

光学课程教学的比较与启示*

——以中美两所大学为例

胡志娟 闫爱民

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

(收稿日期:2021-12-05)

摘要:光学是高校理工科物理类专业的一门专业必修课程,如何切实提高光学课程的教学质量和教学效果,发挥其在高校创新人才培养过程中的特长与优势,许多高校为此开展了形式多样的教学改革和探索.以弗吉尼亚理工大学和上海师范大学的光学课程为例,在课程设置、教学内容、教学模式、作业设置及评价机制等方面进行了对比分析,希望为光学课程教学改革的推进和优化提供一些参考.

关键词:光学 课程设置 教学内容 教学模式

1 引言

光学是高等学校理工科尤其是物理学相关专业的一门必修课程,在物理学科中占有重要的地位^[1,2].深入学习光学的基本概念和规律,建立清晰的物理图像,为学习相关的其他学科,如激光原理、信息光学、高等光学等课程奠定基础.自1960年激光器发明以来,光学相关的分支学科发展迅速,尤其在光电子学、非线性光学、导波光学、光通信等领域,因此,它是当前科学研究领域中最活跃的前沿阵地之一.许多物理学前沿技术都离不开光学,随着学科间的不断交叉和融合,光学也成为许多工程技术类专业的基础学科.笔者受国家留学基金委的资助,赴弗吉尼亚理工大学(简称VT)电子信息工程学院进行了为期一年的访学,并在此期间深入地学习了光学、电磁场理论两门课程,深切感受到美国高校课堂教学在教学方法、教学内容、教学设计和学习效果测评等方面的显著特点.

本文以VT的光学课程为例,详细介绍了该课程的教学内容、课程设置、教学模式、作业和考试等方面的内容,并与上海师范大学的光学课程进行了对比分析,提出了光学课程教学改革的几点建议和

思考,希望能为我们的教学改革提供有益的参考.

2 VT光学课程的教学模式

2.1 课程设置

VT的光学课程由教授主讲,3学分,32课时,每课时75 min,授课对象是高年级本科生和研究生.采用的教材是Eugene Hecht编著的《Optics》第4版^[3],主要内容包括电磁场理论、几何光学、偏振光学、干涉和衍射光学、傅里叶光学、现代光学技术等.其他参考书目有《Handbook of Optics》《Principle of Optics》《Optics-Principles and Applications》《Principles of Lasers and Optics》等^[4].课程的目标是学习光学相关的基础知识、物理概念和研究方法,让学生了解光学学科的物理规律和发展趋势,为学生在光学应用创新方面打下坚实的基础.

2.2 教学内容和教学计划

VT光学课程的教学内容和教学计划如表1所示,主要内容包括电磁场理论、几何光学、光的传播特性、偏振光学、光的干涉和衍射以及现代光学技术专题.教学内容非常丰富,不仅包含了光学基本概念和原理,还涉及到生产生活中实际应用的诸多现代光学技术.

* 国家自然科学基金资助,项目编号:62075134;上海市高等学校一流本科课程建设(光学)资助,项目编号:沪教委高(2021)5号

作者简介:胡志娟(1978-),女,博士,副教授,主要从事信息光学技术及应用的研究.

通讯作者:闫爱民(1976-),女,博士,教授,主要从事激光技术及应用方面的研究

表1 VT光学课程教学内容和课时安排

周次	教学内容	课时数	知识板块
1	课程简介和要求; 绪论:光学发展史、现代光学技术应用简介	1	几何光学 (6课时)
	5.1 导论、5.2 透镜	1	
2	5.4 反射镜、5.5 棱镜	2	
3	5.3 光阑、5.7 光学系统	2	
4	6.1 厚透镜和透镜系统、6.2 光线追迹法、6.3 像差	1	光的电磁理论 (5课时)
	2.8 三维微分波动方程、2.9 球面波	1	
5	3.2 电磁波、3.3 能量和动量	1	
	第一次期中考试	1	
6	3.4 辐射、3.5 光在体材料的传播、3.6 电磁光子光谱、4.2 瑞利散射、4.6 电磁场理论	2	
7	4.8 金属的光学性质	1	光的偏振 (3课时)
	8.1 偏振光的性质、8.2 偏振器、8.3 二向色性	1	
8	8.4 双折射、8.7 波片、8.10 旋光效应、8.13 偏振的数学描述	2	
9	7.1 同频率波的叠加、7.2 不同频率波的叠加、7.4 非周期波、9.1 光的干涉概述、9.3 分波面干涉、9.4 分振幅干涉	2	光的干涉 (6课时)
10	9.6 多光束干涉、9.7 单层和多层薄膜的应用	1	
	第二次期中考试	1	
11	9.8 干涉仪的应用	1	
	10.1 光的衍射概述、10.2 夫朗禾费衍射	1	光的衍射 (3课时)
12	10.3 菲涅耳衍射、10.4 基尔霍夫标量衍射理论	2	
13	13.1 激光器	2	现代光学 (8课时)
14	13.2 成像理论	2	
15	13.3 全息术	2	
16	13.4 非线性光学	2	
17	复习答疑、期末考试		

2.3 考核方式与评价

VT光学课程的总评成绩分为4部分:作业占30%,第一次期中考试占20%,第二次期中考试占20%,期末考试占30%。作业包括课前预习作业和课后巩固作业。课前预习的目的是鼓励学生进行自主学习,通过查阅文献和资料广泛阅读,用于课堂交

流和小组讨论。课后作业每周一次,每次5~6道题。期中考试每次6道题,考试时间75 min,期末考试10道题,考试时间2 h。考试内容包括光学基本概念、规律和现代光学技术应用,目的是检验学生对光学基本理论的理解、掌握和贯通能力。考试题目都是分析计算题,难度较大,每个题目中涉及多个知识点。

3 光学课程的教学对比与探究

3.1 教学内容比较

以上海师范大学的光学课程为例,上海师范大学的光学课程主要面向物理学专业的本科生,课程共64课时,3学分,每课时为45 min.所用的教材是以姚启钧原著、华东师范大学光学教材编写组改编的《光学教程》(第六版)为主要教材,以赵凯华先生的《光学》^[1]以及《光学新教程》^[5]为辅助教材.教学目标是通过对光学课程的教学,完成对学生“知识目标、能力目标、态度目标”的培养.“知识目标”包括掌握波动光学的基本知识、理论和方法,理解光学的基本概念和规律,了解现代光学与其他学科、技术相结合的发展状况.“能力目标”包括培养批判性思维方法,提高独立分析和解决问题的能力,培养学生自主学习和自主发展的能力,培养沟通交流能力和团队协作精神.“态度目标”包括培养辩证唯物主义世界观,实事求是、严格认真的科学态度,创新意识和科学美感等.

上海师范大学光学课程的教学内容如表2所

表2 上海师范大学光学课程内容与课时安排

课程内容	课时数	知识板块
绪论	2	
补充振动的叠加、光的电磁理论等内容	4	波动光学 (30课时)
第1章 光的干涉	8	
第2章 光的衍射	8	
第5章 光的偏振	10	
第3章 几何光学的基本原理	8	几何光学 (16课时)
第4章 光学仪器的基本原理	8	
第6章 光的吸收、散射、色散	3	现代光学基础 (12课时)
第7章 光的量子性	5	
第8章 激光原理及应用简介	2	
光学前沿应用专题讲座	2	
期中考试与期末复习	4	

3.2 教学模式比较

在教学模式上,VT采用的是传统教师讲授、黑板板书的授课模式,课堂不以纯粹的讲授理论知识为目的,非常注重运用知识实际问题能力的培养.教师按照教学计划完成重要知识点的讲授后,会

示,主要包括波动光学(光的干涉、衍射、偏振)、几何光学和现代光学基础.对比两校光学课程的教学内容,VT的光学课程教学内容范围更广,实际总教学时长可达2400 min,其中光的干涉、衍射、偏振和几何光学部分内容的教学总时长约为1350 min,占比总教学时长的62%.上海师范大学的光学课程总教学时长为2880 min,其中2070 min用于波动光学和几何光学内容的讲授,占总教学时长的72%,波动光学部分知识点的内容比VT的这部分内容讲解得更详细,但是现代光学部分的内容和课时比VT少.以前由于课时紧张,通常会压缩现代光学部分内容的讲解,在近几年的教学过程中,我们发现增加科技应用密切相关的现代光学前沿和应用方面的介绍,对开拓学生眼界,培养学生兴趣,引导学生将来从事相关的科研工作有很好的启发作用.鉴于此,对于现代光学内容的教学,不应以课时少而进行删减,同时应该考虑在有限的时间内增加这部分内容的介绍.教师可考虑利用视频资源或开展专题讲座形式进行讲授,对于信息光学的基本原理及应用方面的教学,也可以考虑采用学生线上自主学习模式开展.

引导学生结合实际生活和现代光学技术应用的实例进行小组讨论,教师会根据学生的课堂表现给予评分,鼓励学生积极分享自己的观点.此外,VT的光学课程不仅面向本科生,还面向研究生,包括硕士和博士.课程采用多层次的分级教学和评价方法,某些

章节的专题项目,只要求研究生掌握.这种阶梯式的教学模式使得各个年级的学生有交流沟通的机会,有利于学生沟通能力的提高和团队合作能力的培养.

上海师范大学的光学课程长期以来也采用教师讲、学生听为传统的教学模式,教学中面临着光学知识覆盖面大、前沿光学内容不断丰富与课时不足的教学矛盾,以及学生来自全国各地,基础不同与同班教学的矛盾.从2018年开始,我们逐渐将讲授内容迁移到课程网站上,课程网站提供课程视频、每章导学、题库,为学生提供了个性化自主学习的平台.这些资料可供学有余力的学生提前学习和拓展学习,也能为基础薄弱的学生提供反复学习的课程资源.同时利用网站平台、微信和QQ学习群进行科技前沿、物理轶事和生活中的物理等知识的拓展推送,以解决课时少与知识覆盖面大、讲授内容多的矛盾.

从2020年开始上海师范大学光学课程采用线上线下结合的混合式教学,开展“问题主导的探究式自主学习”的教学模式,光学课程从单一的知识传授向学生多维度能力塑造的知识体系建构转变.教学过程采用“2+2”模式,即每周4课时中的2课时用于学生线上自主学习,2课时用于线下课堂教学.每周课前,教师根据教学设计将教学内容转化为若干问题,以课前学习任务单的形式发布给学生,学生通过课程视频、自读课本、查阅资料等方式,了解和熟知预设的学习内容,进行自主学习,对基础知识形成一定的认识.线下课堂中教师会设计多种教学活动,如抢答、随堂测试、分组活动汇报等,对学生的课前自主学习结果进行检测,解答学生在自主学习过程中遇到的问题.并针对每周教学内容的重点、难点进行知识梳理和讲解,达到知识的巩固强化和延伸的效果.教学过程中注重师生的互动.关于分组活动,针对每个单元的教学内容,教师会提前发布4~6个分组任务活动,由学生自行分组进行小组合作学习并在线提交团队学习的过程和讨论结果,在课堂上进行任务陈述,锻炼学生的表达能力,整个过程结合小组自评、互评和教师评价.课后除常规作业以外,每章配置一些拓展性作业.课程答疑方式则灵活多样,线下指导并结合“网络复习+平台答疑+微信辅导”的模式.在考核评估方面注重过程性评价

与结果性评价相结合,课程结束后,对学生平时线上线下的表现,包括线上考勤、视频观看时长次数、作业提交情况、参与讨论互动、抢答等课程活动过程,以及学生期中期末成绩进行综合评价,并通过信息化的教学工具进行过程性活动的分数记录和统计.

我们开展的线上线下混合式教学模式,以学生为中心,教学中注重学生知识的融会贯通及探究能力的培养,以问题主导学生自主学习,分组任务为驱动引导学生探究学习,以小组合作学习实现能力梯度进阶,对学生夯实光学基础、培养自主学习能力、提高教学效果都有明显帮助,丰富的网络教学资源,为不同层次的学生提供了个性化的学习平台.

3.3 教材内容比较

两所高校所用教材的深度和广度有明显的差异,国内教材重点在经典光学基础知识,对现代光学技术的原理和应用的介绍篇幅较少.E. Hecht的《Optics》教材中对相同知识点阐述的深度和内容的丰富度更高,也非常注重应用知识的介绍.除了第十三章专门介绍典型的现代光学应用外,在每一章中也穿插了一些和本章知识点相关的应用光学技术,能为读者提供开阔的视野.此外,国内的教材多文字说明和理论公式的推导,而国外教材内容上的生动形象、应用性强.在内容的描述上为了避免物理概念太抽象,国外教材中的一些重要知识通常配有示意图,图表丰富,形象生动,便于学生理解.比如我们所用的教材^[2]中的光的偏振这一章节中,关于“光轴与晶体结构”“晶体中的波面”等内容的描述,很多学生仅看教材中的文字描述很难理解.在讲到几何光学中照像机的光圈数与光通量关系时,不少学生并不了解实物镜头上参数的意义.而在E. Hecht的《Optics》教材中关于这部分内容配有大量的立体图、实物图,能够有效地帮助读者理解.再如,在薄透镜的特性这一节,我们用的《光学教程》^[2]教材中有7张插图,都是描述透镜的聚焦准直特性的原理示意图,而E. Hecht的《Optics》教材中这一节有23张插图,除了相关原理的示意图,还有针对各种特征参数和物理量给出的数据图表、与光线传播有关的图示等.另外,《Optics》教材中每一章的课后习题数量很多,例如第二章有48道题目,第三章有58道题

目,第四章有 82 道题目,第五章有 91 道题目. 在我们的教材中对应章节的习题数目与之相比都较少.

3.4 作业设计比较

VT 光学课程的课前作业和课后作业具有鲜明的特点,课前作业是自主学习,表面上没有具体的习题,但这个作业却是非常重要的. 由于课堂上教师讲授的内容信息量非常大,知识点很多,如果学生在课前没有花时间去预习、阅读文献和参考书籍,课堂上听不懂,课后作业也很难正确地完成. 课后作业的内容和国内光学课的课后作业差别很大,从国内的课程设置来看,教师一般选取光学教材上对应章节的习题,而 VT 的课后作业则是教师的自编题目,有一部分修改自教材的习题,但不纯粹是原题照抄. 这种作业的好处是能够检验学生课堂学习的真正效果,避免抄袭教材配套练习题答案. 例如:VT 光学课程的第一次作业共有 5 道题目,其中 4 道是教师自己设计的,1 道题目是修改自教材的. 而且教师在作业中也明确地告诉学生修改习题的原题在第几章的第几题,这对于学生而言是一个比较重要的线索,学生如果碰到疑问或者不会做,可以通过钻研参考教材的习题来巩固知识,从而达到应用到新题的解答中,用学过的知识自主思考. 纵观教师自编的作业题,从题干可以发现,所考查的知识点很巧妙地融入到了实际生活中,从生活中感知物理. 这里以其中 2 道自编作业题^[6] 作为举例.

【题 1】

a. Imagine a hemispherical interface between air and glass ($n = 1.5$), with a radius of curvature of radius 5 cm. Describe the image of an object 3 cm tall placed 30 cm from the vertex (where in the glass will it be imaged? how big will it appear? and everything you can about the image).

b. Now we cut off the glass on the right forming a thick biconvex lens, with the surface having a radius of curvature of 10 cm. If the lens is 10 cm thick, determine the total magnification, position and everything you can about the image.

c. Use the thin - lens equation to see how far off it is in determining the final - image location.

【题 2】

A blade of grass standing 10.0 mm tall is 150 mm in front of a thin positive lens having a 100 mm focal length; 250 mm behind that first lens is a thin negative lens with a focal length of -75.0 mm.

- Show that the first lens forms an image 300 mm behind it.
- Describe that image.
- What's its magnification?
- Prove that the final image formed by both lenses is located 150 mm behind the negative lens.
- What is the total magnification of the combination?

目前国内教材的习题设计比较理论化,部分内容教学上理论与实践脱节. 为此,我们的课后作业可以借鉴 VT 光学课程课后作业习题的设计方式,增强学生对知识的理解和运用能力.

4 总结

随着现代互联网教育技术的快速发展,中国高等教育正在随着时代的大潮进行新一轮的教育教学改革^[7]. 光学课程教学改革应有利于促进学生个性化、深层次学习,有利于促进创新人才的培养和师生的共同发展. 我们在不断地探索和实践新的教学模式过程中,借鉴国外著名高校在课程教学的优势和特色,扬长避短、循序渐近,逐步摸索出适合我国本土化光学课程教学改革的教学方法. 从以上对 VT 光学课程教学的分析可以看出,其丰富的教学内容、生动形象的教学设计、与实际生产生活紧密联系的课后巩固习题等方面都给我们不少的启发和思考.

参考文献

- 赵凯华. 新概念物理教程:光学[M]. 北京:高等教育出版社,2011
- 姚启钧. 光学教程(第 6 版)[M]. 北京:高等教育出版社,2019
- Eugene Hecht. Optics (4th Edition)[M]. New York: Addison Wesley,2002
- Born & Wolf. Principles of Optics(7th Edition)[M]. Cambridge University Press,1999

(下转第 36 页)

Exploration and Practice on Photoelectric Specialty Training Mode of Cross Compounding of Multi – Disciplinary in Local Normal Universities and Colleges

Han Caiqin Yan Changchun

(School of Physics and Electronic Engineering, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract: In view of the problems of inconsistency between cultivation program and cultivation goal, unsound evaluation system and unreasonable construction of teacher team in the process of construction and talent cultivation of optoelectronic information science and engineering majors in local normal colleges. Taking optoelectronic information science and engineering majors of Jiangsu Normal University as an example, a multidisciplinary cross-compound talent cultivation mode with "science, engineering, literature and education" as the core and students' practical ability as the goal is proposed. This mode mainly highlights the practical and innovative ability in the process of talent training, which is more in line with the characteristics of "local, applied and teacher training" of local normal colleges.

Key words: local normal colleges; multi-disciplinary; optoelectronic information science and engineering; training mode

(上接第 31 页)

5 冯杰,胡志娟,冯勋立. 光学新教程[M]. 北京:高等教育出版社, 2017

Forest University [EB/OL]. <https://phys.vt.edu>

7 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018(12): 4 ~ 9

6 The Department of physics of Virginia tech - wake

The Comparison and Enlightenment of Optics Course Teaching

——Taking Two Universities in Chinese and American as an Example

Hu Zhijuan Yan Aimin

(College of Mathematics and Science, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Abstract: Optics is a professional required course for physics majors of science and Engineering in universities. Many researchers have carried out various kinds of teaching reform about how to effectively improve the teaching quality of optics course and show its strengths and advantages in the training of innovative talents in universities. Taking the optics course of Virginia Tech and Shanghai Normal University as an example, the comparative analysis on the curriculum, teaching content, teaching mode, homework setting and evaluation mechanism of optics course is presented, and some suggestions and improvement measures are given.

Key words: Optics; curriculum; teaching content; teaching methods