

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2011.S0.009

研究生《激光等离子体相互作用原理》专业课程 创新教学模式探索

马燕云

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 介绍了国内激光等离子体相互作用课程的教学情况、教材使用情况, 国防科学技术大学理学院在该课程的教学中所进行创新性教学模式探索实践和所取得的成效。最后总结了教学改革和人才培养的经验, 对其它研究生课程建设具有一定的参考价值。

[关键词] 研究生专业课程; 激光等离子体相互作用; 创新型教学模式

[中图分类号] G642 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2011)S0-0026-04

Exploration on the Innovative Educational Mode of the Graduate Course of the Principle of Laser Plasma Interactions

MA Yan-yun

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

Abstract: The teaching and the use of the text book of laser plasma interactions are introduced. Then exploratory research and effects on the innovative educational mode in the College of Science, National University of Defense Technology are presented. Finally, we summarize the experience of the innovative educational mode and talent cultivation. It is earnestly hoped that our study will be helpful for the development of the other courses for graduate students.

Key words: professional course for graduate students; laser plasma interactions; innovative education mode

一、激光等离子体相互作用概况

激光等离子体相互作用物理是近几十年发展起来的等离子体物理学的一个重要分支。它研究激光等离子体的产生, 激光在等离子体中的传播、吸收, 波的激发和各种参量的不稳定性过程, 激光与等离子体作用过程中的电子加速、离子加速以及各种辐射的产生等物理问题。涉及波一波、波-粒子的多模、多粒子非线性相互作用^[1]。伴随着激光聚变和超短脉冲强激光的飞速发展, 激光等离子体相互作用物理的内容越来越丰富, 而且还在不断发展中。激光等离子体相互作用物理是强场物理的主要研究内容, 不仅对激光聚变和 X 光激光有实际意义, 对激光推进等涉及激光等离子体相互作用的其它领域也有重要作用。

《激光等离子体相互作用原理》是为我校等离子体物理专业激光与聚变等离子体研究方向研究生开设的必修课程, 讲授激光等离子体相互作用的主要研究方法、基本

理论和其中的主要物理过程, 通过学习激光与等离子体相互作用的研究背景、基本原理、基本方法, 激发学生的专业学习兴趣, 让学生掌握基本的研究方法(特别是粒子模拟方法), 为课题研究奠定专业基础。

二、国内激光等离子体相互作用物理教学情况

作为一门新兴的交叉学科, 激光等离子体相互作用物理一般依托优势学科或者优势科研项目开展学科建设和人才培养, 主要面向研究生开设课程, 其教学内容与其所依托的学科或者科研项目有着直接而密切的关系。激光等离子体相互作用物理是激光和等离子体物理的交叉, 国内高校一般依托光学(或光学工程)专业或者等离子体物理专业开设该课程。如我校激光等离子体相互作用物理在 2004 年光电学院成立之前, 一直依托理学院光学工程学科开展课程建设和人才培养, 在 2004 年之后依托理学院物理学一级学科下的等离子体二级学科开展课程建设和人才培养。

[收稿日期] 2011-07-22

[作者简介] 马燕云(1974-), 男, 新疆库尔勒人, 国防科学技术大学理学院副教授, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为激光与聚变等离子体。

国内《激光等离子体相互作用原理》同名或者类似的研究课程建设存在一些共同特点: 主要为激光核聚变或者强场物理的研究服务; 均为研究生开设, 一般为 36 学时。

作为一门新兴的交叉学科, 国内开设《激光等离子体相互作用原理》同名或者类似的研究课程的单位不多, 国内主要大学和研究机构的教学情况如下:

中国工程物理研究院研究生部为研究生开设《激光等离子体相互作用物理与模拟》, 以张家泰的《激光等离子体相互作用物理与模拟》为教材, 听课的学生除了中国工程物理研究院的学生外, 还包括中国科学院物理研究所强场物理研究组的学生。

哈尔滨工业大学开设研究生课程《激光等离子体原理》, 课程的教学内容包括: 等离子体的基本概念和等离子体研究的基本方法; 激光以及超短脉冲激光与固体靶相互作用产生的等离子体的基本特性、物理现象以及强场物理现象; 气体放电产生的等离子体和以等离子体作为活性介质工作的气体激光器。课程目的是通过课程的学习使学生了解等离子体的基本概念和等离子体研究的基本方法, 熟悉激光产生的等离子体的基本特性、物理现象、气体放电产生的等离子体和以等离子体作为活性介质工作的气体激光器。

北京师范大学核科学与技术学院开设《激光等离子体相互作用物理》课程, 所服务的科研方向是强场物理, 该校主要研究激光尾波场加速电子和超强激光等离子体加速离子。

南京理工大学依托理学院激光与应用技术研究所和基础科学研究所与瞬态物理国家重点实验室, 在等离子体学科下建设“激光等离子体物理学”专业研究方向, 为该方向的研究生开设《激光等离子体物理》课程。该专业方向主要研究如何使用较小的激光能量或功率达到最佳的激光加工、治疗或毁伤效果; 研究激光等离子体和冲击波的作用和反作用; 研究激光空泡和射流的力学效应; 研究激光等离子体物理学中新的探测诊断方法和原理。南京理工大学开设的《激光等离子体物理》课程的教学内容与上述研究内容相近, 直接为其研究内容服务。

综上所述, 国内开设激光等离子体相互作用方面课程的大学和研究单位并不多, 其主要的研究背景为激光聚变和强场物理。但是, 由于各个学校所依托的优势学科不同、其科研方向不同, 因此, 课程名称和内容不完全相同, 甚至有课程名称相同、但课程内容差别很大的情况存在, 如南昌大学开设的《激光等离子体物理》与中国工程物理研究院的同名课程的研究内容几乎完全不同。我们可以看出, 这些学校在开展课程建设时有一个共同特点, 课程讲授内容与其学科专业方向以及科研方向密切相关, 这样能够使该课程更好地为人才培养服务。

三、激光等离子体相互作用课程教材情况

在国际激光等离子体领域, 《The Physics of Laser Plasma Interactions》^[2]是一本具有广泛影响的教材, 其作者

为 William L. Kruer, 是美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室的科学家, 长期从事激光核聚变和激光等离子体相互作用的研究, 该教材主要从等离子体的流体理论出发讲解了激光在等离子体中的传输、吸收和各种参量不稳定性, 以及和激光聚变密切相关的激光等离子体物理。国内的多部教材都或多或少参考了该教材, 除了这本英文教材以外, 国内激光等离子体相互作用中文教材主要有:

(一) 克拉尔著, 《激光等离子体原理》^[3] (上海科学技术出版社)

该书共 13 章, 分别为: 气体激光器及其应用概述; 低能电子碰撞引起分子的振动激发; 热能离子—分子相互作用; 复合; 电离气体中的亚稳态原子和分子; 大功率分子激光器放电的稳定性; 大功率 CO₂ 激光器; 电子束电离激光器; 准分子激光器; 激光辐射引起的气体击穿; 激光与磁场中等离子体的相互作用; 激光等离子体的光谱诊断。

(二) 常铁强等编著, 《激光等离子体相互作用与激光聚变》^[4] (湖南科学技术出版社, 1991)

该书共 11 章, 分别为: 激光在等离子体中的传播; 等离子体中的有质动力及某些有关的物理现象; 等离子体粒子模拟方法; 激光等离子体相互作用和粒子模拟; 电子热传导和激光驱动的冲击波; 超热电子输运及预热效应; 激光等离子体产生的 X 光辐射; 非平衡弛豫过程中的刚性问题; 辐射输运方程及其解法; 激光聚变内爆动力学物理; 流体力学和超热电子输运问题的数值方法。

(三) 张家泰著, 《激光等离子体相互作用物理与模拟》^[1] (河南科学技术出版社, 1999)

该书内容体系包括激光等离子体的基本概念; 光波在等离子体中的传播; 共振吸收; 逆韧致吸收; 等离子体粒子模拟; 参量衰变不稳定性; 受激拉曼散射; 双等离子体衰变; 受激 Brillouin 散射; 成丝不稳定性; 等离子体波加热。

(四) 张钧, 常铁强著, 《激光核聚变靶物理基础》^[5] (国防工业出版社, 2004)

该书各章节分别为: 惯性约束聚变的基本原理; 激光的传播与吸收; 激光与靶耦合晕区物理; 电子热传导和电子烧蚀压; 激光—X 射线转换物理; 内爆动力学; 对称性和流体力学不稳定; 输运理论概要; 激光聚变“快点火”物理基础。

通过教材对比和分析可以发现, 国内激光等离子体相互作用的教材名称和内容都有很大差异, 这给国内的激光等离子体教学带来了不便。目前, 国内迫切需要加强教材建设, 编著一本通用性强、能够反映科学最新发展的高水平教材。

四、创新型教学模式探索及成效

作者从 2005 年开始思考该课程的教学改革, 从 2006 年开始在教学的多个环节中尝试进行改革, 经过多年的教学实践, 取得了较好的成效。

(一) 改革教学内容

我校从上世纪90年代开始面向研究生开设该课程,教材选用常铁强等编著的《激光等离子体相互作用与激光聚变》,课时为36学时。该教材主要以激光核聚变为研究背景,内容十分丰富,包含了激光核聚变中的主要物理问题及其研究方法,这与理学院等离子体学科当时的科研方向是一致的。该教材内容较多,共11章,473页,而且理论性较强、理论公式较多,学生学习起来有一定难度。在该课程的传统教学中,要把该教材11章的内容全部讲到,对教员的要求很高,过多的教学内容对学员的学习也造成了一定的压力。

进入新世纪以来,理学院激光与聚变等离子体专业的科研重点逐渐转向强场物理,重点研究激光加速和激光辐射源,这时,该课程的传统教学内容已经不能为新科研方向的研究生培养很好地服务,学生们普遍感觉该课程和随后的课题研究相关性不强,开展课题研究时对课题的背景不了解,对课题的研究内容和方法不熟悉,开展课题研究进入状况较慢。为了解决这些矛盾,作者果断改革教学内容,选用张家泰著的《激光等离子体相互作用物理与模拟》作为主要教材。张家泰的书重点讲述激光等离子体研究的基本方法和其中发生的主要物理过程,该书的内容更加贴近新的科研方向。该教材共15章,32开,316页,内容比常铁强的书要少,我们在教学中进一步遴选教学内容,只选取前11章约200页,与专业方向直接相关的内容,其余内容作为自学和选学内容,使得教学内容进一步精简。面对超强激光的飞速发展和新的研究成果大量涌现的现实,积极在教学中对国际最新研究成果给予介绍和评述,开拓了学生视野,激发了学生的学习兴趣,这些举措对于他们了解课题背景,迅速进入课题起到了很好的作用。

在该课程的教学过程中,我们还特别注意培养学生的应用实践能力。本专业方向的研究生主要从事激光与聚变等离子体的理论研究工作,主要研究工具是粒子模拟程序。本专业的研究生在学习《激光等离子体相互作用原理》之前已经学习了《等离子体原理》和《等离子体粒子模拟》两门先导课程,对等离子体的基本研究方法和粒子模拟的基本原理有了较深刻的认识。但是对粒子模拟程序的编制和应用还缺乏必要的训练,作者在《激光等离子体相互作用原理》关于粒子模拟的教学过程中,以提高学生的实际应用能力为目标,重点讲述编程和应用,学生普遍反映通过该部分的学习,能够快速运用粒子模拟程序解决实际问题,实践能力得到很大提高。

随着超强激光技术的飞速发展,激光等离子体的研究内容不断拓展,研究方法也不断改进,张家泰的专著《激光等离子体相互作用物理与模拟》缺乏激光等离子体领域最新科研成果的总结,而国内激光等离子体相互作用领域近年没有出版合适的教材。面对这种情况,作者尝试自编教材,力图在新的教材中包含激光等离子体相互作用的基本研究方法、基本物理过程和物理图像,同时也把激光尾波场加速、激光离子加速、激光等离子体中的辐射产生等前沿内容加以介绍,此外还加入部分基本实验知识。目前,

该自编讲义正在编写中,预计能在明年的教学中使用。

(二) 改革教学方法

《激光等离子体相互作用原理》课程的传统教学方法是全程板书、老师课堂讲授的方式,教学方法与本科生的基本一样,学生在学习知识的过程中比较被动,学习兴趣没有被充分激发起来。

在新的教学方法中,作者采用以多媒体课件为主,板书为辅的教学方式进行教学。对于特别重要的理论和公式,如有质动力理论和有质动力表达式,采用黑板推导的方式把公式的来源、推导过程、适用条件等详细地加以阐述,使学生能够牢固掌握相关理论和公式。对于多数内容,都采取课件教学的方式,增加了每堂课的信息量,保证了在有限的学时中能够教给学生尽量多的知识。每堂课后,把教学课件发给学生,使得学生上课时能够集中精力听讲和思考,减轻了学生记笔记的负担。

在新的教学方法中,还改变了教师满堂灌的教学方式,在教学过程中,积极采用启发式、研讨式方法。在课堂上,鼓励学生对没有听懂的问题随时提出疑问,并启发他们思考,通过研讨共同得到答案。此外,作者还拿出2学时的时间,让学生与老师换位教学,让每个学生先自学,再各自准备一部分内容在轮流课堂上讲述。通过这种方式,学生能够非常好地掌握自己讲述的内容,同时也为以后走上讲台积累了经验。

(三) 改革作业和考核方式

《激光等离子体相互作用原理》课程是物理学一级学科下等离子体二级学科研究生的专业基础课,主要面向激光与聚变等离子体方向的硕士研究生和博士研究生。由于激光等离子体是一门新型的交叉学科,包含内容非常广泛,不容易讲深讲透。原来由于教学内容多,学生负担较重,平时很少留课后作业,考核方式是写小论文。

改革教学内容后,由于精选了教学内容,学生的学习负担大大减轻,作者在教学中增加了作业量和作业种类。作业分为公式推导、翻译文献和大作业等。公式推导类型的作业主要是针对重要公式,让学生通过自己推导,巩固对该公式的理解,并引导学生在已有公式的基础上,改变条件,做一些创新性的尝试。翻译文献一般是找一些经典文献或者前沿文献,让学生在提高英语能力的同时增加对专业知识的理解和科技前沿的了解。大作业具有一定的挑战性,完成大作业,学生不仅需要讲义,还需要查阅某一个方向的大量外文文献,需要对这些文献总结归纳,最后形成自己的结论或观点。大作业是美国等西方国家常用的一种作业种类,也常常是考核的一部分,可以锻炼学生调研、查阅资料和综合学习能力,对于激发学生的创造力,提高学生的科研能力也非常重要。

(四) 成效

该课程主要面向激光与聚变等离子体方向的硕士研究生,教学改革成效主要体现在研究生的培养上。通过几年的教学改革的探索,我们发现对提高学生的科研能力有有明确促进作用,具体体现在以下几个方面,学生对学科背

景有了更好的了解, 实质性进入课题的时间大幅缩短, 创新能力明显增强。本方向的研究生在硕士期间至少可以完成 1 篇 EI 论文, 一般可以写 2 篇 EI 论文, 有的学生在硕士期间撰写了 4 篇 EI 论文, 有的学生在硕士期间撰写了 1 篇 SCI 和一篇 EI 论文, 1 名博士已经发表了 5 篇 SCI 论文, 并且在国际物理学顶级期刊《Physical Review Letters》上发表论文 2 篇。本专业 2 名硕士研究生获得国防科技大学首届硕士研究生创新资助, 1 名博士研究生获得国防科技大学创新资助, 1 名硕士研究生获光华奖学金和校级优秀毕业生。可以看出, 近几年本科课题组在研究生培养方面取得了很大进步, 研究生创新能力明显提高, 这与我们这几年积极探索创新型教学模式有直接而密切的关系。

五、思考与启示

为了实现我校创建具有我军特色的世界一流大学的宏伟目标, 进行创新性教学是至关重要的。近几年作者依托等离子体学科, 进行了一些创新性教学模式的探索, 取得了较好的效果。通过等离子体专业相关课程创新型教育模式探索, 我们可以得到如下启示:

课程建设是培养创新性人才的基础。课程建设包括教师的选拔和培养、教材的遴选或编撰、教学内容的确定、教学方法的选取、作业和考核的内容和方式等方面。它对于激发学生学习兴趣, 提升学生专业素养, 提高科研能力

都起着重要作用, 因此, 必须加强课程建设。

课程建设是学科建设的重要环节, 必须和学科研究方向紧密结合, 才能发挥出课程建设的作用。从大的方面讲, 要结合学科研究方向合理设置课程体系; 从小的方面讲, 要优选每门课程的内容。通过系列课程的学习, 使学生对本专业方向具有浓厚兴趣, 既有深厚的理论基础, 又有较强的解决实际问题的能力, 为以后的科研工作打下牢固的基础。

【参考文献】

- [1] 张家泰. 激光等离子体相互作用物理与模拟[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1999.
- [2] William L. Krueer. The Physics of Laser Plasma Interactions [M]. Lawrence Livermore: Addison - Weyley Publishing Company, 1988.
- [3] 贝克菲. 激光等离子体原理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [4] 常铁强等. 激光等离子体相互作用与激光聚变[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1991.
- [5] 张钧, 常铁强. 激光核聚变靶物理基础[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.

(责任编辑: 胡志刚)

(上接第 19 页)

和文化修养, 要让学生充分认识到数学是一种文化, 数学也是拟人化的, 支撑数学的基础在于它的文化价值;

(8) 优化评价指标体系, 完善考试考核管理制度与方法。加强教学过程设计与评价的指标体系建设, 包括实验、作业、讨论、口头发言或小论文报告等, 都应成为这一时期教学评价的有效形式。具体来说, 以“能力测试 + 过程评价 + 报告 + 考试考核”相综合, 注重对学生数学素养的培养效果检查, 注重考查学生的创新能力、数学语言表达能力、用数学知识来解决实际问题的能力, 加之以阶段总结性的考试方法, 来构建课程考核体系的合理框架, 充分挖掘学生的潜能, 最大限度地调动学

生学习高等数学的积极性, 提高学习效率。

【参考文献】

- [1] 李大潜. 将数学建模思想融入数学主干类课程[J]. 中国大学教学, 2006(1): 9 - 11.
- [2] 张伟平. 美国微积分教学的“四原则”[J]. 高等数学研究, 2007(1): 12 - 17.
- [3] 郭镜明, 等. 美国微积分教材的习题配置特色[J]. 大学数学, 2005(4): 13 - 16.
- [4] 李建平, 等. 面向新型军事指挥人材的数学课程与教材建设[C]. 大学数学课程报告论坛论文集, 高等教育出版社, 2006: 265 - 268.

(责任编辑: 卢绍华)