建艺、朱百祥、单莉英等几位资深的专职导师,对《讲义》的编写提供了很多专业指导。腾飞书院导师办高艳老师一直负责讲义编写的组织、联系工作,也付出了大量心血。在此,对相关部门及老师们的付出表示诚挚的感谢!希望“复旦书院教育”系列丛书能够不断丰富和完善!

腾飞书院院长



2018年6月

一般而言,大学理工专业的基础/平台课程主要包括微积分、空间解析几何、线性代数、大学物理/普通物理等数理基础课程以及程序设计等。虽然各大学就相关课程的名称不尽相同,但这些知识与能力都是一般理工专业所要求的,并且这些课程往往都在大学一年级或二年级开设。

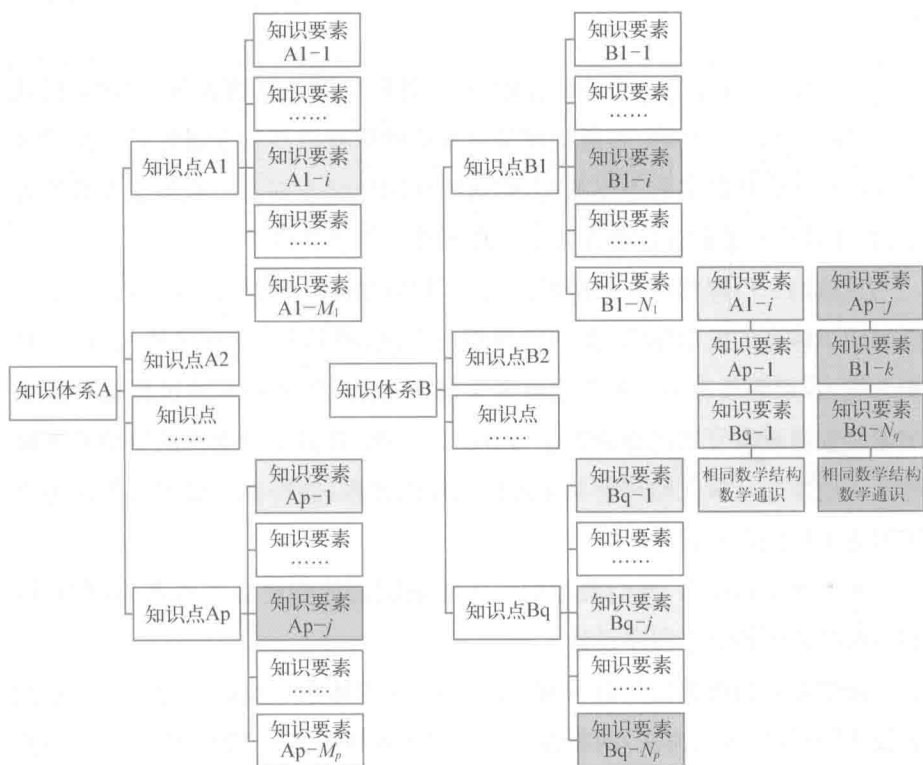
具体的一门课程往往对应具体的一门知识体系。我们的学习,首先需要理解知识体系的发展脉络、基本的思想与方法,然后将知识(思想与方法)升华为能力,以期具有一定的理论联系实际的能力,具体的实践过程也可能更加需要变通或者发展已有的思想与方法。由此,我们学习课程的目的在于能够真正地系统且深入地理解与掌握相关知识体系,使得相关思想与方法可真正服务于我们认知世界。

就数理知识体系,我们推荐如下方法论层面的构建方式或者学习方式,相关做法亦可借鉴于程序设计。

知识点与知识要素 以“知识点”分解“知识体系”,知识点为具有一定独立性的知识(思想与方法)的集合。每一知识点再由若干“知识要素”组成,知识要素可为特定的数学等式、不等式或者特定的处理思想与方法,亦称为“数学结构”。

相似结构与数学通识 知识体系之间可能存在“相似结构”,如微积分知识体系中的一元微分学、高维微分学,一般赋范线性空间上微分学由高度相似的知识点构成,这3种层面的微分学都主要包括点列极限、映射极限、映射可微性、无限小增量公式、有限增量公式、逆映射定理与隐映射定理,并且主要结论的分析思想与方法具有高度的统一性。一元积分学与高维积分学也具有类似的相似性。基于知识体系的相似结构,学习上可以体会“温故而知新”的认识成效。另一方面,隶属同一知识体系甚至不同知识体系的知识点可能包含相同的知识要素,可称为“数学通识”。数学通识表现为同一个数学等式、不等式或者特定的处理思想与方法在认识不同的事物中起着共同的至关重要的作用。

值得指出,数学通识可为实现“同一知识体系之内的融会贯通”和“不同知识体系之间的触类旁通”提供一种高成效的途径。知识体系构建中突出数学通识,表现为“由结构驱动结论”的知识体系发展方式,这种认识方式不仅有益于深入理解与掌握知识体系的内在思想与方法,而且可高度归纳知识体系的基本内容,这些都非常有益于将知识升华为能力。



数学通识: 隶属同一知识体系或者不同知识体系的知识点可能含有相同的“数学通识”——特定的数学等式、不等式或者特定的处理方式方法。基于“数学通识”, 可实现同一知识体系之间的“融会贯通”、不同知识体系之间的“触类旁通”。

正本清源与格物致知 正本清源, 指深入研究知识体系的自身发展“动力”——澄清各知识点之间的关系, 往往可基于共同的思想与方法而发展各个知识点。学习中注重基于已有的知识发展新的知识, 注重由结构驱动结论, 尽量以正向思维的方式构建知识体系。格物致知, 指注重将所有的数理知识体系密切联系于认识世界的过程。例如, 针对微积分中对不定积分的分类, 我们就从力学、物理学等实际研究中寻找各种分类所对应的实际背景。值得指出, 我们越来越发现, 具体事物的数学机制往往可以对应于某一类数学结构, 如某种形式的积分。由此, 同一类积分可能成为“貌似完全无关”的不同事物的共同数学机制。认知中注重引入这样的背景, 不仅可以为数理学习中貌似枯燥无味的公式、定理或者推导变得有血有肉、生动形象, 而且可以加深我们对事物深层机制的认识。世界的相似性, 也许可以追溯为其对应的数学机制的相似性。

复杂分析过程的要义分解 对于数理方面的课程, 学习上常常感到“困难”以至于“跟不上”的主要原因在于课堂上被一些推导或者结论“卡住”, 往

往自己还在思考,老师已经涉及后续内容。就此可考虑“将复杂分析过程分解为若干要义”,要义包括:① 分析的总体思想与方法;② 分析涉及的基础性结论;③ 分析涉及的特定概念与技巧。理解时,首先澄清各个要义,然后再进行整体性的分析。对于复杂分析过程进行要义分解,亦表示对复杂事物的认识过程与认识程度,需要尽量做到“正本清源”,揭示事物的本质。如此处理,具有如下益处:① 可以有效降低对于复杂分析过程整体性与局部性理解上的困难,提高听课的流畅性,保持学习兴趣;② 有些要义为基础性结论,就此再做澄清可起到“温故而知新”的效用。对于复杂事物,往往第一遍难以理解,这非常正常,但第二、第三遍就能迅速提升理解的效率与程度。学习上也需要恰如其分地回顾已有的内容,不仅能“承上启下”,而且需要时再做回顾,可以有效地帮助自己提高认识程度,提高听课的流畅性。

值得指出,微积分、线性代数等数理知识体系的基本思想与方法,往往蕴含于分析过程,而非具体的结论;不同的分析过程往往也会导致不尽相同的结果。就此,数理课程需要细致剖析相关复杂分析,基于要义分解提升理解程度。

图示化研究 我们对于图形有着与生俱来的亲和性与认同感。由此,非常值得进行知识体系的图示化研究,可以包括:① 概念的图示化。如微积分中,点列极限、映射极限以及向量值映射可微性的图示化。② 分析过程的图示化。我们将复杂分析过程进行要义分解,而对于要义的澄清可充分基于图示化澄清或揭示相关处理的“实质”;当然对于一般的分析过程也可以充分利用图示表现“到底是怎么回事”。看书时往往会迷惑于某句话、某一结构或者某种做法,对此往往可以在认知中通过图示澄清缘由。③ 知识体系架构的图示化。指基于框图表示知识体系的知识点及其知识要素,就此可清晰呈现整个知识体系的脉络,包括数学通识。进行阶段性或者期末总结时,可以利用知识体系架构既进行“查漏补缺”,亦可建立总体性的认识。

我们的学习需要注重归纳知识体系的基本思想与方法,逐步培养理论联系实际的能力,决不能停留于“依葫芦画瓢”式的做题,不能学习就是为了应付考试,考完很快就忘记。学习一门知识体系,如不能利用其思想与方法以认识世界、应用于生产与实践,也就失去了学习的意义。另一方面,虽然在大学里我们学习一门又一门的课程,课程的设置是为了我们分散性地学习各门知识体系,便于逐一掌握,但是对世界的认知又需要各门知识体系之间的协调工作。如同大学物理课程中涉及的对诸多自然现象的认识,就需要微积分、空间解析几何、线性代数与大学物理中的知识体系协调工作。

随着现代计算机与信息技术的日新月异,我们认知世界的方式不仅有经典的理论分析、真实的科学实验,还包括计算实验,指基于计算方法利用计算机软硬件设备数值模拟并研究相关现象,如数值模拟天气并做预报、数值模拟飞行器的飞行状态、数值模拟核爆炸、数值模拟血管中血液流动等。因此,我们往往需要将理论模型,通过编制计算机程序来进行数值模拟或者仿真。对于现代技术科学类、自然科学类等专业的学生,不仅需要系统掌握数理知识体系,而且需要具备编制与运行计算机程序的能力。所以,虽然我们学习一门又一门的课程,最终需要将各门知识体系协调在一起,统一成为我们认识世界的基本思想与方法。

《复旦先导讲义》包括两部分内容:①数理基础,其中,“数理学习相关基础”由复旦大学航空航天系的谢锡麟老师撰写;“空间解析几何基础”由复旦大学信息科学与工程学院的张祥朝老师编写;“微积分基础”由复旦大学计算机科学技术学院的孙晓光老师、谢锡麟老师撰写;“线性代数基础”由谢锡麟老师撰写;“大学物理基础”由复旦大学信息科学与工程学院的倪刚老师撰写。②程序设计基础,由复旦大学计算机科学技术学院的周雅倩老师、复旦大学信息科学与工程学院的郑达安老师撰写。我们将基于复旦大学腾飞书院网站(<http://www.fdcollge.fudan.edu.cn/tfcollege/>)适时发布与《复旦先导讲义》相关的信息,提请同学们关注。

《复旦先导讲义》可供即将进入大学的技术科学类、自然科学类等专业的同学学习,以期为高中与大学阶段的学习做一个有益的衔接,相关内容亦可在大学学习时参考。

目 录

序言	I
前言	III

第 1 部分 数理基础

第 1 章 数理学习相关基础	003
§ 1.1 数学归纳法	003
§ 1.2 三角函数与反三角函数	006
1.2.1 三角函数与三角函数恒等式	006
1.2.2 反三角函数	009
1.2.3 双曲函数与双曲函数恒等式	010
1.2.4 反双曲函数	012
§ 1.3 笛卡尔坐标系	013
§ 1.4 平面上的曲线	015
§ 1.5 向量值映射与曲线坐标系	016
1.5.1 极坐标系	016
1.5.2 柱坐标系	017
1.5.3 球坐标系	018
§ 1.6 复数初步知识	019
1.6.1 复数的引入	019
1.6.2 复数的表示	019
1.6.3 复数的运算	020
1.6.4 复数的应用	021
本章习题	022
本章参考文献	022
第 2 章 空间解析几何基础	023
§ 2.1 向量与坐标	025
2.1.1 向量的定义与运算	025
2.1.2 坐标系	026
§ 2.2 向量的内积、外积与混合积	028
2.2.1 向量的内积	028
2.2.2 向量的外积	030
2.2.3 向量的混合积	031
2.2.4 向量组的线性关系	032
§ 2.3 空间的平面与直线	032
2.3.1 平面	033

2.3.2	直线	034
§ 2.4	线性图形的度量关系	035
2.4.1	线性图形之间的位置关系	035
2.4.2	线性图形之间的距离	036
2.4.3	线性图形之间的角度	038
§ 2.5	坐标变换	039
2.5.1	矩阵及其运算	039
2.5.2	直角坐标变换	042
2.5.3	正交变换及其性质	044
§ 2.6	应用实例	046
	本章习题	048
	本章习题答案	049
	本章参考文献	049
第 3 章	微积分基础	050
§ 3.1	数列与函数的极限	051
3.1.1	数列的极限	051
3.1.2	映射的极限	055
§ 3.2	函数极限的基本运算	057
3.2.1	函数极限的表示	057
3.2.2	函数极限的四则运算法则	057
3.2.3	函数极限的复合运算	059
3.2.4	基本初等函数的局部表示	060
3.2.5	重极限	061
§ 3.3	函数的导数	062
3.3.1	函数导数的定义与表示	062
3.3.2	基本初等函数的导数	064
3.3.3	复杂函数导数的计算	064
3.3.4	高阶导数	069
3.3.5	微分	070
3.3.6	函数的极值	073
3.3.7	偏导数	074
3.3.8	梯度	076
3.3.9	全微分	078
§ 3.4	不定积分初步	079
3.4.1	不定积分	079

3.4.2	基本积分表	081
3.4.3	换元积分法	082
3.4.4	分部积分法	082
§ 3.5	定积分初步	083
3.5.1	定积分	083
3.5.2	牛顿-莱布尼兹公式	085
3.5.3	元素法	088
§ 3.6	多元函数的积分学初步	089
3.6.1	二重积分	089
3.6.2	三重积分	092
3.6.3	曲线积分	093
3.6.4	曲面积分	095
§ 3.7	微分方程初步	096
3.7.1	常微分方程	096
3.7.2	分离变量法	097
3.7.3	消元法	099
本章习题	.....	100
本章习题答案	.....	102
本章参考文献	.....	102
第 4 章	线性代数基础	104
§ 4.1	置换运算	104
§ 4.2	方阵的行列式	107
§ 4.3	行列式的展开表示	112
§ 4.4	方阵的逆阵	119
§ 4.5	克莱姆法则	127
本章习题	.....	130
本章习题答案	.....	130
本章参考文献	.....	130
第 5 章	大学物理基础	131
§ 5.1	物理方法概论	132
§ 5.1.1	物理模型	132
§ 5.1.2	数学方法	133
§ 5.1.3	实验方法	134

§ 5.2	大学物理基础	135
§ 5.2.1	知识体系概览	135
§ 5.2.2	单位制和量纲	142
§ 5.2.3	力学基础知识	148
§ 5.2.4	热学基础知识	162
§ 5.3	学习方法浅谈	167
§ 5.3.1	学习状态的调整	167
§ 5.3.2	学习方法的转型	168
§ 5.3.3	学习瓶颈的克服	168
§ 5.3.4	大学物理学习攻略	168
	本章习题	170
	本章习题答案	171
	本章参考文献	171

第2部分 程序设计基础

第6章	编程平台的下载与安装	175
§ 6.1	下载 DEV C++	175
§ 6.2	安装 DEV C++	175
第7章	Hello World 程序	178
§ 7.1	Hello World	178
§ 7.2	程序框架	179
第8章	基本数据类型及其运算	183
§ 8.1	基本数据类型	183
§ 8.2	变量	184
§ 8.3	数据运算	185
§ 8.4	输入输出	186
§ 8.5	应用举例：四则运算	188
第9章	选择结构	193
§ 9.1	关系表达式	193
§ 9.2	逻辑表达式	194
§ 9.3	if ... else ... 选择结构语句	195
§ 9.4	选择结构应用实例	196

第 10 章	循环结构	200
§ 10.1	while 语句	200
§ 10.2	for 语句	201
§ 10.3	嵌套的循环结构	202
§ 10.4	算法 1: 穷举法	203
第 11 章	编程与调试	207
§ 11.1	程序运行原理	207
§ 11.2	程序调试简介	207
第 12 章	数组	211
§ 12.1	数组的定义与初始化	211
§ 12.2	数组的输入和输出	213
§ 12.3	数组的查找、插入和删除	213
§ 12.4	算法 2: 二分查找	214
§ 12.5	算法 3: 选择排序	215
第 13 章	程序设置	220
§ 13.1	宏定义	220
§ 13.2	命令行参数	221
§ 13.3	随机函数	222
第 14 章	字符串	226
§ 14.1	字符数组与字符串	226
§ 14.2	字符串库函数	227
§ 14.3	应用举例: 字符替换	228
§ 14.4	应用举例: 子串查找	229
第 15 章	函数	232
§ 15.1	定义函数	232
§ 15.2	函数调用	233
§ 15.3	全局变量与局部变量	233
§ 15.4	应用举例: 二分法解方程	234

复旦先导讲义
数理基础与程序设计

第1部分 数理基础