

光学萌芽时期的科学思维与中西文明对比

高绮妮², 郭政鑫², 邓浩仪², 欧阳敏¹

(1. 华南师范大学 信息光电子科技学院, 广东 广州 510006; 2. 华南师范大学 物理与电信工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 围绕科学教育的目的, 通识课程“众说有光”模块基于中西方光学萌芽时期的发展史实现教学设计, 引导学生了解人类历史早期不同社会群体对光学基本问题从主观认识向客观理解的演变过程, 探究该时期光学理论体系的发展状况, 思考中西文明对科学思维形成、研究方法演变等方面的影响, 并从多学科的视角了解光学发展与人类文明的联系。

关键词: 科学教育; 光学通识课; 光学萌芽; 科学思维; 中西文明对比

中图分类号: O 43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0712(2021) 01-0080-05

【DOI】10.16854/j.cnki.1000-0712.200210

科学发展始终处于新旧更替的过程, 科学教育的目的不仅是实现知识的复现, 而是复活, 赋予它温度, 提高全民的科学素养, 培养具备全球视野与本土传承责任感的高素质人才。基于通识教育理念设计的光学史课程“光学发展与人类文明”(原名为“生活中的光学”), 从光学的基本知识体系出发, 通过设计光学知识、科学思维、光科学与社会文明互动等教学环节, 实现科学、人文和社会的多学科、跨文化交融, 致力于培养不同专业学生获得基本光学学科常识、综合完整的判断能力和健全平衡人格, 促进人的自由全面发展^[1-3]。此课程设计符合科学教育的基本理念。

根据不同发展阶段光学史中光学研究的特点及与社会历史背景的关联性, 该课程设置了“众说有光”、“理性之光”、“光的本质”、“光、世界与未来”四个模块。前两个模块的教学设计涉及光科学发展历史的储备阶段。“众说有光”模块立足于古代光学萌芽时期两千多年的发展史, 包括: 从古希腊到 17 世纪初望远镜发明之前的西方光学萌芽, 从《墨经》光学八条到 16 世纪末明清西学东渐之前中国本土的光学萌芽。“理性之光”模块对应于西方近代经典光学的几何光学阶段, 以及中国明清时期西方光学器件和理论传入后的几何光学快速发展时期。本论文将重点讨论“众说有光”模块的课程设计理念、教学内容与实现等方面的积累。通过该模块的课程教

学, 引导学生了解该时期不同社会文化背景下, 中西方社会群体对光现象及基本问题从主观认识向客观理解演变的真实过程; 结合典型光学发展案例, 探讨人类历史早期探索自然过程中科学思维的发展、科学方法的演变等问题; 从跨文化、跨学科的视角分析光学与人类文明的互动关系, 思考科学与科学精神的本质, 建立正确的科学观、历史观与价值观。该模块的教学内容可有效实现文理交融、通专结合, 达到 2016 年国家教育事业发展规划“十三五规划”对通识教育提出的要求。

1 课程设计理念

围绕提高科学素养、培养具备全球视野与本土传承责任感的高素质人才的教育目标, 紧扣通识教育理念, “众说有光”课程模块从知识、科学思维、文明三个维度组织教学, 如图 1。

首先, 从知识的维度出发, 梳理中西方光学萌芽时期的光学积累、技术进展的脉络, 实现通识教育的基础性和补救性功能。第二, 挖掘光学研究中的科学思维元素, 结合中西社会、文化与科学发展的关系探究中西方科学思维之间的差异, 思考引起光学发展差异性的原因和对后续光学发展的影响, 实现通识教育的进阶性和整合性功能。第三是从文明的维度展示光科学广博性和多元性特征, 追踪不同时期光学的跨学科互动事件, 引领学生从人文、社会及其他

收稿日期: 2020-05-28; 修回日期: 2020-07-18

基金项目: 广东省教学质量工程及教学改革项目“互联网+《生活中的光学》通识课程建设与研究”, 华南师范大学校级高等教育教学研究和改革项目“《学科导论》课程思政模式的教学改革研究”、校级大学生创新创业训练计划项目“光学通识教育课程的教学环节设计与研究”资助

作者简介: 高绮妮(1999—), 女, 广东广州人, 华南师范大学物理与电信工程学院 2017 级本科生。

通信作者: 欧阳敏, Email: minoy@senu.edu.cn

自然科学学科等更广阔的视角看待光科学发展的意义,探讨与之相关的人生或社会议题,建立正确的历史观和价值观.以下将作具体阐述.

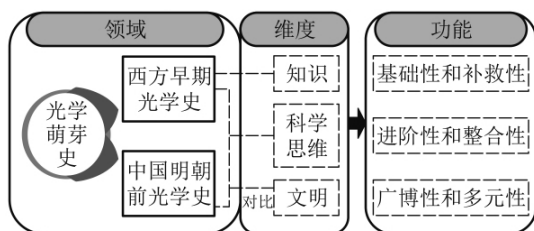


图1 光学萌芽史的课程设计理念示意图

2 中西方的光学研究积累

西方的光学进展^[4]:以古希腊为代表,围绕“光是什么”、“视觉如何形成”等基本问题展开探讨,逐渐形成了“视线发射说”和“光线发射说”两种视觉机制的对立观点;在生产生活中发明使用圭表、平面镜、凹凸面镜和透镜等器件,并展开相关性质的初步分析,用于太阳高度角、折射与大气折射等自然现象的实验研究;欧几里德创设的几何学理论和撰写著作《反射光学》等,为建立光的直线传播、反射、折射等基本原理解、视觉几何理论体系奠定了基础.公元7-11世纪的古阿拉伯国家重视对古希腊著作的翻译、继承和发展,为古希腊古典著作的保存发挥了重要作用,古阿拉伯光学家伊本·海赛姆著有7本光学与视觉的奠基性作品,深入研究了反射、折射定律,对光学面镜的成像特性作了深入分析,对人眼的结构作了详细描述.中世纪的欧洲,光学在天文学、建筑学、宗教文化及生产生活等领域有重要应用;以威特洛、罗吉尔·培根为代表的科学家传承阿拉伯的光学成果,并对折射规律、色散、光学镜与人眼的成像等问题开展深入研究,为文艺复兴时期光学仪器的推广和后期几何光学理论体系的建立奠定了基础.

中国的光学发展^[5]:从远古到西周时代形成了对光源、视觉、成影等光现象的感性经验,实现了圭表、反射镜、人工聚光取火获得光源三方面的发明,对光的反射现象有比较直观而全面的认识.春秋战国时期,圭表的长期应用,制镜技术的提高,为反射、折射研究提供了物质基础,《考工记》记载了多项实用光学技术知识,《韩非子》记录了影戏的发明和幻灯的雏形;这一时期最显著的光学成就就是墨家通过实验对投影、小孔成像、平/凹/凸三类反射镜的成像及基本原理等典型几何光学问题的综合研究,《墨经》光学八条表述成为世界上最早的几何光学理论概括.秦汉到五代时期的一系列典籍中,零散记录了

面镜透镜用于取火、组合镜成像特性和制镜技术,对光的折射、反射规律的认识达到了一定的科学思想水平,对视觉相关现象的研究,对光的色散、衍射、日月食、虹霓、冷光等自然现象的成因展开讨论,但相关典籍不是纯粹的科学著作.宋元时期是中国古代科学技术发展的高峰,沈括的《梦溪笔谈》集合了对小孔成像、阳燧(凹面反射镜)成像原理、凹凸镜成像放大规律、透视镜原理展开了深入讨论,对虹霓和海市蜃楼现象作出解释;赵友钦的《革象新书》记录了中世纪最大型、最周全的光学实验“小罅光景”,对光线直线传播、小孔成像和照度原理展开细致分析;程大昌在《演繁露》记录了日食观测的光学知识、对晶体或液滴色散现象的认识;幻灯、影戏、磷光物质作画成为了当时社会的时尚.中国古代的光学萌芽发展并不落后,但未能形成光学的系统理论总结或专著.

综上所述,中西方在自然光学现象的观察、光学器件的发明和应用、光学问题及特性的研究等方面有许多共同议题,但在不同的社会文化背景条件下,逐渐形成了不同的科学思维方式、研究侧重点和对光学问题及规律的总结方式等.

3 光学研究中的科学思维

科学思维源于自然科学认识世界的理论和实践过程,是一种有明确思考方向、充分思考依据,并对事物或问题进行观察、比较、分析、综合、抽象与概括的能力.不同的文化基因孕育了不同的科学思维方式^[6],对应的科学发展状态也存在差异,这在古代中西方典型光学问题的研究历程中有充分体现,进一步可总结科学研究方法演变历程的共性,引导学生建立科学的世界观、正确的科学观和方法论,培养科学思考、理性分析解决问题的能力及科学探索的精神等,最终实现通识教育的进阶性和整合性功能.

3.1 理性思维主导的光学发展

西方科学起源于公元前4世纪古希腊文明,苏格拉底质疑思辨以接近真理,柏拉图强调主观思想的理想主义,亚里士多德的逻辑推理,欧几里德创设了几何学理论和建立了一套严谨的逻辑推理的范式,古希腊人在探究自然奥秘过程中展现了求知而不为实用的精神,使理性主义得以建立和发展,构成了现代科学探究精神的起源.推崇实用的古罗马帝国满足于收集希腊前辈的研究,未能对代表希腊理智的传统哲学(如纯数学、天文学、形而上学等)理论继承发扬.古阿拉伯国家重视对古希腊著作的翻

译、继承和发展,为古希腊古典著作的保存发挥了重要作用,还设立了专门用于学术交流的“智慧馆”,光学家代表人物伊本·海赛姆身陷囹圄却十年如一日的潜心光学研究的故事,深刻反映了古阿拉伯世界的社会历史背景、科学家不懈追求真理的信念和勇气对光学繁荣的重要意义.古代西方光学研究中蕴含的理性思维、逻辑思维对科学传承和构建系统的光学理论体系起到关键作用^[4].

在典型光学问题的研究方面,西方深入到光学问题及规律的本质探讨的研究和科学传承,为下一阶段几何光学理论体系的建立奠定了基础.以视觉几何理论的发展为例^[7].最初,从几何学角度构建视线、光线模型,结合希腊神话故事认识古希腊时期视线发射说和光线发射说两种观点的对立与统一.其次是从几何学原理出发,理解古希腊欧几里德以若干几何公设构建视觉形成的单视锥理论的创新性和严密的逻辑性,分析古阿拉伯金迪继承并突破了该理论模型的局限,建立基于多视锥结构的点状分析原则,解释视觉图像的整体传递的过程.接着探讨古阿拉伯科学家伊本·海赛姆如何借助常识、生理学、解剖学知识,整合传承并总结出“欧几里德—托勒密—金迪”的光学数学理论模型的事例.最后,针对开普勒建立的视网膜成像理论,思考如何实现从感性认识上升到完整的视觉理论几何模型的科学抽象.

3.2 形象与直觉思维主导的光学发展

中国方面,在夏商西周时期对光学知识的感性积累的基础上,春秋时期学术百家争鸣为科学技术的进步创造了有利条件.以重视知识、经验和推论的墨家思想为代表,光学理论知识具备了理性科学分析雏形;但在随后以天人合一的儒家思想为代表的文化背景下,逐渐演变为以形象思维与直觉思维为主的感性光学研究^[5]、以及后期重经验实用的科学发展状态.

以小孔成像问题的分析为例^[5,8].《墨经》“光学八条”中与小孔成像相关的光学表述中,建立了“景”(影或像)、“午”(遮光屏)、“端”(点,小孔)和“库”(像屏)等具体自然科学概念,“煦若射”是有关光的直线传播且速度飞快的缜密逻辑表述,“景到(倒)”给出小孔成像的切实结论,“下者之人也高,高者之人也下;足蔽下光,故成景于上;首蔽上光,故成景于下”充分体现了自然科学知识与实践经验紧密结合,具备理性科学分析的特点.唐宋时期保留了有关小孔成像问题的思考和解释.如唐代段成式在《酉阳杂俎》把“塔倒影”的小孔成像现象解

释为民间传说“海影翻”的叙事表述.宋代沈括在《梦溪笔谈》中把小孔成像与阳燧(凹面镜)成像的特性作类比,利用鸢鸟经窗隙(小孔)成像时物影运动方向相反的现象作解释,批判了前人关于“塔倒影”为“海影翻”的观点;基于小孔和焦点的共性归纳出抽象概念“碍”,但进一步的分析转向了对人生的“碍”的思考,这种以主观感受反映客观世界的感性思维方式,虽然充满想象力和思维弹性,但未能传承墨家学派的科学分析方式,难以实现对客观世界的正确而系统的反映.元代赵友钦设计了小孔成像的对照组实验^[8],改变外部环境条件和孔、光源、像距、物距等与之相关的参数观察像的特性,基于像素叠加和光行直线的思路解释实验,得出“是故小景随光形,大景随空之像,断乎无可疑者”的结论,展示了推理、设计和对比观察分析等研究方法,是理论与实验相结合、透过表象探究本质规律的理性思想方法.郭守敬利用小孔成像原理发明了登封观星台的景符.小孔成像是中国古代经久不衰的议题,后期清代方以智、郑复光等人的著作中仍有论述.

基于中西方光学研究案例,引导学生辩证思考思维方式对科学分析、传承和理论体系建立的重要意义,结合李约瑟难题探讨近代科学产生的充要条件.教学中可分析逻辑思维和直觉思维各自的优势,明确二者互补对培养创造性思维的重要作用,培养学生自觉使用理性思维分析问题的习惯^[9].

3.3 科学研究方法的发展与构建

光学萌芽阶段,围绕典型光学案例,可直观认识科学研究方法从早期观察描述演变到实验分析的发展历程^[10,11],引导学生建立科学世界观和方法论.

人类历史早期通常是从自身感受出发来感知世界,对自然光现象的认识是停留在直观描述或经验总结,于现象的描述、经验的总结、猜测性的思辨阶段,光学知识开始是以直觉和零散的形式出现.随后,人们探索出一种简要的研究方法:把感性和特殊案例抽象为一般命题,通过假定某些固定的命题,利用猜测、抽象思考、推理甚至是论证等中间过程获得结论,建立初步的理性思辨方式,但初命题的真伪直接决定了结论的正确与否.使用该研究方法对应的案例包括古希腊关于视线发射说和光线发射说的讨论,古中国关于塔影倒立、光线传播的机械性类比、凹面镜成像、四种透镜及成像、彩虹与色散等问题的记述分析.其次,得益于几何学鲜明的直观性和严密的逻辑演绎方法,理性思维和数理方法的结合为几何光学模型的建立和理论的发展创造了工具.从公

元前3世纪到中世纪相继出现了各种抽象几何光学模型,例如欧几里德的单视锥模型、托勒密对反射折射的几何描述、金迪的多视锥点状分析、伊本·海赛姆结合常识和生理学建立的垂直入射原理、开普勒提出的光线在视网膜上会聚成像理论等,光现象被抽象成为面、线、点的概念,为实现从现象到本质和规律的光学研究提供条件。第四,科学家在自然界中创造新情况,利用实验实践过程检验初命题或理论的真伪,并对情况做出正确的解释。包括托勒密有关入射折射角关系的实验,透镜面镜的制备与成像分析,笛卡尔的动物眼球解剖、晶状体成像实验,罗吉尔·培根的人造彩虹实验,赵友钦的小孔成像对照组实验,早期辛尼加的色散观察和后期牛顿的三棱镜实验等。实验方法在自然科学研究中取得稳固的地位,为后期光学系统理论的建立和全面的发展创设了条件。

4 光学对人类文明进程的影响

科学发展过程是人类认知和遵循自然规律的过程,人类文明包含所创造的物质或精神的财富,不同学科之间的交叉和发展是人类文明和社会进步的有力工具。从文明的维度出发,探讨光学的跨学科议题,引导学生认识光科学的广博性和多元性特征。

4.1 光学在时空测算领域的应用

时空认知和测算技术是自古以来人类生产生活的最基本需求,通过梳理中西不同历史时期所建立的光学相关的时空测算方法,引导学生辩证思考人文社会历史的多样性和自然科学规律的统一性之间的关系。具体可从以下案例进行教学设计。其一是从中西文化的角度出发,对比分析黄道十二宫和二十四节气两组概念,理解日月星辰的时空变化规律的客观统一性。其二是理解杆影之法测算时间季节与空间方位的基本光学原理,结合中西历史文化特点追溯人类对原始时空认识从一根竿子到岩画、景观和建筑等方式的共性演变进程^[12]。中国方面,最早可追溯至《山海经》、《周礼》、《淮南子》等典籍的记录;现存器件包括夏朝的分离圭表、西汉的一体圭表、明代的南京紫金山天文台圭表以及现代可见的日晷;现存遗址包括山西陶寺古观象台,上古的良渚文化瑶山祭坛、东山嘴红山文化祭坛,中古的东汉都城雒阳(洛阳)南郊的灵台,元代郭守敬建立的河南登封观星台等。西方的时空测算技术,早期发展涉及史前的岩画岩石日晷、大型巨石阵遗迹,玛雅文化的科拉科尔天文台、E组神庙遗迹,古埃及的方尖

碑,古印度圆法等;结合人类社会历史和日晷技术发展史,探究其在建筑学的重要地位,以及公元12~15世纪的欧洲教堂暗室日晷发展过程中光学与人类社会文化之间的密切关系。

4.2 光学与人文学科的互动

光学本属自然科学的范畴,但现实的光不是孤立的载体,而是万事万物可视之前提。课程设计引导学生了解光学的广博性特征,探究该时期以光学为代表的自然科学学科发展与绘画艺术、建筑美学等学科交融。如针对起源于人类描绘影子的轮廓的绘画艺术,选择早期不同题材、实现方法的绘画遗迹和相关的典籍记录进行分析,可探究人类在历史早期自我认识的状态、对光学原理的理解应用水平、探究世界的能力和相关的社会文化背景等议题。对比中世纪的欧洲建筑罗马式教堂和哥特式教堂的光学运用风格,深入理解光学如何以创新的方法、独特的方式表现人类的主观精神世界,唤起人类意识情感的共鸣。

以上述光学跨学科互动事件的教学设计为代表,引领学生从跨文化、多学科的广阔视角看待光科学发展的意义,探讨与之相关的人生或社会议题,思考科技发展与人类文明进步的辩证统一关系,树立正确的历史观和价值观。

5 课程教学的创新

对比传统科学史课程,本模块的课程设计注重科学教育和人文教育的结合,实现如下创新:在设计理念方面,在构建西方光学萌芽时期的传统知识体系基础上,对应展示中国古代不同时期的光学研究案例。从中西方国家的文化基因、科学思维、研究方法、跨学科技术应用等角度进行比较分析,探讨以光学为代表的自然科学发展与社会历史文化之间的关系。本模块的教学设计注重科学性、人文性与思想性的结合,提升不同专业学生的光科学素养的同时,引导其树立正确的历史观、价值观和科学观,培养弘扬中国文化和发展中国科技的社会责任感,可有效实现通专结合、科教融合。在教学内容组织方面,以光学问题为导向,纵向追踪典型光科学问题的研究和科学研究方法的演变历程,横向对比不同文化背景条件下产生的科学思维方式与科学研究成果的异同。在教学实施方面,第1层次是以思维导图的形式导入,学生利用在线资源的自学初步构建本模块光学的基本知识体系;第2层次通过案例的对比分析深化理解光学研究中的科学思维,思考社会文化背

景与科学发展的关系;第3层次是广泛了解光学的跨学科互动关系;结合2和3层次的学习收获优化原思维导图的设计,展示对本阶段光学发展的立体理解.课程除了常规讲授之外,同时设计与科学思维分析、社会问题相联系的主题讨论或者小组任务,培养学生独立思考、批判性思维和团体合作的能力,提高学生学习积极性与参与度.接下来,我们会进一步优化现有教学设计,建设与之配套的在线教学资源库,合理设计师生互动环节,提升课堂教学的效果.另外,可适当融入“创新教育”元素,培养学生批判性思维和创新性思维,进一步与创新教育融合.

6 小结

本论文介绍了立足于中西方光学萌芽阶段发展史的教学设计,探讨不同社会文化背景下光学发展的共性与差异问题.课程从知识、科学思维和文明三个维度组织教学,在构建基本光学知识体系的基础上,实现对光科学问题研究体系的纵向深入剖析和对不同文化社会背景的横向对比,引导学生思考对科学传承和理论体系发展产生影响的因素,反思科学发展的社会性和复杂性;引领学生从跨学科的角度思考自然科学与人文、社会学科之间的互动关系,培养学生具备多元思维方式、全局全球视野,建立自然、社会与科技和谐统一的科学发展观.本设计也可作为光学专业的导论课,与课程思政建设有机结合,提升专业学生的科学精神、历史使命感和社会责任

心,更好的实现国家高等教育“双一流”建设战略中人才培养的要求.

参考文献:

- [1] 杨叔子.科学教育与人文教育交融是培养高级人才的必由之路[J].中国大学教学,2002(10):11-14.
- [2] 陈向明.对通识教育有关概念的辨析[J].高等教育研究,2006(03):64-68.
- [3] 黄坤锦.大学通识教育的基本理念和课程规划[J].北京大学教育评论,2006(4),3:26-37.
- [4] 弗·卡约里[美].物理学史[M].戴念祖,译,范岱年校.中国人民大学出版社,2010.
- [5] 韩从耀,沙振舜.中华图像文化史:图象光学卷[M].中国摄影出版社,2016.
- [6] 钱兆华.西方科学的文化基因初探[J].自然辩证法研究,2003(08):53-58.
- [7] 晋世翔.中世纪光学思想史的渐进论编史纲领[J].自然辩证法通讯,2015,37(02):68-74.
- [8] 王哲然,赵友钦小孔成像研究来源初考[J].自然科学史研究,2014,33(04):394-410.
- [9] 鲍健强,叶瑞克.科学方法论[M].杭州:浙江人民出版社,2011.
- [10] 郭奔玲,沈慧君.物理学史[M].2版.北京:清华大学出版社,2005.
- [11] 吴宗汉,周雨青.物理学史与物理学思想方法论[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [12] 刘芳.建筑的天文学内涵与表征[D].天津大学,2017.

The scientific thinking in the embryonic period of optics with the comparison of Chinese and Western civilization

GAO Qi-ni², GUO Zheng-xin², DENG Hao-yi², OUYANG Min¹

(1. School of Information and Optoelectronic Science and Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006, China;
2. School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

Abstract: On the purpose of the Science Education, the teaching design of the general course module “Let there be the light” will be realized basing on the development history of the budding period of Optics in China and Western countries. It will guide students to understand the evolution process how different social groups in early human history understand the basic optical problems from subjective knowledge to objective understanding. We explore the development of the theoretical system of optical knowledge in this period, consider the impact of Chinese and Western civilization on the formation of scientific thinking and the evolution of research methods, understand the relationship between optical development and human civilization from a multidisciplinary perspective.

Key words: science education; general course of optics; optical budding period; scientific thinking; contrast between Chinese and Western civilizations