

# 优化计算物理课程设计的探索与实践

喻凤梅, 左广霞, 许鹏  
(西安高技术研究所, 陕西 西安 710025)

**[摘要]** 课程设计是将课程理论转化为课程实践的重要环节。文章以硕士研究生计算物理课程为例, 在分析计算物理课程特点的基础上, 从教学内容的选取、资料的选择、时间的分配、模式的设置及考核机制的建立五个方面探讨了优化计算物理课程设计的思路和方法。

**[关键词]** 计算物理; 课程设计; 优化

**[中图分类号]** G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2014)01-0028-03

## Exploration and Practice on Optimization of Computational Physics Curriculum Design

YU Feng - mei, ZUO Guang - xia, XU Peng

(Xi' an Research Institute of Hi - tech, Xi' an 710025, China)

**Abstract:** Curriculum design is a significant part of transforming theory of curriculum to curriculum practice. Taking curriculum of computational physics for postgraduate students for example, trains of thought and methods of optimization of computational physics curriculum design will be discussed on base of analysis for characteristics of computational physics curriculum in five aspects: selection of content of courses, option of materials, allocation of time, setting of models, and establishment of evaluation mechanism.

**Key words:** computational physics; curriculum design; optimization

计算物理学是以计算机及计算机技术为工具和手段, 运用计算数学的方法, 解决复杂物理问题的一门学科。<sup>[1]</sup> 计算物理课程已成为许多高校原子核物理、粒子物理、物理化学、材料科学、工程物理等专业本科生的必修课和研究生的选修课, 在培养学生科学素质、提高研究能力上有着其他许多课程不可替代的作用和优势。多数的研究生选修计算物理课程的初衷往往是后续课题研究需求牵引或兴趣所在, 但计算物理知识点较多, 实践性较强, 学时数有限, 教师需要依据课程自身的特点、针对具体的教学对象优化课程设计, 以求达到最佳的教学效果。本文主要针对核科学与技术学科的硕士研究生计算物理课程的优化设计进行探讨。

### 一、计算物理课程特点分析

计算物理学作为新兴的学科分支是物理学、数学在过去百余年来取得巨大成就的基础上, 伴随着计算机科学近几十年来突飞猛进的发展而逐步发展起来的, 融合了计算机技术、数学和物理学各学科的优势, 形成了自身的特点。

#### (一) 多学科交叉融合

计算物理学研究的对象是物理学问题, 是用现代计算技术武装起来的“实验的”理论物理学和“虚拟的”实验物理学。<sup>[2]</sup> 一方面, 它依据理论物理所提供的原理和数学方程, 为理论物理研究提供计算数据, 其结论还需要理论物理来分析检验。另一方面, 计算物理可以帮助实现数据的自动化获

**[收稿日期]** 2013-08-28

**[作者简介]** 喻凤梅(1965-), 女, 湖北武穴人, 西安高技术研究所副教授, 博士, 主要研究方向: 辐射防护及环境保护。

取、实验设备的控制、实验数据的分析、物理系统的模拟等。计算物理在服务和促进理论物理和实验物理快速发展的同时，利用其本身技术，人们不断建立新概念，并发现一系列新的物理现象，从而实现计算物理解、发现和预言新物理现象的目的。

计算物理学运用的方法是计算数学。它需要利用基础数学理论，运用先进的计算技术进行大规模数值模拟和分析。但计算物理中更强调的是数学方法的灵活和合理运用，同时又能反映所求物理问题的精髓和实质。例如在物理问题微分方程的数值解法中，从数学角度看，高阶的方法总是优于低阶的原始方法，但从物理的角度看，实际的物理问题未必总存在高阶导数，采用高阶方法有时往往得不出希望的结果，而采用低阶方法却有明确的物理意义。计算物理学的方法还常受到物理问题本身的启示，可利用某些物理现象的直观规律来建立新的计算方法。<sup>[3]</sup>

计算物理学采用的工具和手段是计算机技术。利用电子计算机，可以大大缩短可解析解的计算时间，可以对那些大量没有解析解的非线性方程进行数值计算，可以帮助采集和处理数据、实现自动测量以及模拟实验。计算物理学通过计算机开展数学实验建立崭新的物理概念，获得新的物理发现。可以说，计算物理学的形成和发展离不开计算机技术，同时也直接促进了计算机技术的飞速发展。

总之，计算物理学的建立、发展和壮大离不开物理学、计算机技术、数学的支撑和融合，它是一门利用当前发达的计算机技术和成熟的数值计算技术，结合理论物理和实验物理的结果，开拓人类认识自然的新方法的交叉学科。因此，计算物理是一门对学习对象的物理学和数学水平、计算机编程能力有一定要求的课程。

### （二）研究内容广泛

计算物理学起源于上世纪40年代，形成于上世纪60年代，现在正以其广泛的应用和迷人的前景，日新月异蓬勃地发展着。计算物理形成后，它的研究工作和应用迅速扩展到物理学的各个领域。原则上讲，凡是没有被充分认识的自然现象，只要是局部瞬时的物理规律已知（或被假定），都可以借助于计算机的高速度与大存贮量求得大范围、长时间的物理规律，都属于计算物理学的研究领域。<sup>[4]</sup>计算物理研究内容涉及统计物理、量子力学、流体力学、核粒子运动、核物理、天体物理、固体物理、等离子体物理、原子与分子散射、地震波、地球物理、射电天文、受控热核反

应和大气环流等方面的物理问题，甚至在国民经济的各部门（如气象、水利、海洋、地震、地矿、化工、建筑、能源、医学等）计算物理都能发挥重要的作用。<sup>[5]</sup>因此，计算物理是一门研究内容十分广泛的课程。

### （三）实践性较强

计算物理学通过数值分析与实验数据处理、计算机模拟、计算机符号处理等不同的研究方法解决各种复杂的物理问题，这些过程的实现均需要借助计算机的实际操作来完成。它随着计算机技术的产生而诞生，随着计算机技术的发展而进步。离开了这样的实践过程，只能是“纸上谈兵”，不能体现该学科的实质和内涵，也无法发挥其独特的作用。从某种程度上说，所谓计算物理就是借助于计算机专门针对物理问题的数学实验，因此，计算物理是一门实践性很强的课程。

## 二、优化计算物理课程设计探讨

计算物理课程作为核科学与技术学科硕士研究生的选修课程，学生们自身的物理、数学、计算机知识基础普遍较好，学习能力较强。但学习时间有限，选修目的明确（多数是后期研究项目需求所致，少数是兴趣所在），人数较少。课程设计应在教学大纲的框架下，针对具体的教学对象，以教学效果最优化为目标，将教学诸要素有序、优化地安排，形成最佳的教学方案。

### （一）教学内容的选取

计算物理的内容广泛，在有限的时间内不可能也没必要面面俱到，适当地取舍教学内容是保证教学效果的前提和基础。

一是制定与每个学生实际情况相符的教学计划。作为研究生的选修课，学习人数少，依据各自的学科背景和研究课题为每个人“量身定做”选取教学内容是切实可行的，也是教师在开课之前必要的工作。“量身定做”的原则既要满足教学大纲需求，又要兼顾学生的需求、兴趣和未来发展，让他们感受到学有所需、学有所用，对学习的过程有着美好的期待、对学习的效果有着充分的信心，使每个学生的学习效果均达到各自的最大化。

二是突出教学重点。计算物理课程教学内容包括数值计算、计算机模拟、实验数据处理、计算机符号处理等多方面的知识。针对核科学与技术学科的学生，应把计算机模拟作为教学的重点，如蒙特卡洛方法、分子动力学方法，它们都是核科学与技术学科科学研究经常采用并已取得大量研究成果的

方法,往往也是学生后续课题研究需要掌握的方法。同时应将一些典型的、有实验结果的、学生自己想解决的、与研究项目相关的例子作为教学实践的对象,让学生在解决一个个物理问题的同时体会到课程学习的作用和效果,树立自信心,提高科学研究的能力。

### (二) 教学时间的分配

计算物理课程时间的合理分配应该体现在两个方面:一是各部分内容教学时间的科学分配。教学的重点部分如蒙特卡洛模拟方法和分子动力学方法,特别是蒙特卡洛模拟方法应安排相对较多的教学时数;偏微分方程的数值求解方法可以帮助学生理解分子动力学方法和扩展蒙特卡洛模拟方法的应用范围,但对研究生来讲,容易理解和掌握,可适当安排一定的教学时间。至于其它的教学内容花费少量的教学时间给学员做些介绍即可。这种根据需求、精泛结合地分配教学时间,使学员既能学有所需又能扩大知识面,保证教学效果。二是合理分配理论教学与实践操作时间的相对比例。计算物理是一门实践性很强的课程,上机练习是加深学生理解和运用所学知识的不可或缺的重要环节。研究生理解和自学能力较强,教师的理论讲解应重点放在难度较大的内容上,加大上机实践时间,提高学生运用所学知识解决问题的能力。

### (三) 教学模式的设置

教学有法,教无定法,贵在得法。任何课程的教学模式都应根据学生的心理、认知和接受特点,结合教学内容科学地设计。计算物理授课对象是硕士研究生,经过十几年的学习生涯,更多接受的是一种“教师讲、学生听”的被动学习模式,更希望感受一种主动学习的过程,仅仅采用基于教材的课堂讲授模式很难激发学生的学习兴趣,教师应精心设置多种形式的教学模式。一是加强实践性环节。实践性内容的设置不应只是课后的练习,更应鼓励学生结合各自的研究课题或感兴趣的问题开展探究式学习,让他们在完成任务的同时使科研水平和创新能力得到提高。二是适时开展案例式教学。教师可提炼一些与计算物理课程联系紧密的科研成果形成教学案例,开展研讨式教学,让科研成果在教学中得到转化应用。三是鼓励学生更多地参与到教学中。对一些简单的内容(如有限差分法)可以让学生制作课件讲解,老师有针对性地点评;计算物理有许多成熟的软件,如蒙特卡洛计算软件MCNP、GEANT4,可以让一些有需求或感兴趣的学生通过自学将他们的学习心得与大家分享;还可

让学生通过查阅资料介绍计算物理的最新研究成果,让他们在了解学科前沿的同时,文献调研能力得到提高。

### (四) 考核机制的建立

课程考核作为教学活动的的一个重要环节,不仅要重视知识要点的掌握,更应突出应用能力、创新能力的评价,建立科学的考核机制。计算物理课程作为一门实践性很强的研究生课程,有必要改变传统的“三个一”考核模式,即一份试卷、一次考试、教师单方面评判,实行“二全一多”的考核形式。所谓“二全”一是指将教学的全过程纳入考核范畴,使课程考核过程化、经常化;二是指参与教学活动的全体人员参与评价,即实行教师对每位学生进行评价、学生自评与互评相结合。“一多”是指实施多元化的课程考核方式,如从期末考试、平时上机作业、大作业、小论文、课堂讨论、参与教学、文献调研等多方面对学生成绩进行综合评判,通过设置不同的权重,突出应用能力和创新能力的评价。总之,把考核有机融入教学全过程,实施“教、学、考”结合,形成“教、学、考”互动,调动学生学习积极性。

## 三、结束语

同其它所有课程一样,计算物理课程应以学生为中心开展课程设计。计算物理课程教学内容的选取既要根据专业特点有所侧重,又要满足学生的需求、兴趣和发展;教学资料的选择应突出“新”和“精”;围绕“加强重点内容、强调实践性环节”科学分配教学时间;从引导学生主动式学习设置多种教学模式;全程量化,建立客观、科学的考核机制。总之,计算物理课程的设计涉及教学活动的诸多方面,是一个动态的变化过程,应以培养学生综合能力为目标,在教学大纲的框架下,随着计算物理学的发展而变化,随着授课对象的不同进行调整。

### [参考文献]

- [1] 马文淦. 计算物理学[M]. 北京:科学出版社,2006:1-4.
- [2] 倪军,刘华. 计算物理前沿及其与计算技术的交叉[J]. 物理, 2002,31(7):461-465.
- [3] 陈锺贤. 计算物理学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版, 2001:1-5.
- [4][5] 张锁春. 介绍“计算物理”发展概况[C]. 秦山:中国核学会,2004:1-14.

(责任编辑:卢绍华)