

新工科背景下材料物理课程教学的改进与实践

张正平, 刘梦婷

北京化工大学 材料科学与工程学院, 北京 100029

摘要 : 新工科背景下, 传统材料物理课程教学模式不再适用。根据教学研究模型, 基于学生学情分析和课程特点对材料物理课程的教学内容、教学方式和教学评价进行改进。通过学科前沿成果、科教融合和案例分析培养学生学科交叉的思维, 实现新工科背景下对具有学科交叉知识的复合创新型人才的培养要求。教学实践发现, 该课程教学改进取得显著成效, 可为同类课程教学改进提供新思路。

关键词 : 新工科; 学科前沿成果; 科教融合; 案例分析; 学科交叉

Teaching Improvement and Practice of the Materials Physics Course Under at the Background of Emerging Engineering Education

Zhang Zhengping, Liu Mengting

College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029

Abstract : Under the background of Emerging Engineering Education (3E), the teaching mode of the Materials Physics course should be developed. According to the teaching-research model, the teaching content, teaching methods, and teaching evaluation of the Materials Physics course are improved based on the student situations and the course characteristics. Through the latest achievements in the frontier research achievements, STES integration, and case studies, the interdisciplinary thoughts of students are cultivated, and the requirements for nurturing T-shaped professionals with convergent innovation capabilities under the 3E background are realized. It shows that the remarkable results have been achieved in the teaching improvement, which can also provide new ideas for the teaching improvement of similar courses.

Keywords : emerging engineering education; frontier research achievements; stes integration; case studies; multidisciplinary intersection

引言

为应对国家经济转型升级, 对工程科技人才提出了更高的要求。新工科的新体现在教育^[1]理念新、专业结构新、培养模式新、教学评价新、分类发展体系新^[2]。2023年2月, 教育部等五部门联合印发“普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案”对如何做好新工科的建设进一步具体化。强调学科专业在高等教育体系与人才培养的重要性^[3], 要求以新工科理念为引导, 推动学科交叉融合, 实现学科前沿成果与教学过程相结合、新要求与人才培养方案相一致, 从而加快对基础学科拔尖人才与卓越工程师的培养。

在新工科建设背景下, 行业发展迅速, 新能源等新兴技术不断涌现, 传统的材料物理教学^[4]难以满足具有创新能力并能应对新技术、新产业挑战的工程科技人才的培养诉求^[5], 必须要打破学科壁垒, 实现学科交叉融合。基于课程特点与学情, 以新工科理念为导向, 进行材料物理课程教学^[6]的改进。教学内容上引入学科前沿进展, 教学方式上采用科教融合, 评价体系上增加案例分析考核环节, 全方面实现培养高素质复合型新工科人才的要求。

一、课程特点

我校材料科学与工程专业在2018年通过工程教育认证, 2019年被评为国家一流本科专业。全国第五轮学科评估中北京化工大学材料科学工程专业评为A类学科, 2023年11月统计数据显示该专业全球ESI学科排名稳居前千分之一, 致力于为国家培养大批

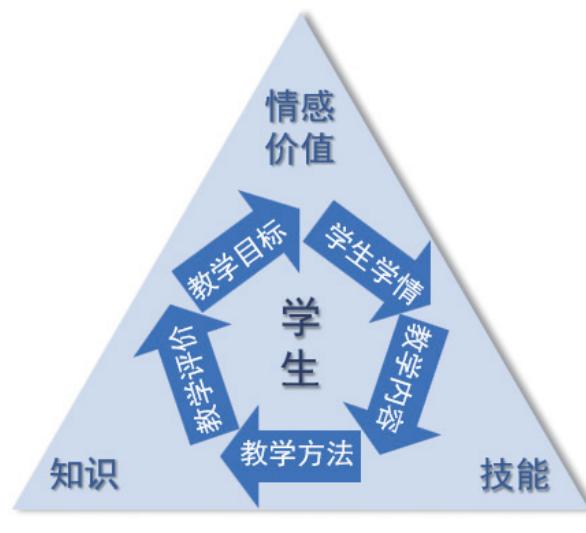
尖端技术所需要的高级材料化工人才。材料物理课程^[7]是材料与科学工程专业的核心课程, 在本科生教育与人才培养中有着重要的承前启后作用。在学习材料物理课程前, 学生已经修完“大学物理”“大学物理实验”“材料导论”“材料概论”以及部分基础化学及其实验等课程, 积累了一定的理论基础与实验能力, 学科素养与科学思维初具雏形。“材料物理”与“材料化学”及“材料

专业基础实验”同步进行，理论与实践并驱帮助学生形成学科交叉思维，为后续的“材料科学研究方法”“材料合成制备与加工”等课程学习夯实基础，以实现高素质尖端人才的培养目标。

“材料物理”是一门学术性与科研性很强的课程^[8]，其理论知识覆盖范围广几乎包含了所有材料的物理性问题且概念抽象，课时少但内容多，传统教学重理论知识忽视实践应用^[9]造成学科壁垒严重，难以调动学生的学习积极性，学生容易产生畏难心理，对所学一知半解的理论运用感到迷茫，难以培养学生的学科交叉思维。为了提升教学质量，笔者结合多年教学经验在教学内容、教学方法^[10]、教学评价做出相应的改进与实践。

二、课程改进

建立如图1所示的材料物理课程教学研究模型，从新工科理念出发，结合材料物理课程特点与学生学情，准确定位学生知识、技能、情感价值三维目标，系统的对教学内容、教学方法和教学评价进行改进，从而达到新工科理念对新时代人才的要求。



> 图1 材料物理课程教学研究模型

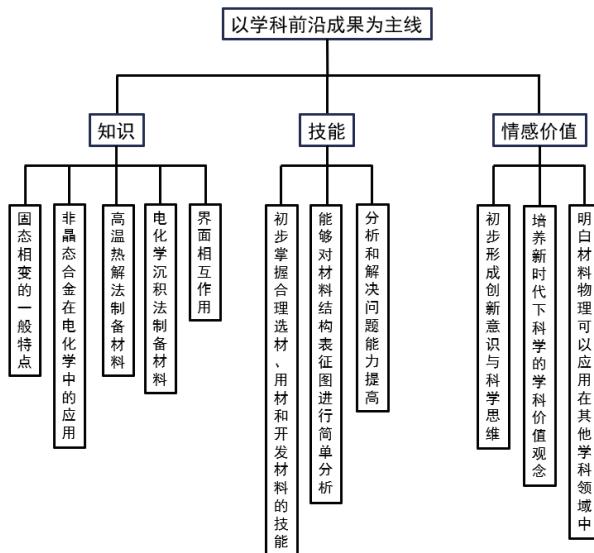
(一) 学科前沿成果优化教学内容，实现学科交叉融合

当今在材料学研究中新成果不断涌现，目前“材料物理”课程选用的教材是北京化工大学李志林老师在2014年出版的《材料物理（第二版）》，教材内容的相对滞后不可避免的会与时代产生脱节，影响了人才的培养质量。同样以学科基础知识为主的传统教学内容固步自封，学科壁垒严重，学科与学科之间脱节，缺乏对学科前沿知识的探索，大大降低了学生学习的积极性，限制了学生的科学视野，无法满足学生就业与深造的需求以及国家对复合型人才的要求。

学科前沿是学科发展的生命点^[11]，将学科前沿成果与教学内容相融合保证了教学内容的科学性，加深了学生对理论知识的理解，有效避免了与行业发展脱节，实现学科的交叉融合。学生在课堂中可以知晓交叉学科领域的最新动态，有助于培养学生的科研思路，帮助学生选择适合自己的发展方向，促进了人才培养质量的提升，因此教师选用怎样的学科前沿成果以及如何融入到教学内容中是首要解决的问题。

首先要明确学科前沿成果的引入需要在学生基本掌握理论知识的基础上，不能本末倒置重视学科前沿成果而忽视理论知识的重要性。教学内容上不能出现科学性错误，因此学科前沿成果尽可能选择教师熟悉的课题与领域，这样可以确保教师准确的掌握学科前沿成果，从而引领学生探究前沿知识，拓宽学生的科学视野，实现学科交叉融合，提升学生的科学思维和创新能力，培养学生的家国情怀与社会责任感。同样学科前沿成果引入到教学内容中，也一定程度上会促进教师科研能力的提高。

如图2所示以“材料的固态相变最后一节非晶态合金的应用”的教学为例中引入了学科前沿成果——电解制氢镍铁基催化剂^[12]，将材料物理与电化学融合衍生出材料电化学学科^[13]知识，实现学科的交叉。通过向学生介绍电解制氢镍铁基催化剂的背景，学生了解了碳中和背景下对清洁能源的研究进展，掌握了如何合理选材的技能，培养了学生的家国情怀和社会责任感。向学生介绍了两种材料制备方法：高温热解法和电化学沉积法，学生通过观察与分析结构表征图可以发现两种制备方法所得的产物不同，并判断出电化学沉积法为制备该材料的最优方法，此时教师为学生补充相对的知识即高温热解法需要强的界面相互作用力来避免原子团聚，加深了学生对高温热解和电化学沉积法制备材料以及界面相互作用力在其中的作用的理解，培养了学生分析问题解决问题的能力。这一师生互动使学生了解了非晶态合金在电化学中的应用，明白了材料物理与电化学是相互融通的，学科之间是相互交叉的。同时也帮助学生回顾了固态相变的一般特点即相界面、位向关系、惯习面、应变能的知识。



> 图2 基于知识、技能、情感价值三维角度对学科前沿成果作用分析

(二) 科教融合创新教学^[14]方法，实现多层次人才培养

教学和科研是高等院校的两大基本任务，然而科研并没有真正的融入教学，部分教师也重视科研项目而轻教学，导致教学和科研存在着失衡的现状。科教融合是在课程教学大纲的基础上教师将最新科研思路、方法、技术和成果融入到教学与实践中，使学生了解最新科学前沿动态，培养学生科学思维与实践能力，并为学生提供可以对理论知识进行实践的科研平台^[15]，满足学生继续深造的科研诉求，平衡教学与科研的比重，实现学科的交叉融

合,从而达到为国家培养创新型复合人才的培养目标。

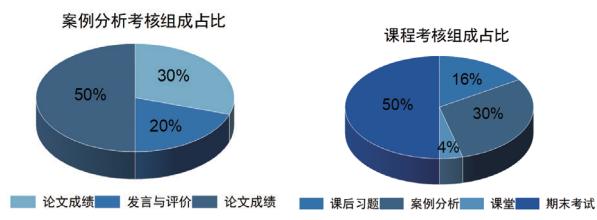
采用科教融合的教学方法,通过学科前沿成果、案例分析、项目竞赛与校企合作这三种方式深化学科交叉融合,实现在材料物理与电化学交叉学科领域中的不同层次人才培养。教学内容中引入学科前沿成果,激发学生的学习兴趣,学生初步掌握基本的科学思维与创新能力。表2的不同案例分析主题给学生提供真实的科研问题,学生通过团队合作实践课堂所学的材料物理学基本知识,拓宽了对物理量的理解,实现真正的学以致用,也培养了学生的组织能力与团队合作能力。学科前沿成果与案例分析,实现了材料物理与电化学学科的交叉融合,满足了对交叉学科基础人才的培养要求,在教学中也采用了双语教学,帮助学生更好的理解英文文献,与国际接轨。项目竞赛以及校企合作则是因材施教的为想继续深造的学生提供实践平台,实现培养交叉学科下与行业发展接轨的卓越人才的培养目标。

(三) 案例分析丰富教学评价,重视学生过程性收获

新工科背景下,增加案例分析来丰富原先单一的教学评价体系。与传统评价体系不同,新的评价体系更注重学生的过程性成果,侧重于学科交叉下学生对理论知识在实际生活中的应用。具体的考核方案见图3,其中平时成绩占20%,案例分析成绩占30%,期末考试成绩占50%。

案例分析课题的选择原则是以课程大纲为基础,学科前沿成果与学科交叉相结合。研究提纲是学生组队阅读文献搜集资料,以课题汇报形式呈现,是从内容的准确性和是否具有学科前沿成果、结构的完整性、语言的逻辑性三个维度进行评分。发言与评价则要求学生至少进行一次发言机会以及对他人的评价,这一环节的设计加强了案例分析的讨论,避免学生闭门造车,不参与他人案例讨论。论文的提交则是对研究提纲的补充,研究提纲的成绩是团队的成绩,而论文的成绩则是学生个人的成绩,这一考核部分的增加可以更直观的发现学生是否具备交叉学科思维与工程能力,也锻炼了

学生的论文写作能力。案例分析丰富了教学评价体系,帮助学生了解更多的学科前沿,实现了学科的交叉融合。



>图3 考核各组分占比

三、实践效果

通过对期末考试成绩、课堂成绩、习题作业成绩、案例分析成绩的分析发现改进后的课程教学提高了课程目标的完成度,增加了学生对材料物理与电化学课程交叉衍生出的材料电化学课程的学习兴趣,课堂取得了显著的效果。在课程结束后有学生主动报名学习材料电化学这一交叉学科课程,还有学生申请加入材料电化学实验室进行继续深造。

四、结语

结合新工科背景,基于学生学情与课程特点,对教学内容、教学方式、教学评价三个部分进行改进,促进传统材料物理课程升级转型,实现材料物理与电化学学科交叉,完成与行业接轨,并在教学中实践发现效果显著。今后在继续优化材料物理课程的教学时,除了前沿学科成果、科教融合和案例分析应用在教学上,还将考虑如何合理运用线上资源、项目式教学等方法,促进传统学科交叉融合,以更好的满足新工科背景下对高层次复合创新型人才的培养诉求。

参考文献

- [1] 张晓磊, 张钰伊, 尹亚玲, 等. 大学物理实验课程的通识教育探究——以“拉伸法测定弹性材料的杨氏模量”为例 [J]. 物理与工程, 2024, 34(02):87-91+97.
- [2] 石雪飞, 李珂. 传统工科课程在新工科建设要求下的改革 [J]. 教育教学论坛, 2020(3):80-82.
- [3] 刘红梅, 韩永萍, 侯春娟, 等. 新工科建设背景下制药工程专业化工原理教学创新设计 [J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(04):101-106. DOI:10.13884/j.1003-3807.hxjy.2021030159.
- [4] 宋娟, 杨娟, 唐丽永. “材料物理”课程的教学改革研究 [J]. 科技风, 2024, (23):7-9. DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.202423003.
- [5] 林健. 面向未来的中国新工科建设 [J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(02):26-35.
- [6] 彭军辉, 孙远洋. OBE教育理念下“无机材料物理性能”课程教学改革探索 [J]. 西部素质教育, 2024, 10(02):157-160. DOI:10.16681/j.cnki.wcqe.202402036.
- [7] 罗小华. 面向工科专业的物理课程教学改革初探——以江西理工大学金属材料工程专业为例 [J]. 广东化工, 2023, 50(19):191-192.
- [8] 秦牡丹, 刘万民. 关于《材料物理》课程教学的思考 [J]. 广东化工, 2018, 45(20):175+166.
- [9] 乔建生. 材料物理课程应用转型的教学改革研究 [J]. 邢台学院学报, 2024, 39(02):160-165.
- [10] 陈冲, 王长征, 耿婉莹, 等. 普通本科院校材料专业固体物理教学改革的探索 [J]. 广西物理, 2023, 44(03):48-50.
- [11] 冷余生, 董云川. 关注前沿推进创新——关于高等教育学科前沿的几个问题 [J]. 云南教育, 2003, (12):4-10.
- [12] Shaoxuan Yang, Ruogu Du, Yihuan Yu, Zhengping Zhang, Feng Wang. One-step electrodeposition of carbon quantum dots and transition metal ions for N-doped carbon coupled with NiFe oxide clusters: A high-performance electrocatalyst for oxygen evolution. Nano Energy, 2020(77):105075.
- [13] 李志林, 张正平, 王峰. 材料电化学工程学科交叉人才培养的问题及应对 [J]. 化工高等教育, 2022, 39(01):20-23.
- [14] 牛斐萍, 王彦平, 闫浩然, 等. 无机材料物理性能课程多维融合式创新教学的改革实践 [J]. 天津化工, 2024, 38(04):130-132.
- [15] 刘越, 郭锐, 陈伟凡, 等. “双创”视域下的物理化学课程教学改革与实践路径研究 [J]. 创新创业理论研究与实践, 2023, 6(18):16-18.