

基于专题导向的开放式材料物理课程教学探索^①

唐剑锋, 程南璞, 李元, 陈志谦

西南大学 材料与能源学部, 重庆 400715

摘要:在国家大力倡导“新工科”建设与高校按学科大类进行本科招生的改革形势下,作为工科材料类本科专业基础课程的“材料物理”,无论从教学内容还是教学形式上都迫切地需要进行改革,以适应新的国家产业结构调整与制造强国战略对卓越工程人才质量的要求。通过专题化的课程内容编排,强化实验教学,以及采取更加开放和多样的教学形式等手段,探索多维度培养学生综合能力的课程教学新模式,以期为新形势下高等学校工科课程教学改革提供借鉴。

关键词:材料物理;教学模式;专题导向;综合能力

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)01-0154-05

随着“新工科”建设序幕的拉开以及高校本科按大类招生培养模式的推广,新型卓越工程技术人才的培养将更加注重工程实践、理工融合和学科专业的交叉^[1-2]。课程是培养人才素质与专业能力的核心环节^[3]。工科专业课程,特别是基础与核心课程的教学模式将面临着适应新时期科技发展与产业结构调整的要求。专业基础课程的教学内容也将更加注重引导学生从理论走向应用,从单一专业走向学科交叉,从成熟技术走向科技前沿。材料作为科技发展的基石,高校材料类本科专业人才的培养要主动接轨和融入当前国家“新工科”教育改革主流,适应制造强国战略规划。为此,相关课程的设置及教学模式的改革迫在眉睫。

“材料物理”是高等学校工科材料类专业的一门专业基础课程,旨在利用物理学的理论来阐述材料所具有各种性能的微观机理。课程内容涉及物理的多个分支,如统计物理、量子力学、晶体学和固体物理等,以及材料领域内的制备技术、结构与性能表征、应用等知识^[4]。通过课程学习,学生需对材料的性能,特别是材料功能特性(热、电、磁、光、声等)的物理内涵有深入的认识和理解,为将来从事材料相关工作,尤其是功能材料与器件的设计、制备、研发与检测奠定基础。

现行的材料物理课程多承接固体物理的理论体系与教学内容,授课形式以理论讲授为主,对于在物理学基础知识储备上相对薄弱的工科材料类本科生,过于浓厚的理论教学氛围使课堂变得较为枯燥,不利于激发学生的学习兴趣,最终难以获得好的教学效果。为适应“新工科”人才培养的要求,重构课程内容,强化知识应用,探索更加开放的教学模式,注重学生综合能力培养的课程教学改革势在必行。本文将论述近几年来笔者所在西南大学材料与能源学部(本文简称“学部”)在材料物理课程教学中采取的以专题导向为切入点,强化实验教学,将理论与实验教学相互融合,力求多维度提升教学成效和人才培养质量的课程教学新模式,为高等学校工科基础课程教学改革提供借鉴。

① 收稿日期:2018-08-27

基金项目:西南大学教育教学改革研究项目(2017JY085)。

作者简介:唐剑锋(1984—),男,副教授,博士,主要从事材料科学与工程相关课程教学以及稀土发光材料的研究。

1 改革措施

在本科层次按专业招生和培养的时期, 根据不同专业人才的培养目标, 学部在材料物理专业开设了“材料物理学”课程, 而在金属材料专业开设了“材料物理性能”课程。每门课程设定 54 教学课时, 其中包含 18 课时实验环节。在理论教学内容上, “材料物理学”侧重于对与材料相关之物理内涵的精析, 而“材料物理性能”侧重于对物理性能概念的理解以及不同种类材料的物理性能表征和应用。相关任课老师在课程内容和教学模式方面曾开展了深入的探讨^[5-6]。然而, 近年来随着西南大学推广实行了按学科大类招生、分流培养的本科人才培养模式, 结合“新工科”建设要求, 材料类新型卓越人才培养也需更加注重“宽口径、厚基础、强能力”的培养目标。为适应新的人才发展形势, 教研组在材料物理相关课程内容整合和教学模式探索等方面进行了改革, 力求通过课程学习, 使学生的专业素质和综合能力得到更全面的培养。

1.1 整合课程, 强化实验

将原本分别为 54 课时的“材料物理学”和“材料物理性能”两门课程合并为新的“材料物理”理论课程, 课堂教学设置为 63 课时。同时, 作为平行实验课程, 单独开设 40 课时的“材料物理基础实验”。由此, 将原本两门累计为 108 课时的课程, 实际调减为总计 103 课时的新课程。在教学内容编排上, 整合教学内容, 将材料物理学的基本物理理论与材料性能直接衔接, 更加注重材料不同结构层面决定相关物理性能的基本原理、物理内涵和重点概念的教学, 让材料物理课程体现出材料的特点, 而不仅仅是物理学的理论。通过教学内容的优化与整合, 让理论教学有了更加明确的学科针对性。相比之下, 实验课程的单独开设也为学生将理论知识应用于实践的能力培养提供了保障。通过延长实验课时可以组织开设更加丰富的实验项目, 开展多样化的实验教学形式, 对理论学习也将起到更好的巩固。

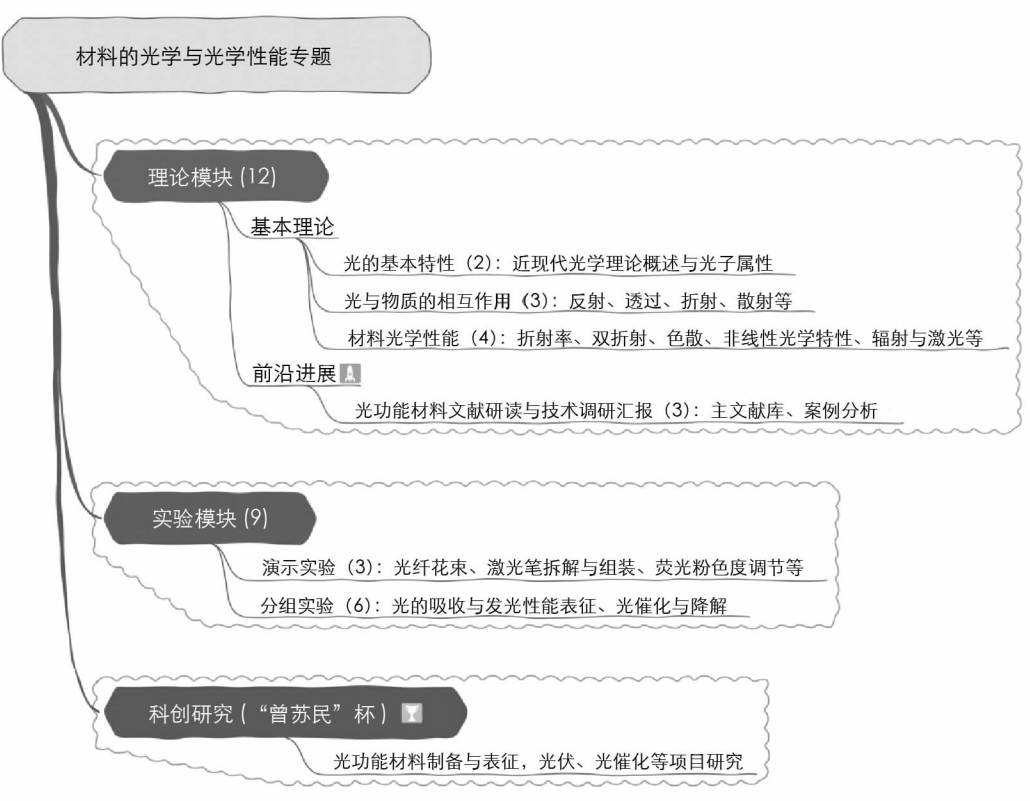
1.2 以专题为导向的课程内容编排

在新的“材料物理”课程内容编排上, 课程内容按专题编排, 打破章节限制。考虑其作为材料类专业的基础课程, 专题的设计融合了材料的学科范式, 即物理内涵要结合材料的组成、结构、性能与应用的关联特性, 同时注重实验与理论教学相结合, 以此强化对理论的认识和理解。

通过课程整合, 教研组将课程内容划分为若干个系统化的教学专题, 围绕专题设计教学内容, 既包含理论上的基本原理和概念, 也注重引入对应材料科学与工程领域发展的典型案例, 让理论教学与实际科技问题紧密关联。例如, 图 1 为教研组设计的“材料的光学与光学性能”专题教学纲要导图。本专题安排的理论教学为 12 个课时, 实验教学为 9 课时。理论教学注重基本概念解析与原理阐释, 并通过针对性地设置“前沿进展环节”将相关理论内容以案例教学的方式自然拓展至典型的材料(光功能的半导体、电介质、玻璃与高分子等)及相关应用技术, 使得学生能够充分认识本门课程的知识以后将在哪些领域或技术中应用。实验作为理论教学的补充与延伸, 实验内容既要体现与理论的关联性, 以此增强学生对基本理论的理解, 又要能够培养学生的基本实验技能, 增强动手能力。此外, 教研组还分别按照材料的热学、电学、磁学和功能耦合与转换等不同类别分别设定了相应的教学专题。为了体现专业基础课程教学在打好学科与专业理论基础的同时兼具引导专业发展的特性, 教研组在常规教学环节之外设定了与科创研究相关的环节, 充分利用“曾苏民杯”科创竞赛(学部设立的专门资助本科生创新研究的科技项目, 由学生自主选择导师和确定题目申报)的研究成果, 使基本教学环节得以有效拓展。

1.3 开放式教学, 全面提升学习能力

为适应专题导向的课程设置, 课堂教学采取小班制, 规模控制在 30 人以内, 实验教学根据硬件条件分组, 保证学生充分的操作机会。授课教师在讲授基础理论的同时更多地采取启发式授课法, 注重从直观认识到理论升华。此外, 在课程的其他环节, 授课老师也更多地扮演教学的组织者和指导者的角色, 着力营造出有利于发挥学生主动学习积极性的开放式教学情境。



括号中的数字表示对应教学课时数。

图 1 材料光学与光学性能专题教学纲要导图

以材料的光学与光学性能专题为例，授课老师实际课堂讲授仅为基本理论部分，约为 9 课时。在此环节中，理论授课注重通过基本概念解析和原理阐释使学生理解材料性能背后的物理内涵，剩下 3 课时作为学生自主学习的汇报课时。在此之前，教研组针对本课程建立起一个以光功能材料前沿进展为主题的主文献库，选取近 5 年内在相关学科重要期刊杂质发表的研究论文，数量约为学生人数的 120%。同时结合近年来的发明专利拟定若干光功能材料发展和应用的典型技术案例，建立起专题资料库。学生自行编组，根据自身兴趣从中选择一定数量的文献开展阅读或案例进行分析，并将学习的成果在课堂上进行限时汇报和答辩。课堂上尽量安排每一个学习小组甚至是每一位同学都有学习汇报和参与提问与讨论的机会，以此开展自主学习和知识分享，调动学习的积极性。

实验模块采取演示和分组实验教学相结合的方式。选取一些材料易得，操作简便的小实验，在老师的指导下由学生代表完成演示操作。通过“演示—观察—启发”的方式，为学生提供理论学习中的“直接经验”和感性知识，引导学生观察和思考。例如，在材料的光学与光学性能专题的演示实验中，利用教学用激光笔与光纤束来演示光纤花束的实验，通过实验引导学生对玻璃光纤中光的传播原理的思考，并进一步认识光纤作为信息时代信号传输介质的重要意义。而在材料的热学与热性能专题中利用实验室大量损坏的热电偶，让学生进行拆解和维修，引导学生思考金属热电偶的测温原理，进一步了解在高温测试领域的常用技术与选材标准。分组实验则作为培养学生动手和协作能力的基本环节，充分利用学部的教学科研设备，确保每名同学均有自行调试并采集实验数据的动手操作机会，引导学生发现和解决实验过程中的问题，保证规定实验内容的完成质量。除此之外，结合实验条件，鼓励学生设计开展创新综合实验，通过实验内容分工和小组间合作完成较大型的实验设计，培养材料研究的整体思维能力，增强学科意识。

科创研究是基本教学的补充环节，也是培养学生解决问题能力和创新精神的重要载体。这一环节主要依托学部近年来专门面向本科生开展的“曾苏民杯”科创研究活动。在学部大力支持下，大多数本科学生都有机会在导师的指导下开展课题研究。本课程充分利用这一活动，教研组提前搜集整理了研究立项中与教

学专题相关的项目, 鼓励参研学生对第一手研究资料进行汇编整理, 机动安排约 10% 的理论教学课时进行研究汇报与讨论, 让部分同学分享参与获取新知识的经验与方法, 实现全员受益。

1.4 综合考评, 注重激励

考评的关键在于形成有效的激励与约束。本课程的考评坚持有利于学生发展的原则, 考评由约束性考评和激励性考评两部分构成, 后者注重过程性评价。与传统的课程评价制度相比, 本课程打破平时和期末考评固定占比方式, 针对学习过程的各环节制定了弹性比重, 增强了课程考核的灵活性和全面性。对于理论模块的学习采取约束性考核, 由平时成绩和期末考试按比重构成。平时成绩中尤以前沿进展汇报的占比最高, 视情况占平时成绩总量的 60%~80%。在汇报环节中, 对涉及分组协作的学习环节, 在考核上将集体考评等次和个体考评分相结合, 针对集体考评的总等次对个体考核设定分数段, 依据参与度和个体效能评定个体得分, 达到激励的目的。同时, 为保证公平性和参与度, 此环节的考评也组成了学生代表评定小组, 与任课老师共同完成现场评价。授课教师要善于把握学生的优点并进行充分的肯定, 让学生通过汇报与交流展现自信。实验与科创研究环节的考评以考查为主。依据学生对实验的参与度、操作动手表现和数据处理与分析, 以及对实验的改进设想等进行综合评定。与此同时, 在实验考核中引入学生自评, 在完成实验报告之外要求学生对自身参与实验进行评价, 给出自评成绩和主要参考依据, 最终纳入实验成绩评定参考。

此外, 为提升学生对专业课程学习的积极性, 学部专门为本科学生成立了以专业课程学习成绩为评定基础的“曾苏民学业奖”。通过课程体系调整, 材料物理类课程理论与实验教学在整个本科培养方案中的总学分达到 5 分, 在专业必修课程中的占比接近 10%。由于课程的学分权重较大, 学生通过本课程的学习获得好的成绩将有助于争取学业奖学金, 这也成为激励学生积极完成课程任务, 取得优异成绩的重要因素。

2 成效反馈

从近 2 年的教学实施情况以及学生访谈来看, 大约 85% 以上的学生赞同这一课程教学的新模式, 认为“通过专题化的课程设置有助于提高课程知识的凝聚度和系统化”“让出一部分课堂教课时间用于自主学习汇报能够充分调动同学们的学习积极性, 促进大家在课后充分利用时间提升学习能力, 拓展专业视野”“打破传统固定式考核方式有助于全面评价同学们的学习效果, 特别是对于主动学习, 善于分享, 勇于探索的部分同学得到了激励, 加强了老师与学生之间的沟通与交流”等。课程学习使得多数学生的自主学习能力、文献检索能力、演讲与表达能力以及评判性思维能力有明显的提升。与此同时, 也有 10% 左右的同学反映教改看似将课程精简, 实则给学生增加了学习的负担, 在课程学习上表现出一定的消极应付。事实上, 反映类似情况的学生在学习上缺乏主动性, 仍旧习惯于通过老师的安排进行按部就班, 抱着学习只为应付考试的心态。下一步教研组考虑将在课程学习的前期开展学习调查, 通过合理编排学习小组以及教师主动介入引导等手段来激励这一部分学生的学习积极性, 提升整体教学效果。

此外, 笔者所在的西南大学材料与能源学部是一个典型的以学科交叉为特点的人才培养单位, 集聚了一大批从事新材料、清洁能源和生物医学等相关领域研究的高级人才。通过以“曾苏民杯”创新科研项目为切入点, 使部分学生的亲身科研实践引入课堂分享, 一方面使分享者本身的学术汇报能力得到提升, 同时对于其他学生来讲, 可以通过课堂分享接触到更多的与材料相关的其他学科知识, 增强对学科交叉的了解, 培养对材料科学与工程学科的兴趣, 为以后的学习深造或从事更具挑战的工作奠定基础。

3 结束语

教学过程不仅仅是老师将知识传授给学生, 更重要的是要为学生创造出有利于发挥主观能动性的学习情境。通过营造良好的教学环境、引导个人兴趣和激励主动学习行为, 为学生成功完成课程学习和能力提升创造出最佳条件, 已成为专业课程教学的重要目标。材料物理课程教学改革是学部材料类卓越人才培养

模式整体改革下的一个重要环节,通过课程的重新整合使其更加符合全面提升材料类工程人才综合能力与素质的要求.课程改革的顺利实施与相关成效的取得依赖于培养方案以及人才培养总体环境的升级.在课程教学的实施中,任课教师更重要的是扮演学习活动的组织者,以课程作为平台,搭建起学生和学科知识的桥梁,依靠多种开放式教学形式的改革,引导学生完成从理论认知学习到知识构建学习的转变,实现综合能力与素质的多层次、全方位提升.这一课程改革的探索对于在“新工科”建设和大类招生形势下其他相关专业基础课程的教学改革也将有一定的借鉴意义.

参考文献:

- [1] 教育部.新工科建设指南(“北京指南”)[J].高等工程教育研究,2017(4):20-21.
- [2] 陈 慧,陈 敏.关于综合性大学培养新工科人才的思考与探索[J].高等工程教育研究,2017(2):19-23,47.
- [3] 马立新,宋广元,刘云利.地方院校如何构建创新性应用型人才培养课程体系[J].中国高等教育,2017(24):34-35.
- [4] 熊兆贤.材料物理导论[M].北京:科学出版社,2007.
- [5] 林 华,李 庆,陈志谦.材料物理专业创新型人才培养实践教学体系的构建与实践[J].西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(3):161-164.
- [6] 宋 波,郭 宁,何 洪,等.“材料物理性能”课程教学改革探索[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(1):144-147.

On Open-Style Teaching Method in Material Physics Based on Topics Orientation

TANG Jian-feng, CHENG Nan-pu, LI Yuan, CHEN Zhi-qian

Faculty of Materials and Energy, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Under the situation that China vigorously advocates the construction of “new engineering” and the undergraduate students are enrolled by disciplines in higher schools, the course of Material Physics, as one of the basic courses of material science and engineering, needs to be reformed urgently both in course content arrangement and teaching method, so as to meet the requirement of training outstanding engineers. In this article, an open-style teaching practice has been introduced for cultivating the students’ all-round learning abilities based on the topic-orientated course arrangement and strengthened experimental training. This reform of teaching and learning method in Material Physics is expected to be as a reference to promote the teaching reform of engineering courses in colleges and universities under the new situation.

Key words: Material Physics; teaching mode; topic-oriented; comprehensive ability

责任编辑 潘春燕