

材料类专业中数理方法课程的改革与实践^①

程南璞

西南大学 材料科学与工程学院, 重庆 400715

摘要: 分析了目前材料类本科专业中数理方法课程存在的不足, 提出了该课程基于专业特点的内容设置和相应的教学方法及考核体系改革, 相应的教学实践表明, 此改革有利于提高学生的综合能力.

关键词: 数理方法; 内容设置; 教学方法; 改革; 实践

中图分类号: G642.4

文献标志码: A

数理方法虽然是物理专业的一门传统课程^[1-3], 但很多工科专业(如电子工程、通信工程、材料科学、土木工程等)本科生和研究生也将它作为专业必修基础课或限定选修课程^[4-5], 目的是为后继课程学习提供数学基础和工具, 巩固和深化所学数学知识, 培养学生的创新思想并锻炼学生应用数学工具解决实际问题的能力, 由此可见, 此门课程对专业发展极具重要性. 但随着社会发展和人才需求的变化, 各专业的课程体系和人才培养模式也应与时俱进地作相应的改革, 以适应专业特点和新形势下的培养模式^[6-10]. 本文根据材料类专业的人才培养特点出发, 指出目前数理方法课程内容设置的缺陷和后续课程的需要, 并针对性地优化数理方法课程内容和改革教学方法, 以期提高教学质量, 增强材料类专业学生的数学知识和应用数学工具的能力.

1 材料类专业数理方法课程存在的不足

1.1 教材内容设置针对性弱

在大多数高校的材料类专业中数理方法课程作为专业必修基础课程, 但由于目前并没有一本完全适合于材料类专业的数理方法教材, 大多数学校照搬物理专业的教材^[1-3], 用后感到不完全适应工科教学需要, 教师感到学时少内容多, 教学方式呆板, 不管板书或多媒体教学都不易掌握, 学生感到难度大, 不少教学内容陈旧, 特别是与材料类专业中的实际问题联系不紧密, 枯燥无味而失去学习兴趣. 由此导致的严重后果是: ①教师上课辛苦却没有效果; ②学生根本不知教师所云, 或是轻视此门课程, 认为工科专业用不着此类知识, 更不知道该课程内容对后续课程的重要作用; ③后续课程如量子力学^[11]、固体物理^[12]、金属学^[13]、材料物理^[14]等都需要数理方法课程作基础, 教师上课时要补充内容, 但学生根本不能将知识联系起来, 对这些课程望而生畏, 而对前面学习的材料科学基础课程^[15], 如热传导、原子扩散等内容, 并不能加深认识和巩固; ④学生不会用这门课程作为工具解决实际问题.

部分高校的材料类专业所开数理方法课程为了降低难度, 采用的教材去掉复变函数、傅立叶变换和拉普拉斯变换等内容, 只讲三大类方程的求解^[4], 仅就这一门课程看起来可行, 但学生学习后并不懂原理, 因为方程求解分别需要这些知识作基础, 同时后续量子力学、固体物理、材料物理等课程还需要这些知识作支撑, 因此这类教材给材料类学生用时内容显得苍白. 一小部分材料类专业的数理方法课程选用的教材更适合于电子、信息类专业^[5], 这类教材包含了复变函数、傅立叶变换、拉普拉斯变换、方程求解等内容, 特别是根据专业特点对傅立叶变换、拉普拉斯变换内容讲得很透彻, 但是所讲数理方程建立与求解部分就

① 收稿日期: 2010-06-08

基金项目: 西南大学平台课程建设项目和西南大学博士基金资助项目(SWUB2008019); 西南大学教育教改研究项目(2010JY001).

作者简介: 程南璞(1973-), 男, 四川泸州人, 博士, 副教授, 主要从事有色金属强化研究.

并不完全适合材料类专业。

1.2 教学方法不够灵活

在教学方法上，如果采用物理类教材时，逻辑推导严密繁杂，采用板书教学的多，部分成绩好的学生反映能很好地跟上老师的思维节奏，但很大部分学生因感到枯燥而不学。另一方面是内容多，在材料类专业中课时被压缩，常常是数理方程部分讲不完，为后续课程的教学遗留较大难题，致使知识结构衔接不上。如果采用其它如电子信息类的教材，则大多采用 PPT 教学，教师确实轻松了，但学生就像看电影，内容和方法都没能掌握，这种教学方法对学生的专业学习有害无益；工科专业的学生还被限制在课堂理论学习中，缺乏培养动手能力的环节。

1.3 考核体系单一

数理方法课程同其它一些课程一样，传统的评价体系是期末考试定终身，由考试来判定学生学习成绩的好坏、能力的大小，这是应试教育的具体表现，不利于素质教育，应该根据新形势下人才培养方式改革课程考核体系。

1.4 课程教学讲授教师的知识结构不适应

长期以来，毕业于工科类的老师不愿讲授数理方法此门课程，原因是数学基础知识要求高。数学专业的老师能讲授该门课程，却只能就事论事而与材料类专业特点联系不上，不知数学模型所体现的物理含义也不知道课程后续用处。物理类专业的老师讲授此门课程时，知识能力上是足够的，也能部分联系后续课程，但由于对材料专业和整个课程体系设置不熟悉，也会使教学质量大打折扣，这 3 种情况导致的后果是讲授教师感觉课程教学很难。由此看来，在材料类专业中讲授数理方法课程的老师在知识结构上要求高，既要懂数学和物理，又要懂材料科学，并且对材料类专业课程设置和知识结构体系要熟悉，即要求教师对各课程的关联性有清晰的认识。

2 课程改革

2.1 课程组织形式改革

在此课程初步运行的基础上，根据实际专业发展需要和学生特点，对教学大纲进行阶段性修订。在组织教学时原则以教学大纲为依据，通过课堂讲授、课后作业、实验教学(上机实验)和辅导答疑(习题课)等形式组织教学，并合理安排相应课时。此门课程过去没有实验教学环节，但现在已有部分教程考虑到了^[16-17]，尤其在材料类专业中，增加数学建模实验教学环节可提高学生的动手和解决问题的能力。

2.2 教学内容的调整

考虑到材料类专业要求与特点，教学内容的取舍必须适合专业需要，不能求全求难，应适当淡化传统内容，削减部分与材料类专业关联不大的内容而替换成适合材料专业的内容，课程总体内容按顺序仍然包含以下内容。

1) 复变函数：复数、复变函数、复平面、定义域、导数、解析函数、柯西-黎曼条件、拉普拉斯方程/调和函数、复级数、复变函数积分、柯西积分公式、柯西积分高阶可导性、留数定理。

2) 傅立叶变换：傅立叶级数、周期函数频谱意义、傅立叶积分变换的定义、傅立叶变换的线性性质、时移性质、微积分性质。

3) 拉普拉斯变换：拉普拉斯变换定义、拉氏变换的线性、时移、微积分性质。

4) 数理方程：波动、输运和稳定场三类方程的数学建模；一维(有界、无界、半无界)波动和输运方程的分离变量法求解、傅氏级数法、延拓法；二维拉氏方程分离变量法；一维波动和输运方程定解问题的傅立叶变换法和拉普拉斯变换法求解；三维拉普拉斯方程在球坐标下分离变量法求解欧拉方程、(连带)勒让德微分方程、(连带)勒让德多项式及性质、球函数；三维拉氏方程在柱坐标下分离变量法求解、贝塞尔方程和贝塞尔函数、虚宗量贝塞尔方程和虚宗量贝塞尔函数；三维波动方程和输运方程在柱坐标下分离变量法(亥姆赫兹方程)求解；三维波动方程和输运方程在球坐标下分离变量法(亥姆赫兹方程)求解、球贝塞尔方程和球贝塞尔函数。

5) 计算机软件仿真：考虑到工科专业一般都已开设数学软件 Matlab 或 Mathematica 课程(Matlab 方便于矩阵计算和作图，而 Mathematica 利于符号运算)，利用这两种数学软件比 Fortran 或 C 语言编程计算和画图更方便和直观，也更易于掌握，因此这部分包括：Matlab(或 Mathematica)语言的基本命令；傅立叶

变换法编程解方程;拉普拉斯变换法编程解方程;离变量法编程解方程.

在数理方程建模、例题设置、软件模拟展示方面都要取材于材料科学或工程中的实际问题,同时在教学内容上尽量保持系统性、完整性和知识结构的连贯性.

2.3 教学方法改进

在数理方法课程教学过程中,应处理好教学内容的基础性和创新性,既要确保基础性又要不断更新内容;既要保证课堂的教学质量,又要保证对不断膨胀的数学知识的学习;在保证运用课内书本知识的同时,又要确保紧密结合专业特点,使抽象的理论具体化,激发学生学习兴趣,便于学生理解和掌握、提高专业技能能力.

在复变函数部分需要讲清复变函数中解析函数、函数级数展开和复变函数积分,这在数理方程分离变量法求解中要用到.傅立叶变换要讲清变换原理,在傅立叶变换法求解数理方程中会巩固此方法,提醒学生傅立叶变换知识在材料分析方法中的应用,即电子衍射斑与原子级高分辨照片的转换原理和方法.拉普拉斯变换仍是讲清变换原理,在拉普拉斯变换法求解数理方程中会巩固此方法的应用,但要提醒学生此方法在量子力学和固体物理中还会用到.数理方程部分是重点内容,主要是波动方程、热传导(扩散)方程、稳定场方程求解,特殊函数只是不同条件下方程解的形式,这些内容是重点同时也是难点,后续课程还需要这些知识,在内容安排上注意分散难点,在例题与习题的选取上也尽量结合专业的实际情况,如波动方程以材料的振动试验、阻尼试验等为例,热扩散(传导)方程要以材料的热处理(热量传递、原子扩散等)过程为例,稳定场方程则要以材料在稳定的温度场(如材料保温、固溶处理等)、稳定电磁场(如熔体电磁搅拌、材料在电磁场中性质变化实验)、稳定力场(如材料在恒定力下拉、压试验)等为例,每章中的例题有详实的基本理论求解过程,同时有软件(Matlab 或 Mathematica)求解方法.

在具体教学上,复变函数、傅立叶变换、拉普拉斯变换这些基础内容要以板书讲授为主并伴随软件求解例题.在讲授数理方程时,方程的建立(数学建模思想)和解的理论推导以多媒体为主,板书为辅(板书给出逻辑思路过程,而多媒体可节省书写繁杂公式的时间),引进软件手段求解方程例题,教会学生将问题步骤化,学会软件工具.还要开设此门课程的上机实验课,学生以软件求解例题,再求解布置的作业题.实验课是开放性的,允许学生根据专业知识进行数学建模,并用软件解决一些专业上的实际问题.整个教学方式的设置不但要加强学生对数学中抽象概念的直观认识,还要提高学生运用数学和计算机解决实际问题的能力,激发学生对此课程的兴趣,诱导学生解决更广泛的问题,克服后期学习量子力学、固体物理、材料物理等课程的畏难情绪.

数理方法课程讲授教师尽量能熟悉大学数学、大学物理和材料科学中的专业知识,对材料类专业的整个课程设置和内容要熟悉,最好还要学会数学软件,这样才能更好地将材料科学中的实际问题联系起来并模型化和具体化,才能很好地向学生传达此课程的作用,激发学生的学习兴趣.

2.4 改进考核方法

传统的评价体系是期末考试或者附加一次中期检查来判定学生学习成绩的好坏、能力的大小,这是过去应试教育的表现,在当前素质教育的条件下我们要力求改变传统的评价体系,采用综合评价体系.数理方法课程知识点较多,因此对这门课程考核主要有平时作业、计算机实验和考核、期中考试(复变函数、傅立叶变换和拉普拉斯变换)、期末考试(数理方程求解)等 4 个部分,考核内容与学习时间呈阶段性,这样就减轻了学生的学习压力和负担.此外,还要在教学中鼓励学生根据材料专业特点提出一些数学物理模型,利用已学知识分析求解,锻炼其解决实际问题的能力.学生最后成绩的评定则根据参与教学活动的程度、作业完成情况、计算机实验、中期中期末卷面考试成绩等综合评定.

3 实践与效果

2005 年前,本校材料类专业学生所用教材是四川大学梁昆森所编《数学物理方程》,同时参考北京大学吴崇试所编的《数学物理方法》,应该说这都是经久不衰的好教材.但在当前大学已成为大众教育的情况下,很多学生反映课程内容较多较难,同时部分内容与材料类专业结合不紧密,其结果是理论基础好的学生学得很好,而理论基础稍逊的学生则死记硬背,教学效果不理想.2006—2007 年试图采用难度较小的西安电子科大所编的《数学物理方法》教材,该教材中有计算机仿真这一特色内容,但课程缺复变函数、傅立叶变换和拉普拉斯变换的基础理论部分,数理方程和特殊函数部分内容与材料类专业结合不紧密,学生知

识衔接不上,同时不知课程将来用处,学习积极性仍然低.2008年采用西安交通大学教材《数学物理方法》,该教材针对非数学理工专业,复变函数、积分变换(傅立叶变换和拉普拉斯变换)基础内容难度适中,不足则是数理方程部分相对材料类专业内容不足,例题太少,且缺乏计算机仿真内容,学生反映基础知识还可以,但解决实际问题的能力有待提高.在2009—2010年,则根据该课程存在的问题修改教学大纲,将课程内容有机结合、教学方法适用化、考核体系综合化.具体做法是:课程组织由讲授、上机实验、习题课和讨论答疑构成,课程内容上复变函数和积分变换保留后续课程必需的内容并简化,数理方程模型的建立则基于一些材料科学中的实际问题,并形成自己的授课讲义;上机实验参考文献[17]的一些例题,采用Mathematica软件求解方程,将理论结果与材料科学中的一些实验比较,并形成自己的实验课讲义.学生最后成绩评定包含出勤、课后作业、上机实验、中期末和期末考试等方面.此两届学生听课情况反映出他们知识点结合得上,课后作业和讨论课表明绝大多数学生能掌握知识点,而上机实验也能很好反映部分学生有很强的解决实际问题的能力.经过这几年的不懈努力和完善,基本解决了材料类专业中数理方法课程的知识框架、教学方法、考核评价等存在的问题,且取得了较好的成效.

参考文献:

- [1] 梁昆森. 数学物理方法 [M]. 3版. 北京:高等教育出版社,1998.
- [2] 吴崇试. 数学物理方法 [M]. 2版. 北京:北京大学出版社,2003.
- [3] 冉扬强. 数学物理方法 [M]. 重庆:西南师范大学出版社,2008.
- [4] 张民,罗伟,吴振森. 数学物理方法 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.
- [5] 刘峰,申建中. 数学物理方法 [M]. 西安:西安交通大学出版社,2008.
- [6] 季孝达,汪芳庭,陆英. 数学物理方法课程建设的设想和实践 [J]. 教育与现代化,2004(1):34—37.
- [7] 隆寅. 数理方法课程教学改革探讨 [J]. 河池学院学报,2009,29(2):44—45
- [8] 刘国光,卢民强. 数学物理方法教学内容改革的探索 [J]. 大学物理,2004,23(6):59—62
- [9] 林周布. 数学物理方法在工科电类专业课程教学中的应用 [J]. 电气电子教学学报,2006,28(2):102—106.
- [10] 谢广喜. 工科数理方法课程教改探索 [J]. 物理与工程,2003,13(1):49—51.
- [11] 周世勋,陈灏. 量子力学教程 [M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2009.
- [12] 黄昆,韩汝琦. 固体物理学 [M]. 北京:高等教育出版社,1988.
- [13] 胡德林. 金属学原理 [M]. 西安:西北工业大学出版社,1995.
- [14] 熊兆贤. 材料物理导论 [M]. 2版. 北京:科学出版社,2007.
- [15] 余永宁. 材料科学基础 [M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [16] 彭芳麟. 数学物理方程的MATLAB解法与可视化 [M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [17] 张隽. 数学物理方程与Mathematica软件应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2008.

Innovation and Practice of Methods of Mathematical Physics in Material Specialty

CHENG Nan-pu

School of Materials Science and Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: This paper analyzes the shortages and problems in the current teaching of Methods of Mathematical Physics in material specialty. Based on the characteristics of material specialty, the contents of the course are set and reforms of the teaching method and assessment are introduced. The teaching practice approves the innovations help to improve the comprehensive abilities of students.

Key words: methods of mathematical physics; content settings; teaching methods; innovation; practice