

硕士研究生的“催化原理”课程的教学改革与实践探索

肖林飞, 吴 伟*, 王 巍

黑龙江大学化学化工与材料学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2025年10月29日; 录用日期: 2025年12月1日; 发布日期: 2025年12月10日

摘 要

“催化原理”课程是化学工程与技术硕士学科研究生培养体系中重要的学位课之一。在教学过程中, 教学团队通过在授课过程中融入环境友好催化领域的研究经验, 有效地激发了学生的学习兴趣; 通过课程思政引领和构建以能力为导向的多元化课程考核模式, 在培养学生科学家精神素养的同时提高学生的学习能力和综合分析解决问题的能力。

关键词

研究生课程, 催化原理, 教学改革

Teaching Reform and Practical Exploration of the “Catalysis Principles” Course for Master’s Students

Linfei Xiao, Wei Wu*, Wei Wang

School of Chemistry and Materials Science, Heilongjiang University, Harbin Heilongjiang

Received: October 29, 2025; accepted: December 1, 2025; published: December 10, 2025

Abstract

Catalysis Principles is one of the key degree courses in the graduate training system for master’s students in Chemical Engineering and Technology. To stimulating the students’ interest in learning, the research experience in the field of environmentally friendly catalysis was effectively incorporated

*通讯作者。

文章引用: 肖林飞, 吴伟, 王巍. 硕士研究生的“催化原理”课程的教学改革与实践探索[J]. 社会科学前沿, 2025, 14(12): 185-189. DOI: 10.12677/ass.2025.14121080

into the lectures of Catalysis Principles. Through the guidance of curriculum politics education and the establishment of a competency-oriented diversified course assessment model, the course cultivated students' scientific spirit while enhancing their learning abilities and comprehensive problem-solving skills.

Keywords

Graduate Courses, Catalysis Principles, Teaching Reform

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在现代化学工业生产过程中, 80%以上的化学反应都是在催化剂作用下实现的[1], 因此, 新型高效催化剂的研制和应用是推动化工行业发展的技术核心。为了培养系统掌握催化理论的专门技术人才, 在诸多高等学校已将“催化原理”课程纳入化学工程与技术硕士学科研究生的学位基础课或学位方向课[2][3]。“催化原理”课程的主要内容包括催化作用的基本概念、对各类催化剂的组成结构和催化作用机理进行系统地分析和论述, 并对各类催化剂中的代表性案例进行剖析。“催化原理”课程的教学工作中, 在系统地讲授催化作用基本规律的基础上, 将催化领域的发展前沿、最新进展以及催化领域优秀学者对推动科技进步的杰出贡献等思政元素融入课堂教学中, 对于激发学生学习的内在动力, 并将所学到的催化理论知识应用于科研工作中具有重要的意义。

为了使學生掌握“催化原理”课程的理论知识, 诸多学者进行了有益的探索和实践。将案例教学法引入到催化原理的课堂教学中, 引导学生和老师一起分析案例问题的成因和解决问题的办法, 能够激发学生学习理论知识的兴趣和热情, 加深学生对抽象理论知识的理解[4][5]。将教学与科研相结合, 采用科研导向的教学方法有助于培养学生自主学习的能力, 增强其创新意识[6], 灵活运用所学到的理论知识, 发现科学研究工作的乐趣[7]。基于成就目标理论开展教学, 引导学生积极主动承担富有挑战性的学习任务, 实现科研能力快速增长[8]。在专业课教学工作中融入思政教育可以在向学生传授专业知识的同时提高学生的思政素养, 激发他们对所学理论课程的兴趣, 提高课程的学习效果, 实现教书育人效果的最大化[9]-[11]。

为了进一步提高我校化学工程与技术一级硕士学科的“催化原理”课程的教学效果, 本团队结合多年从事该课程的教学工作和开展环境友好催化剂设计、制备及其在石油化工、生物质资源的催化转化以及二氧化碳资源化利用等方面的科学研究经验, 从以下几方面积极开展了“催化原理”课程的教学改革与实践探索。

2. 将本团队在环境友好催化领域的研究经验融入催化原理的教学工作

酸催化剂及其催化作用是“催化原理”课程的重要组成部分。酸性催化剂在石油化工、石油炼制以及精细化工领域均获得了广泛的应用。分子筛等酸性催化剂可催化裂化、烷基化、歧化、转移烷基化、芳构化、酯化、醚化、水合等反应过程; 以分子筛为酸性位的双功能催化剂可催化加氢异构化、加氢裂化、重整等反应[12]。20世纪60年代美国Mobil公司将沸石作为石油裂化反应的催化剂, 促进了催化裂化技术的飞跃发展, 稀土改性的超稳化的Y型沸石分子筛(REUSY)作为石油裂化催化剂的应用大幅度地

提高了汽油产量和炼油装置的生产能力,被认为是在 20 世纪 60 年代炼油工业的技术革命。20 世纪 70 年代美国 Mobil 公司首次合成了新型 ZSM-5 分子筛,并用于催化甲苯烷基化等反应,提出了“择形催化”理论,对于诸多化工产品的生产起到积极的推动作用。

本团队在过去二十余年里一直从事分子等环境友好酸性催化剂的设计制备及其催化择形烷基化、转移烷基化、异构化、歧化、芳构化、加氢异构化等酸催化反应的构效关系研究,取得了系列研究成果,并培养了数十名硕士研究生。本团队在讲授“催化原理”课程中“酸催化剂及其催化作用”的章节时,不仅讲授酸中心的形成、固体酸的性质及其测定方法、酸催化作用及其催化机理以及沸石分子筛催化剂及其催化作用等理论知识,而且结合自身在环境友好固体酸催化领域的研究经验以及与合作企业过程积累的酸性催化剂的技术开发经验,将催化理论与实际应用相结合,以完成国家自然科学基金等科研项目过程中研制纳米 ZSM-5、SAPO-31 等分子筛及其催化芳构化和加氢异构化等反应过程中的构效关系等研究所取得的成效为案例,使同学们在系统地掌握酸催化作用机制的基础上结合硕士学位论文的研究工作开展分子筛等催化剂的设计制备及构效关系研究等科研实践,了解酸催化领域的发展前沿,加深对所学理论知识的理解,并利用所学到的催化理论分析解决科学研究中遇到的问题,做到学以致用。

从多年来的教学实践效果可以看到,将自身在催化领域的科研工作经验有机地融入“催化原理”课堂教学工作的教学改革和实践,引导学生建立独立思辨的精神和求真务实的态度,筑牢终身学习的方法论基础。多名研究生毕业后在研究院所或国家大型石化企业的研发中心继续从事分子筛等酸性催化剂的科学研究或技术开发工作,所取得的研究成果获得了用人单位的高度认可。他们自身也表示,在研究生就读期间通过修读“催化原理”课程不仅掌握了催化领域的理论知识,而且为他们完成硕士学位论文工作以及毕业后在催化领域开展科学研究和技术开发工作奠定了扎实的基础。

3. 将课程思政有机地融合到教学中

在“催化原理”课程的讲授过程中还注重融入思政元素,在相关的章节中讲述推动我国催化领域科技进步的著名科学家的杰出贡献和他们为国家强盛几十年如一日的忘我奉献的科学家精神,增强学生的使命感,潜移默化地激发学生的精神动能,从而将外在的科学知识传授转化为内在的价值引领,强化学生为推动科技进步、促进人类社会发而学习的内生动力。

在讲授“催化原理”课程中“催化剂的表面吸附和孔内扩散”的内容时,介绍了复旦大学化学系赵东元院士团队在国际上率先提出有机-有机自组装思想,创制了全新有序介孔高分子和碳材料,揭示了介孔独特的物质输运和界面反应规律,该项研究成果“有序介孔高分子和碳材料的创制和应用”荣获 2020 年度国家自然科学奖一等奖。在讲授“酸性催化剂及催化作用”一章时,讲述了获得 2020 年度国家科学技术进步一等奖的中国科学院大连化学物理研究所刘中民院士团队在 SAPO-34 分子筛酸性催化剂研究和应用方面的突出贡献。该团队在国际上首次开发成功并实现产业化的“甲醇制取低碳烯烃(DMT0)技术”在非石油路线生产低碳烯烃方面实现突破,对于利用我国丰富的煤炭资源,减少对石油的进口依存度等关系到国家能源战略安全等方面均做出了突出贡献。此外,还在酸催化的应用部分介绍了中国科学院山西煤炭化学研究所李永旺教授团队联合多家企业合作完成的“400 万吨/年煤间接液化成套技术创新开发及产业化”成果对发展我国煤化工产业的重要性。在讲授关于“金属催化剂及其催化作用”章节的内容时,还特别介绍了由中国科学院大连化学物理研究所包信和院士团队率先提出的基于空间限域的“狭义限域催化”概念以及采用金属氧化物和分子筛组合的双功能催化剂(OXZEO)实现合成气直接转化高效制低碳烯烃等高值化学品的突破性成果,该项研究成果获得了 2020 年度国家自然科学奖一等奖。在讲授金属氧化物为催化剂的相关章节时,列举了中科院大化所李灿院士团队利用所开发的金属氧化物与分子筛组合制备双功能催化剂实现二氧化碳加氢制芳烃的首次工业化示范的成功范例,该技术的进一步工业化

应用将有助于实现碳达峰、碳中和的“双碳”目标。

通过在“催化原理”课程的教学工作中引入以上思政元素,使学生们深切地感受到科学家们直面困难、百折不挠的拼搏精神以及自立自强、勇攀高峰的创新精神,学习科学家们在理解基本原理、推动知识进步的基础研究和由实际需求或问题驱动的应用研究中的研究方法 with 科研思维。强化学生对科学精神、科研诚信的理解与认知。在具体案例的讨论环节,引导学生进行批判性思考,了解科学研究的方法论。使学生认识到通过学习“催化原理”课程、掌握扎实的催化理论对于实现催化领域技术创新的重要性;在理论指导下开展系统的基础研究是科技创新的源头,只有科技创新并推动高新技术成果的产业化,才能推动人类社会科技文明进步。

4. 构建以能力为导向的多元化课程考核模式

“催化原理”课程的教学改革还体现在多个维度的考核内容以及考核方式的多元化。我们不仅将催化原理的基本概念和理论分析等内容纳入这门课程的期末考试试题中,而且还在试题中增加了一定比例的案例分析内容,旨在使学生利用所学到的催化理论知识解释催化剂研发过程中发现的科学和技术问题,并阐明催化剂的结构与其物化化学性能及催化性能的构效关系,揭示所研制的催化剂具有高活性和高选择性的本质原因,做到学以致用。

在优化期末考试内容的同时,对课程的考核模式也进行了多元化的探索与实践。将以往采用的期末考试作为课程成绩的唯一方式调整为期末考试、课程报告和专题演讲三部分成绩相结合的考核形式,其中期末考试的卷面成绩仅占总成绩的 60%~70%,课程报告和专题演讲的成绩占比各为 15%~20%。课程报告的题材由学生从任课教师讲授“催化原理”课程的内容中结合自己的研究方向或兴趣自主选择,课程报告的题目自拟。这样就给学生很大的自由度,鼓励学生选择自己感兴趣的题材完成课程报告。增加这个环节的目的在于培养同学查阅文献、归纳总结知识点、了解催化领域的热点问题及最新研究进展的能力,同时锻炼科研报告的写作能力。对课程报告的格式作统一要求,参考《化工进展》期刊编辑部对发表文章的格式要求完成课程报告的撰写,这样还可以引导学生查阅文献,了解综述文章撰写的基本要求,为他们在硕士期间基于自己的研究结果撰写文章打下良好的基础。此外,还设立了专题演讲环节,目的在于培养学生的团队精神,提高其表达能力以及综合分析和解决问题的能力。专题演讲的题目由任课教师提供课程的相关内容作为演讲主题供学生选择,修读课程的学生每 2~3 人分为一组,以小组为单位完成演讲报告的选题、ppt 演讲材料的制作及 10 分钟左右的演讲。每组学生选择 1 人进行演讲,演讲后任课教师现场点评,对学生演讲中表现出的积极方面给予充分的肯定,同时指出存在的不足,并给予有针对性的指导。任课教师点评后进入学生和教师的提问环节,各小组的其他同学负责回答师生提出的问题,如果演讲小组的学生不能解答问题,任课教师负责解答。任课教师还针对学生共同感兴趣的问题组织讨论,引导学生各抒己见,形成探讨式学习的浓厚氛围。专题演讲部分的分数(在总成绩中占比 15%~20%)由修读课程的所有同学和任课教师共同打分,权重各占 50%,旨在培养学生客观公平地评价他人工作的品德。

总之,通过将课程报告、专题演讲等实践环节有机地融合于硕士研究生修读的“催化原理”课堂教学中,并构建以能力为导向的多元化课程考核模式,有效地激发了学生自主学习的内生动力,提高了学生的学习能力和综合分析解决问题的能力。

5. 结语

“催化原理”课程的教学改革是提高教学效果和学生学习能力的有效手段。在教学实践中将催化领域有待解决的关键科学技术问题及发展前沿引入教学环节中有助于开阔学生的视野,激发其学习兴趣。

将催化领域著名学者的研究成果及其杰出贡献作为课程思政元素进行案例分析可以培养学生的科学家精神,激发他们学习的内在动力。通过将课程报告和专题演讲等环节融入课堂教学工作可实现教学环节的多元化,提高学生的自主学习能力和综合分析、解决问题的能力,同时有助于加强团队合作。将期末考试、课程报告和专题演讲环节等多种形式相结合的考核方式可更全面客观地考核学生的学习能力及掌握专业知识的水平。“催化原理”课程的教学改革与实践过程中取得的经验可以推广到其他课程的教学工作中,对研究生的专业课程的教学改革具有一定的参考价值。

基金项目

黑龙江大学研究生课程思政高质量建设项目(HLJDX-JPK-2022-004)、黑龙江大学教育教学改革研究项目(2022C16)、黑龙江大学“双百数智课程”建设项目。

参考文献

- [1] 吴志杰.《催化剂设计与制备》课程教学改革的探索[J]. 广州化工, 2019, 47(3): 124-125+143.
- [2] 周华从, 白杰, 杨柯利, 洪海龙, 丁大千. 研究生“催化原理”课程建设及教学改革实践[J]. 教育教学论坛, 2021(27): 69-72.
- [3] 刘林, 韩冰, 张楠, 等. 基于以学促研理念的工科研究生专业核心课程教学改革与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(2): 48-52.
- [4] 王欢, 安伟佳, 崔文权. 基于双碳背景的催化原理课程案例式教学改革[J]. 安徽化工, 2025, 51(4): 171-174.
- [5] 王艳力, 杨飘萍, 盖世丽, 贺飞, 殷金玲. 案例教学法在催化原理教学中的应用探讨[J]. 化工高等教育, 2021, 38(1): 128-132.
- [6] 巩雁军. 催化原理课程建设的思考与实践: 科学研究与教学过程的融合[J]. 化工高等教育, 2019, 36(3): 82-85+98.
- [7] 徐秀峰, 李昱琳, 王建. 催化原理课程研究生教学改革-基础知识与前沿科研成果相结合[J]. 江西化工, 2024, 40(4): 116-118.
- [8] 骆元静. 基于成就目标理论的教学模式探新——以管理学研究方法课程为例[J]. 科教文汇, 2023(10): 58-61.
- [9] 刘会敏, 吴昊. “催化原理”课程思政教学改革探索与实践[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2025, 27(1): 78-80.
- [10] 李萍, 杨含, 吴惠广, 黄菓骅, 田双红. 环境催化课程思政教学探索与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(21): 185-188.
- [11] 郑建云, 吕艳红. “三全育人”视域下研究生“工业催化”课程思政建设探索与实践[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2025, 41(3): 105-108.
- [12] 王桂茹. 催化剂与催化作用[M]. 第四版. 大连: 大连理工大学出版社, 2015.