

面向新工科的材料类专业《固体物理》课程教学模式创新探索

明磊 汪熙兆 欧星 刘洋

中南大学, 中国·湖南 长沙 410083

摘要: 在新工科建设背景下, 材料器件类专业作为国家战略性新兴产业发展的核心支撑, 亟须培养具备创新思维和实践能力的复合型工程科技人才。《固体物理》作为该专业的重要基础课程, 其教学内容、方法和考核方式亟待改革以适应新时代需求。论文结合新工科理念, 从教学内容整合、教学方法创新、考核方式多元化三方面提出改革措施, 旨在提升学生的科学素养、实践能力和创新意识, 为材料器件类行业输送高素质人才。

关键词: 新工科; 固体物理; 教学改革; 材料器件类专业

Exploration of Innovative Teaching Mode for *Solid State Physics* Course in Materials Science Majors for New Engineering

Lei Ming Xizhao Wang Xing Ou Yang Liu

Central South University, Changsha, Hunan, 410083, China

Abstract: Under the background of new engineering construction, as the core support of the development of national strategic emerging industries, it is urgent to cultivate compound engineering science and technology talents with innovative thinking and practical ability. As an important basic course of this major, the teaching content, methods and methods of assessment need to be reformed to meet the needs of the new era. Combined with the new engineering concept, this paper puts forward reform measures from three aspects of teaching content integration, teaching method innovation and diversification of assessment methods, aiming to improve students' scientific literacy, practical ability and innovative consciousness, and provide high-quality talents for the material and device industry.

Keywords: new engineering; solid-state physics; teaching reform; materials and components major

0 前言

自党的十八大以来, 围绕教育改革发展领域, 总书记提出并阐述了诸多创新性理念、前瞻性思想和战略性观点, 由此构建起具有鲜明时代特征的习近平新时代中国特色社会主义思想理论体系。2017年, 教育部启动“新工科”建设, 旨在应对新一轮科技革命和产业变革, 培养具有创新能力和实践能力的复合型工程科技人才。2020年, 教育部进一步推动新工科建设, 提出建设“未来技术学院”, 旨在培养未来科技创新领军人才, 推动高校教育模式创新。随着科学技术的快速变革和新型能源的快速发展, 材料器件类专业成为支撑半导体、新能源、高端制造等战略性新兴产业发展的关键学科, 为科技创新提供知识储备和人才支持。材料类专业作为我校的重点专业, 始终将培养出符合国家战略需要、具备专业知识素养以及科技自主创新精神的复合型人才作为学科首要目标。

《固体物理》作为材料类专业核心基础课程, 主要研究固体的结构、物理性质、组成它的微观粒子之间的相互作用关系和运动规律, 其基本任务是从微观上解释固体材料的宏观物理性质, 主要理论基础是非相对论性的量子力学, 电

动力学以及统计物理, 通过揭示固体材料的微观结构与宏观性能关系, 为学生后续学习专业相关课程以及实验实践奠定理论基础。然而, 传统固体物理教学模式存在教学内容固化的问题, 即教材以基泰尔体系为主, 侧重数学公式的推导, 而忽视应用场景与前沿动态。由于固体物理学理论性较强, 伴随着众多较为繁琐的概念、推导、公式和结论, 使得学生理解和应用知识点的难度较大, 容易打击学生学习的自信心和积极性, 不利于专业人才的培养。此外, 固体物理传统的教学方法较为单一, 由于课时有限, 课程内容较为丰富, 传统课堂教学往往采取填鸭式教学, 形式过于单调, 缺少师生间的互动, 课堂气氛难以被调动起来, 导致学生被动接受知识, 缺乏自主探究精神。不仅如此, 传统固体物理教学还存在考核方式较为片面的问题, 课程考核依赖期末闭卷考试, 导致学生倾向于考前“临时抱佛脚”, 无法真正理解掌握知识, 更难以将知识与实际应用结合起来, 忽视创新与实践能力评价。

固体物理作为现代科学技术的重要基础, 推动着学科内容的持续更新与拓展。随着新工科建设提出“创新驱动、交叉融合、实践导向”的要求, 基于这一发展趋势, 亟须通

过课程改革解决上述问题。为了满足新工科背景下对材料器件专业人才培养的需求,论文结合文献调研与实践经验,对固体物理学课程教学提出系统性改革方案,包括对教学内容、教学方式和考核方式等方面提出一系列改革措施,调动学生主观能动性,激发学生创新实践思维,实现高水平授课,形成以课题研究为导向的人才培养模式,以期对《固体物理》教学提供新思路。

1 新工科背景下固体物理教学内容改革探索

1.1 教材分层化重构与前沿知识整合

当前教材体系存在两大问题:一是传统教材上知识点较为分散,且偏向于理论与公式的推导,还涉及量子力学、高等数学以及晶体学等前置知识,学生因初期基础薄弱,容易产生畏难情绪,难以真正投入精力去理解和掌握课程知识。二是课程中的理论与应用脱节。固体物理学是一门不断在发展的学科,当前技术变革日新月异,而课堂上的案例已经陈旧过时,未结合新能源材料、半导体器件等实际需求。

基于新工科对多学科交叉融合的核心理念,教学内容需紧密围绕材料器件类专业需求展开系统性重构。教师在教材设计中需分层规划,优先讲解具备实际应用潜力的知识点,并在传统教学内容中融入前沿科技动态与行业热点。通过深度融合传统理论框架与学科发展动态,实现知识结构的系统性重构,既强化了课程内容的整体关联性,又构建起“基础—应用—创新”的立体化知识框架。一方面,在“基础”模块中侧重介绍电子能带理论、晶体结构等核心概念,弱化复杂数学推导的技术细节,转而聚焦于理论框架的构建与物理模型的诠释;另一方面,在“应用”模块中,系统整合半导体器件、新能源材料等领域的科研成果与工程案例,引导学生参与课题研究,使得学生将教材知识与实际应用结合。这种整合式教学策略不仅有助于学生深入理解固体物理核心原理、以解决实际问题为目的进行理解与思考,更能有效培育其工程实践思维与创新能力,为后续专业课程的深度学习提供坚实的理论支撑与方法论基础。

课程实施过程中,需建立动态化知识更新机制。引入顶刊的最新研究成果,引导学生掌握从基础理论到技术落地的转化逻辑;组织学生参与教师团队的科研项目,使理论学习与工程实践形成闭环;通过学术报告研讨、国际会议模拟等环节,强化学生运用第一性原理计算、分子动力学模拟等工具开展创新研究的能力。通过此类训练,不仅能够提升学生对固体物理本质规律的理解深度,更可培育其系统化工程思维,最终实现从知识接受者到技术革新者的角色转变,从而适应全球化竞争需求。

1.2 人文与思政教育渗透

《固体物理》作为一门理论体系深邃的学科,其基础理论深奥,内容丰富,各部分知识相互联系又各有特点,这便使得学生在尚未完成系统性课程的情况下,难以自主构建

知识点间的内在关联。然而,这些看似离散的理论成果并非凭空产生,而是凝聚着科学史上无数研究者前赴后继的探索智慧。在教学内容中适当的引入物理学发展史^[1],从历史角度讲述物理规律的演绎过程,可以让学生生动地体会到固体物理学史发展的魅力,与历史上的物理学大师进行跨时空的交流。基于此,将科学史维度引入课程教学具有双重价值:在认知层面,通过还原晶体衍射、能带理论等重大发现的演进历程,可生动展现学科发展的脉络逻辑,使抽象概念具象化;在育人层面,经典案例中蕴含的科学精神与创新思维,能够有效拓展学生的学术视野,促进其对科学本质的深度思考。

在当代信息多元化背景下,总书记提出的“课程思政”理念对理工科教育具有重要指导意义。特别是面向材料与器件领域的人才培养,更需将思想政治教育有机融入专业教学:通过讲述黄昆、谢希德等科学家矢志报国的科研故事,引导学生在掌握专业知识的同时,自觉将个人发展与国家战略需求相联结;通过解析芯片制造等“卡脖子”技术背后的学科支撑,强化学生在新工科建设中的使命担当。这种融合式教育不仅有助于构建更加符合“新工科”背景的育人体系,更能激发学习者将专业认知升华为服务社会的内生动力,最终成长为兼具国际竞争力与家国情怀的复合型创新人才^[2]。

2 新工科背景下固体物理教学方式改革探索

2.1 改进教学方法

在深化工程教育改革的背景下,新工科建设研讨会明确提出“三维育人目标”——知识建构、能力提升与素质拓展的有机统一。要实现为国家战略产业输送创新型工程科技人才的目标,就必不可少要突破传统单向知识传递模式,构建以学生为中心的浸润式教学情境,采取启发式教学,在教学中适时插入一些反问,启发学生去思考整个问题的来龙去脉,举一反三,贯彻“教为主导,学为主体”的原则。具体实施中,可依托固体物理课程开展梯度化教学设计:针对晶体对称性、金属自由电子论等基础性内容,采取“任务驱动+协作探究”模式,鼓励学生组建学习小组,自主开展文献研读与课件制作,通过翻转课堂实现角色转换,使学生在知识讲解、互动答疑环节中同步提升专业表达与批判性思维能力。这种融合自主研习、协作研讨、多维对话的教学形态,不仅有效带动了课堂氛围,减轻学生的畏难心理,建立起自信心,更在微观层面培养了工程人才必备的四大核心素养——自主学习力、逻辑建构力、团队协同力与创新迁移力,为后续复杂工程问题的解决奠定方法论基础。

2.2 尝试利用多媒体演示教学和模拟软件相结合的教学方式

固体物理教学面临的一大挑战在于如何将晶体结构、费米面及能带理论等十分抽象的概念转化为可供学生感知的认知图景。为了使得这些抽象的概念更直观、形象、易于

理解记忆, 破解这一难题需要借助先进的现代技术。一方面, 利用传统多媒体课件以及模拟软件来展示物理图像^[3]。例如在讲解晶体中的位错时, 可以运用动画演示来形象地显示位错的概念, 并直观地展示位错扩散过程; 在讲解金刚石结构时利用可视化工具如 Diamond 软件来展示晶体结构的动态变化, 学生通过旋转、缩放三维模型, 观察碳原子四面体配位的特点, 加深对共价键方向性的理解。这样能有效提升单位课时的知识密度与认知效率, 同时降低了理解难度, 使学生在较短的时间内基本掌握固体物理基本原理和应用范围。另一方面, 引入 Materials Studio、VASP 等材料计算平台开展虚实融合教学。例如在锂离子电池正极材料专题中, 指导学生通过建模解析层状结构的 Li⁺ 扩散通道, 同步观测电子能带结构与电化学性能的关联机制。这种教学模式既能激发学生通过自主建模深化对物理原理的理解, 又架设起连接课堂知识与科研实践的桥梁。

2.3 尝试利用网络媒体辅助教学

在互联网时代, 为了充分利用网络资源并突破传统固体物理课堂教学模式的限制, 我们可以采用线上线下混合式教学。这种教学模式结合了门户网站、腾讯 QQ、微信等多种平台以及微课、慕课等多种授课方式, 旨在打破地域和时间的限制。例如, 学生与教师可以建立群聊, 用于教学交流和在线答疑, 引发进一步思考和交流。通过这种方式, 学生能够随时随地自主地解决固体物理学习过程中遇到的问题, 而教师也能更好地了解和掌握学生的学习动态, 从而提供更有效的学习咨询和指导服务, 提升了教学灵活性。

3 新工科背景下固体物理考核方式改革探索

传统的固体物理课程考核通常采用期末闭卷考试的考核方式, 但这种方式存在明显弊端。其一, 学生容易抱有侥幸心理, 往往只在考前一个月突击学习固体物理知识; 其二, 考试内容仅限于对知识的掌握情况进行考核, 而忽略了对学生创新能力和实践能力等方面的评估。为了使材料器件类人才培养更贴合新工科建设的要求, 我们需对传统固体物理课程的考核方式进行探索式改革, 增加平时课堂表现的比重、采取开卷考试以及撰写课程论文的考核方式, 更注重学生创新性的培养。课堂表现的评估侧重于学生在小组讨论、汇报

答辩等互动环节中的参与程度, 根据学生在课堂上的提问质量、回答的深度以及在小组协作中的效率和贡献程度进行评分; 与传统闭卷考试所考察的简单记忆不同, 开卷考试的设计重点在于考查学生对知识的理解和应用以及运用知识分析实际问题的能力, 试题主要聚焦于课程相关的案例分析, 更具开放性和创新性, 学生能够在掌握基础知识的前提下发挥主观能动性, 自由表达自己的见解。此外, 还可以让学生选择自己感兴趣的研究方向, 查阅相关文献, 进行深入研究, 根据已有的研究基础, 撰写一篇具有一定深度和广度的综述论文, 将课程论文纳入考核方式能够培养学生的文献检索能力和学术写作能力, 促使学生在知识输入与输出的过程中不断思考和自我完善, 从而快速提升学生知识转换的能力, 成为符合新工科建设要求的专业人才。

4 结语

针对固体物理课程教学中存在的问题, 论文以培养创新能力为导向, 并结合材料器件类专业特点, 围绕教学方式、教学内容和考核方式等方面, 提出了一系列措施, 对教学进行改革探索, 旨在提高固体物理课程的教学质量, 以期达到培养多样化、创新型卓越工程科技人才的教育目标, 以满足新工科建设对创新型复合人才的培养需求。提高课程教学质量。

参考文献:

- [1] 冯玉玲, 汪剑波, 李霜. 固体物理课程建设的探索和实践[J]. 长春理工大学学报, 2012, 7(11): 222-3.
- [2] 彭雅轩. 新工科背景下材料力学课程教学改革探索[J]. 科技视界, 2019(32): 159-60.
- [3] 聂国政, 邹代峰, 许英. 固体物理课程教学改革[J]. 高师理科学刊, 2015, 35(12): 55.

作者简介: 明磊 (1988-), 男, 中国湖北十堰人, 博士, 副研究员, 从事新能源材料与器件和金属资源循环研究。

课题项目: 中南大学学位与研究生教育教学改革研究【一般项目】(项目编号: 2023JGB108), 新工科背景下面对材料器件类专业的《固体物理》课程教学改革探索。