

微分方程数值解课程教学的实践与探索

唐玲艳, 屈田兴

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 以微分方程数值解课程自身的特点和教学中所面临的问题为出发点, 根据多年来关于该课程教学改革与课程建设的实践, 从教学内容的选择, 第一堂课的讲授, 教学方法和手段的应用, 及以科研促教学等方面介绍了微分方程数值解课程的教学实践。

关键词: 微分方程数值解; 专业课; 学生兴趣; 启发式教学

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2010)02-0096-03

Practice and Exploration on Curriculum Teaching of Numerical Solution of Differential Equation

Tang Lingyan, Qu Tianxing

(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Starting with the curricular characteristics of numerical solution of differential equations and the problems during teaching, on the basis of the long-term practice in the curriculum's reform and construction, introduced the teaching experiences from the following aspects: the choice of course's content, the teaching of the first class, the application of teaching methods as well as the promotion of scientific research to teach.

Keywords: numerical solution of differential equation; professional course; students' interest; the heuristic method of teaching

实际工程问题中的大量数学模型都可以用微分方程来描述, 很多近代自然科学的基本方程本身就是微分方程。例如, 在流体力学中, 边界层和湍流等多种现象都可以通过统一的 Navier-Stokes 方程来描述。绝大多数微分方程(特别是偏微分方程)定解问题的解不能以实用的解析形式来表示, 而必须通过近似方法求解, 包括借助计算机进行数值求解^[1-2]。微分方程的数值解法是数值分析的重要组成部分, 随着计算机技术的不断发展和计算机应用的日益普及, 它越来越受到人们的重视, 已成为解决许多科学和工程问题的有效手段之一。微分方程数值解作为一门专业基础课程, 主要在大学计算数学、应用数学专业及相关专业的高年级本科学员中开设, 重点讲授常微分方程的数

值解法、偏微分方程的有限差分方法和有限元方法。旨在通过本课程的学习, 使学生掌握微分方程数值解的基本理论和方法, 了解如何使用计算机来解决一些微分方程的定解问题。

1 课程特点及教学所面临的问题

从内容设置上来讲, 微分方程数值解是数值分析系列课程之一, 隶属于数学与计算机科学的交叉领域, 兼有这两门学科的基本特征, 既有数学的抽象性与严密性, 又有计算机科学的实践性与技术性。粗略地说, 课程的内容包括2个部分: 连续模型的离散化和离散系统的稳定、高效、高精度求解。与一般计算类课程一样, 该课程注重算法的设计, 误差、稳定

收稿日期: 2009-09-24

通信作者: 唐玲艳(1980-), 女, 湖南永州人, 国防科学技术大学教师, 博士, 主要研究方向为偏微分方程数值解,

E-mail: tanglingyan@yahoo.com.cn

性和收敛性分析, 以及算法的计算机实现。同时, 该课程作为高年级本科学员的专业基础课还具有以下的特点: 1) 难度更大, 学习方法不易把握; 2) 专业性更强, 与实践结合紧密; 3) 知识面跨度更大, 需要广博的基础理论知识。

从课程教学的实施上看, 微分方程数值解课程是计算数学、应用数学及相关专业本科学员大学最后阶段的教学内容。一方面, 学生经过前期的基础课学习, 已掌握本领域的基础理论知识和应用技能, 从而为教学工作的开展创造了条件。另一方面, 由于本课程的授课对象主要是高年级学员, 学生同时面临考研、就业等压力, 难免分散精力。特别是一些基础知识掌握不够牢固的同学, 此时突然接触到大量繁琐的公式和晦涩难懂的专业术语, 可能会产生畏难和厌学心理, 学习情绪低落, 学习效果甚微。

2 课程教学的实践与探索

针对上述分析结论, 该课程的授课教师在教学内容、教学方法、教学手段等方面进行了一系列的探索实践, 旨在充分调动学生学习的积极性, 吸引他们全身心地参与到教学过程中来。

2.1 合理选择教学内容, 突出重点, 以点带面

随着高等教育厚基础、宽口径培养模式的实施, 培养计划中专业课学时大幅缩减^[3]。目前, 国防科学技术大学微分方程数值解课程为40学时, 教材采用南开大学胡建伟、汤怀民教授编写的《微分方程数值方法》。该教材设计的讲授时间约为100学时, 为了在较短的时间内向学生展现微分方程数值解法的概貌, 同时保证他们在今后的学习和科研工作中能够做到举一反三、灵活运用, 授课教师对该课程的教学内容进行了合理选择, 力求突出经典算法的构思和具有特色的误差分析理论。

偏微分方程的差分方法是微分方程数值解课程教学的重点, 而常微分方程的数值解法相对简单, 但考虑到学生刚接触本门课程, 对其中的方法和理论还不太熟悉, 授课教师仍安排了较充裕的时间详细讲解, 以便学生在不太高的起点上循序渐进地学习。例如, Euler法是常微分方程数值解4讲中的重点, 该方法虽简单, 却包含了本课程将研究的几乎所有内容, 甚至可以说“一通百通”。从构造上看, Euler法既可通过差分法(用差商代替微商)构造, 又可通过积分插值法(方程两端积分之后用左矩形公式近似积分)构造, 对该方法的收敛性、截断误差与稳定性分析有利于学生了解本课程的基本概念和理论。而本章的另外2种经典方法: Runge-Kutta法和线性多步法也可分别看成基于“函数复合”和“线性组合”思想对Euler法的推广。如此一来, 教学内容的组织条理清晰, 学生在学

习过程中也不会显得被动。

2.2 讲好第一课, 激发学生学习的兴趣

俗话说“好的开始是成功的一半”, 第一堂课的讲授是调动学生学习兴趣的关键一步。学生来上专业课之前, 心里通常带着些疑问, 如功利性质的问题有“这门课有用吗? 这些知识在我今后的学习和工作中会用到吗? 它们值得我花精力来学习吗?”或者畏难性质的问题有“这门课难吗? 它与前面课程的联系紧密吗? 我能够把它学好吗?”在第一堂课里, 教师除了要用自身对本专业的热爱去感染学生, 激发他们的学习兴趣之外, 还要负责解答好这些问题^[4]。总的来说, 第一堂课里必须要讲清楚2件事情: 1) 本课程在整个课程体系中的地位如何, 课程的背景如何, 所学知识能够解决哪方面的实际问题; 2) 本课程将具体介绍哪些内容, 重点是什么, 应该采用什么样的方法进行学习。通常, 授课教师在第一堂课会拿出一段时间来给学生介绍课程的基本情况, 包括工程背景、主要特点、具体教学内容、学时安排和学习方法等。以流体力学中的计算为例, 向学生展示科学与工程计算实际中对本课程知识的迫切需求, 大量生动的图片和工程案例使学生认识到本课程的重要性, 以此调动学生的学习兴趣, 为后续教学活动的开展创造良好条件。

2.3 应用启发式教学, 培养学生的自主探究能力

启发式教学是教师根据教学目标和所用教材, 从学生的知识基础、心理特点和接受能力出发, 通过教与学的互动, 发挥双方的积极性和各自的特殊作用, 充分调动学生的主动性、创造性的一种教学思想^[5]。事实上, 经过前期公共基础课的学习, 学生的综合素质已经获得全面提升, 这就好比有源之水, 只要教师诱导得当, 必能汇聚成涓涓细流。

微分方程数值解是一门比较精深的专业基础课程, 理论多而杂, 推导过程也非常枯燥。同时又是一门与实践联系紧密的课程, 只有通过实际地编程计算才能领会和理解各种方法的计算要领和步骤。鉴于此, 在教学过程中较多地应用了课堂提问式启发和课后实习式启发, 教师站在学生背后, 协助他们去发现问题、解决问题, 培养其自主探究能力。

在上课之前, 授课教师通常会根据教学内容设计出一系列问题。为保证提问具有针对性、能引起学生共鸣, 问题的选取需围绕教学重点, 具有多个层次。一般来说是由简单到复杂, 由对旧知识的复习到对新知识的探索, 这样有助于在课程的开始就抓住学生的注意力, 并逐渐引导他们去发现问题、解决问题, 甚至在课程结束后学生还能积极思考。以分离变量法的讲解为例, 这部分内容理论性较强, 为了活跃课堂气氛, 调动学生的积极性, 授课教师设计了一系列的问题。分离变量法是基于Fourier级数的稳定性分析方法, 因

此在课程开始后可先询问学生“Fourier级数的形式如何?”“什么样的函数可进行Fourier级数展开?”“Fourier级数具有什么样的特征?”这些问题一般都能获得热烈的回答,同时也调动起学生的情绪,增强了他们的信心。学生感觉到这些理论并不陌生,学习起来就有了积极性,在此基础上,可顺利地推导出一维空间的判稳条件。此时询问学生:“该方法对多个空间变量的情况也同样适用吗?”只要给予必要的提示,大部分学生都能独立地推导出结论。进一步将该方法应用于三层格式,发现其失效后及时地反问学生:“该方法不能应用于两层以上的格式吗?”从而引导学生逆向思维,推出分离变量法在新情况下的变形。这样以一系列的问题将教学内容连贯起来,用课堂的热烈提问和积极思考弥补教学内容枯燥乏味的不足,取得了很好的教学效果。

2.4 以多媒体技术辅助教学,增添课程的趣味性与实用性

微分方程数值解课程的内容多而难,算法、定理繁而杂,是一门公认的较难的课程。传统的教学模式主要通过“黑板+粉笔”来进行算法推导和误差分析,大量信息和频繁的板书既增添了说明问题的难度,又延缓了教学进度,且容易使学生失去学习的兴趣和信心,给老师教学和学生理解造成了很大的困难。因此,我们在黑板板书之外还选择了多媒体课件辅助教学。为避免影响学生的逻辑性思维,算法和定理的推导过程仍然使用黑板教学,多媒体课件则主要由一些叙述性内容,如定义和定理的叙述、公式的描述、结论、总结、及图表、动画等组成。同时,为避免出现幻灯片更换速度过快,学生只能被动接受、机械记忆的问题,原则上1堂课(2学时)所对应的幻灯片数量控制在15张以内,这要求教师在备课时对教学内容加以区分,以保证板书与课件的有效结合。

从教学实施情况来看,这种做法不仅可加大课堂容量,提高教学效率,而且可用图形和动画等表现形式吸引学员的注意力,增添课程的趣味性与实用性。比如,双曲型方程的解沿特征线传播,因此在格式构造上必须采用迎风的思想,为加深学员印象,可通过Matlab计算并绘出偏心格式和中心差分格式的结果图形,让他们有直观的认识。

2.5 以科研促进教学,培养学生的创新能力

微分方程数值解不仅是一门专业课程,也是计算数学领域的重要研究方向,其理论和方法紧贴大规模科学与工程计算的应用需求,且仍在不断发展。然而,课程教材往往重点阐述一些经典、常用的数值方法,

以展示微分方程数值解课程的基本思想、概念和理论,带有一定的基础性,无法回答所有问题。因此,该课程的教学绝不能仅仅局限于一、两本教材,而是应该教给学生本领域的基本研究方法和思想,培养和提高他们的自学能力。因此,教师要善于总结和积累科研的前沿成果和研究动态,将教材中来不及反映的最新发展动态补充到教学内容中去,以吸引学生的兴趣,培养他们的创新能力。

3 结语

本文综合分析了微分方程数值解课程的特点与教学中所面临的问题,指出只有充分调动起学生学习的积极性,吸引其全身心地参与到教学过程中来,本课程的教学才能取得好的效果。笔者在教学理念、教学内容、教学方法和手段等方面进行了一系列的实践与探索,取得了一定的成效。

参考文献:

- [1] 胡健伟,汤怀民.微分方程数值解[M].2版.北京:科学出版社,2007.
Hu Jianwei, Tang Huaimin. Numerical Solution of Differential Equations[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2007.
- [2] 林群.微分方程数值解法基础教程[M].2版.北京:科学出版社,2000.
Lin Qun. Basic Course of Numerical Solution of Differential Equations[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2000.
- [3] 涂自力.专业课教学中发挥学生主体作用的探索[J].高教论坛,2005(6):84-86.
Tu Zili. Exploration of Main Affect of Students in Specialized Course Teaching[J]. Higher Education Forum, 2005(6): 84-86.
- [4] 张宏伟.注重培养研究能力的《微分方程数值解法》课程教学研究与实践[J].大学数学,2006,22(6):4-6.
Zhang Hongwei. The Research and Practice on Enforcing the Development of Students' Study Ability in the Teaching of Numerical Solution of Differential Equations[J]. College Mathematics, 2006, 22(6): 4-6.
- [5] 张学龙.大学专业课开展启发式教学的探讨[J].中国成人教育,2007(3):139-140.
Zhang Xuelong. Exploration of Heuristic Teaching Method in Specialized Courses of College Students[J]. China Adult Education, 2007(3): 139-140.

(责任编辑:李玉珍)