

化学功能分子实验课程思政的探索与实践 ——以手性Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验为例

朱婷玉, 张晖, 章文伟*

南京大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(南京大学), 南京 210023

摘要: 在化学功能分子实验课程教学过程中, 对项目研究型实验——手性Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验蕴含的思政元素进行挖掘和融合, 建设思政案例库。同时结合小组研究、科学汇报等多环节实验教学, 开展全过程专业课程思政, 丰富教学育人内涵, 实现化学功能分子实验课程知识传授、能力提升和思政育人的三重功能。

关键词: 化学功能分子实验; 课程思政; 实验教学; 不对称催化

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Ideological and Political Education in the Course of Experiments on Chemical Functional Molecules: Synthesis and Catalytic Performance Study of Chiral Mn(III)Cl-Salen Complex

Tingyu Zhu, Hui Zhang, Wenwei Zhang *

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nanjing University), School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

Abstract: In the teaching process of laboratory course on chemical functional molecules, ideological and political elements were explored and integrated in the research experiment on synthesis and catalytic performance study of chiral Mn(III)Cl-Salen complex. Furthermore, combined with multi-link experimental teaching, such as group research and scientific reporting, the whole process of ideological and political education was implemented in the professional curriculum. This approach enriched the connotation of teaching and education, and realized the three functions of the course, including knowledge education, skill enhancement and ideological and political education.

Key Words: Experiments on chemical functional molecules; Ideological and political education; Experimental teaching; Asymmetric catalysis

“课程思政”是新时代人才培养的一项重要内容, 习近平总书记在全国教育大会上提出教育“要在坚定理想信念、厚植爱国主义情怀、加强品德修养、增长知识见识、培养奋斗精神、增强综合素质上下功夫”的要求。教育部《高等学校思政建设指导纲要》指出, 全面推进课程思政建设是落实立德树人根本任务的战略举措。教育部高等教育司2023年工作重点之一是加强课程思政高质量建设, 推动形成育人新成效。目前课程思政研究与建设在全国高校如火如荼地开展。化学实验是培养学生规范的实验操作和科学严谨、实事求是的科学精神的有效途径, 其课程思政模式主要是通过

收稿: 2023-11-01; 录用: 2023-12-25; 网络发表: 2024-01-10

*通讯作者, Email: wwzhang@nju.edu.cn

基金资助: 基础学科拔尖学生培养计划 2.0 研究课题(20212044); 南京大学教改研究课题; 南京大学虚拟教研室建设培育项目

挖掘和梳理实验课程、实验项目中蕴含的思政教育元素和所承载的育人功能,将思政教育与化学实验专业知识生动、有机地结合起来,渗入到化学实验课程教学中,构建专业知识与思政教育并重的教学体系。各高校在无机化学实验、分析化学实验、仪器分析实验、物理化学实验等基础实验课程中的思政探索与实施已初见成效^[1-4],但实验课程和思政教学的融合模式仍需进一步积极探索^[5,6]。综合性实验课程可挖掘的思政元素更为丰富多彩,既包含个体的品德修养、家国情怀,还包括全球前沿科学、产业发展、研究方法、职业担当、社会责任等等。根据课程思政建设在所有学科全面推进的要求,综合性实验课程也需要与思政建设同向同行,保持长期建设。如何系统设计综合性实验课程思政目标和教学模式,研究和探索思政案例库建设,更好将科学研究、创新思维、专业教育、职业认同、家国情怀等元素有机融入教学,发挥实验教学育人功能,是教师们迫切需要思考的问题。

南京大学“化学功能分子实验”属于综合性实验课程,是其前身“综合化学实验”的高阶版,课程旨在培养学生以分子功能为目标导向,综合运用各类实验原理和方法,分析和解决复杂实验问题的能力。化学功能分子实验课程思政建设扎根于综合性研究型实验项目,在传授现代化学及相关学科知识、研究方法和技术的基础上,提高学生综合运用学科知识与技术发现、分析、解决问题的综合能力,在教学环节中有机融入课程思政元素,培养学生明辨是非、正直善良的高尚道德和严谨求学、不畏困难的科学精神,实现思政教育和专业培养协同育人。

1 课程思政案例库设计

1.1 课程目标设计

随着科学技术的发展,化学专业不断产生新的技术和研究方向。化学功能分子实验是南京大学化学实验新课程体系“功能研究”模块中非常重要的一门课程^[7](总课时为128学时),其先修实验课程为化学实验基础、化学合成与表征及化学原理与测量。该课程内容涵盖催化与精准合成、光电磁材料、能源、环境以及生物医药等科研前沿领域,每个实验相当于一个小型研究项目,是化学专业学生的提升型课程。通过本课程学习,希望学生能够掌握现代化学及相关学科涉及的专业知识、研究方法和实验技术,了解学科发展趋势和最新研究动态,增强专业兴趣,激发科研热情,掌握科学研究的一般方法,初步具备科研工作者应有的科学思维、创新意识和科研能力,能够学以致用开展较为系统的综合性研究,同时坚定职业信念与责任担当,培养团队合作精神。为了达成上述教学目标,教学团队融合课程思政,积极探索结合专业的全过程育人教学模式。本文以“手性Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究”实验^[8]为例进行说明。

该实验在传授实验知识和技能的基础上,加入价值引领功能,优化设计如下教学目标:

- (1) 了解手性概念及其对药物产业的意义,了解获得对映异构体纯化合物的主要途径和方法;
- (2) 掌握合成手性Mn(III)Cl-Salen配合物的方法,将其应用于催化烯烃类化合物环氧化反应研究;
- (3) 掌握常用合成技术、分离技术及产品表征方法,提升科研兴趣,培养科研思维和创新意识,提升分析问题、解决问题的能力;
- (4) 培养严谨诚信的学习态度和团结合作精神、关心社会和产业发展,坚定科技报国的职业信念。

1.2 思政案例设计

化学功能分子实验课程的实验内容贴近化学科研前沿,相关的人物故事、学科发展、产业发展、新闻案例等元素丰富多彩。课程结合五爱教育、政治认同、家国情怀、道德修养、文化素养,凝练实验课程思政元素,建设思政案例库。如表1所示,Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验思政案例有自然界的手性、“反应停”事件、诺贝尔化学奖、手性药物的作用、不对称合成技术等等。教师可以按照教学实际选择1-3个思政案例,通过案例式教学、问题式教学、讨论式教学、实践式教学等方式耦合思政案例与实验教学内容,加强理想信念教育与专业知识传授,达到思政与专业课程协同育人的目标。

表1 Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验思政案例

融入步骤	思政案例	思政分析	教学耦合
知识引入	自然界的手性	见微知著	案例教学
	“反应停”事件 沙利度胺——“魔鬼药”到“天使药”	科学的良心与底线 追求真理的精神	
问题引导	诺贝尔化学奖	永攀高峰的科学精神	案例教学
	手性药物的作用	产业使命担当	
知识传授	不对称合成技术	辩证的科学思维	问题式教学
			讨论式教学
实操实验	手性催化剂合成技术	科学实践	独立实践
	不对称催化反应技术	团队合作	分组实践

1.2.1 见微知著，扎根基础知识

手性是自然界的普遍特征，表现为互为镜像的形态。当分子中存在不对称中心时，分子就存在对映异构体。对映异构体的原子组成一模一样，但空间结构完全不同，并可能表现出完全不同的生理现象。例如：手性与生命的关系非常密切，自然界存在的糖、淀粉和纤维素中的糖单元都是右旋的(D-构型)，生物大分子的基元材料 α -氨基酸，绝大多数为左旋的(L-构型)，而由氨基酸组成的蛋白质是右旋的。由于构成生命蛋白质的氨基酸是手性的，在用于治疗的药物中很多是手性药物。而手性药物的不同对映异构体，在生理过程中会显示出不同的药效。通过自然界中的手性现象，引出D/L、R/S、d/l、+/-和ee值等手性基本概念，向学生讲授不对称合成的基础知识。

1.2.2 坚持真理，学习优良作风

教师通过列举典型的例子——“反应停”事件，宣传坚守科学真理和职业信念的优良作风，在潜移默化中提升学生道德修养。“反应停”的主要成分是沙利度胺(Thalidomide)，1953年由瑞士CIBA公司首次合成用于治疗癫痫病，另一家德国格兰泰公司发现“反应停”具有镇静作用，可减轻孕妇的恶心、呕吐症状，并且“不良反应少”。在激进营销下，沙利度胺被誉为抗妊娠反应的良药推向了国际市场，风靡一时。但在美国申请上市时一再受阻，在美国食品药品监督管理局(FDA)药物审查部门工作的药理学博士弗朗西丝·奥尔德姆·凯尔西认为，沙利度胺报告中缺少孕期妇女使用后副作用的实验数据等重要细节，拒绝批准该药在美国上市。事实证明，弗朗西丝的坚持是正确的，除美国之外，沙利度胺导致上万例海豹肢畸形儿和不计其数的流产、早产、死胎。正是由于她利用专业知识，坚守着科学与良心的底线，从严临床药物监管，守好人民健康保证的“安全”之门，最终拯救了成千上万的美国家庭，她也因此获得美国公务员的最高荣誉——优异联邦公民服务总统奖。后来的研究发现，“反应停”是一种手性药物，右旋体具有很好的镇静作用，而左旋体却具有强烈的致畸作用。

1.2.3 追根寻底，感受化学魅力

经历了“反应停”事件，沙利度胺一度被贴上“魔鬼药”的标签。随着科学家们对沙利度胺能否作为药物使用进行进一步研究，发现其具有抗炎、抗血管生成作用，可抑制肿瘤坏死因子(TNF- α)的生成。沙利度胺后来被用于治疗麻风、结节红斑、多发性骨髓瘤、黏膜溃疡、前列腺癌、肾细胞癌等多种疾病，从一度的“魔鬼药”又转变成了“天使药”。教师通过介绍沙利度胺在一些疑难杂症中的神奇药理效果，展示出化学研究的独特魅力和无限可能，激励学生热爱化学，勇于在科学道路上追根寻底，探求真理。

1.2.4 与时俱进，关心产业发展

随着科学技术发展，医药产业使用的药物种类增加至数千种，其中手性药物占50%以上^[8]，这是由于手性药物具有更高的专一性和疗效，具有非常广阔的市场前景和巨大的经济价值。例如：常用

降压药氨氯地平, 其中左旋体具有很好的降压作用; 而右旋氨氯地平降压效果一般, 但可促使血管释放内源性一氧化氮, 有保护血管内皮作用, 适合冠心病等心血管病患。广谱抗菌药氧氟沙星也存在左旋和右旋对映体, 与右氧氟沙星相比, 左氧氟沙星抗菌活性更强, 不良反应更低, 因此左氧氟沙星逐渐取代了消旋氧氟沙星。通过举例帮助学生理解科学进步对药物产业发展和人民幸福生活的意义, 提升学生关心产业发展的意识, 坚定学生科技报国的理想。

1.2.5 敢于挑战, 提高科学素养

对映体纯手性药物可以提高药物的专一性, 排除无效(不良)对映体所引起的毒副作用, 减少药剂用量和人体对无效对映体的代谢负担, 并对药物动力学及剂量有更好的控制, 因此通过科学研究获得纯的对映体化合物是化学工作者必须面临的挑战和责任。为此, 师生进行纯异构体化合物获取方法讨论, 教师结合诺贝尔化学奖(2001年诺贝尔化学奖授予了美国科学家威廉·诺尔斯(W. S. Knowles)、日本科学家野依良治(Ryoji Noyori)和美国科学家巴里·夏普雷斯(K. B. Sharpless), 因为他们在手性催化剂的开发方面成绩斐然, 对不对称合成发展做出了突出贡献)和不对称合成发展及现状进一步帮助学生理解不对称合成的深远意义, 掌握不对称合成理论知识。通过比较获得对映体纯化化合物的不同方法(天然产物提取、外消旋体手性拆分、不对称合成), 使学生深刻认识到不对称合成是一种更为直接、经济的获取途径, 而不对称合成方法的几种反应类型(化学计量不对称合成、催化不对称合成、酶催化)中, 酶催化无疑是最为经济和高效的, 以此鼓励学生们在今后的科研中勇于挑战, 力争发展出类似酶催化体系一样高效的催化不对称合成化学体系。

2 全过程实验课程思政教学实施

化学功能分子实验教学团队利用互联网+教学, 进行全过程实验教学和教学环节管理。在传统课前-课中-课后教学的基础上, 设计课前预习-课程导入-原理探究-实操实验-讨论反思-科技论文/科学汇报-考核评价的教学环节, 设计和教学内容相适应的学习活动, 形成实验项目教学全过程科学育人, 深化思政育人及实验教学效果, 实现化学功能分子实验知识传授、能力提升和思政育人的三重功能。

2.1 安全为先, 预习先行

化学实验具有一定的危险性, 实验前预习是安全实验的前提。学生根据实验项目内容, 进行充分的文献调研和线上学习实验课程^[9], 完成实验预习报告, 做到明确实验目的、实验原理、实验操作步骤及注意事项。

2.2 课程导入, 立德树人

课程导入部分包含理论知识和思政案例, 二者同向同行、相互融合。通过选择合适的案例有机融入课程基础知识、基础理论、基本操作, 帮助学生了解手性概念及对映异构体纯化合物主要获得途径。例如首先以反应停事件为例, 介绍不对称合成发展史, 引导学生重视不对称合成, 激发学生对专业的兴趣和热情, 提高专业使命感, 以饱满的热情投入课程学习, 在今后的工作中不畏艰辛和强权, 切实履行科学工作者的责任和使命担当。然后提出问题, 如何获得对映体纯化合物? 引导学生思考并比较天然产物提取、外消旋体手性拆分、不对称合成等方法的优劣, 以及为什么选择手性Mn(III)Cl-Salen配合物作为催化剂, 进入催化不对称合成实验学习。

2.3 探究原理, 深入思考

实验原理包括合成方法及反应机理。学生在具备不对称合成理论知识的基础上, 学习“手性配合物的合成及其催化性能研究”原理。通过教师讲解实验原理和师生文献阅读交流讨论, 加深学生对手性Mn(III)Cl-Salen化合物合成方法及其催化烯烃不对称环氧化反应机理的理解, 提升思辨能力和创新能力。师生、生生互动过程中, 通过问题式教学引导学生对实验原理和操作进行深层次思考。

2.4 躬行实践, 团结协作

本实验为研究型实验项目, 实验内容包括手性催化剂Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化烯

烃类化合物的不对称环氧化反应^[10-17], 并通过GC-MS (气相色谱-质谱联用)、IR (红外光谱)、¹H NMR (氢核磁共振波谱)确证每一步合成产物。实验总时长为24学时, 分三次完成, 具体安排见表2。实验中, 学生独立进行手性催化剂的合成, 分组使用不同烯烃分子作为底物, 如: 苯乙烯、*cis*- β -甲基苯乙烯、茛、茛烯等, 选择不同的催化路径(间氯过氧苯甲酸(*m*-CPBA)和次氯酸钠(NaClO)分别做氧化剂), 考察不同结构底物分子及不同反应条件对催化效果的影响。通过独立和分组实验, 学生能够了解化学研究的一般思路和方法, 掌握相应合成技术、柱色谱分离技术及各种分析表征方法。

表2 Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验情况

教学安排	环节	实验要求	完成情况
第一次 8学时	(课前预习)-课程导入- 原理探究-实操实验	学习并掌握不对称合成等相关理论知识和技术	完成文献阅读和预习报告; 合成手性Salen配体并进行相关表征(IR、熔点、旋光度); 合成手性Mn(III)Cl-Salen配合物
第二次 8学时	实操实验-讨论反思	掌握不对称催化反应技术	纯化手性Mn(III)Cl-Salen配合物并进行相关表征(IR、旋光度); 不对称催化反应
第三次 8学时	实操实验-讨论反思- 科技论文(课后)	综合分析影响催化反应的因素, 探讨催化机理; 掌握化学研究的一般思路和方法	提纯(柱色谱)催化产物并进行相关表征(IR、GC-MS、 ¹ H NMR); 分组实验结果显著不同(催化反应速率、产率、 <i>ee</i> 值); 独立完成规范的、有独立见解的论文
课程最后一周	科学汇报	小组合作完成PPT+汇报答辩	PPT美观、逻辑清晰; 科学演讲条理清晰、表达自信

2.5 融会贯通, 反思结果

综合性研究实验每一步实验完成后, 教师会组织学生对实验结果进行汇总并展开讨论, 培养学生善于思考的良好习惯和勇于探究的进取精神。如表2所示, 不对称催化反应研究中, 学生使用手性Mn(III)Cl-Salen作为催化剂, 分别选择不同反应条件和不同底物分子, 所得实验结果显著不同。学生对反应速率、产率、*ee*值进行综合评价, 并结合所学知识和文献, 进一步对催化烯烃环氧化的影响因素和催化机理进行探讨和总结。通过选择不同底物分子及不同反应条件研究催化效果差异和探讨最佳合成路径的科研探索过程模拟, 使学生认识到化学化工领域制造中可持续发展的理念和企业责任, 最终培养学生认识、分析、解决复杂问题的能力和不畏艰辛、勇于探索、勇于创新的科学精神。

2.6 科技论文, 科学汇报

化学功能分子实验课程在学期初期会安排一位课程教师(杰出青年基金获得者)进行科技论文写作讲座, 系统介绍科技论文发表意义、写作特点、要求和基本技巧。实验结束后要求学生共享实验结果, 以科技论文形式完成实验报告, 考查并提升学生实验数据处理能力和分析问题、解决问题的能力, 帮助学生建立科学思维方式。通过科技论文写作, 掌握化学研究的一般思路和方法, 提升综合运用学科知识、技术和方法分析问题和解决问题的能力, 以及文献查阅、思辨总结和论文写作能力。课程最后一周安排科学汇报答辩, 通过小组分工协作完成PPT制作和汇报答辩, 学生文献阅读、归纳总结、PPT制作、批判思维、科学演讲、团队协作能力显著提高。

2.7 强化考核, 科学评价

结合课程思政, 在原有考核体系基础上进行优化和细化, 增加思政效果评价。如表3所示, 考核项目包含预习、纪律卫生、实验操作、实验结果、科技论文/科学汇报五部分, 融入了安全教育、可持续发展理念、诚信教学、科学思维、产业发展、专业使命等思政要点, 促进学生在掌握新知识、新技能的同时, 积极思考未来产业发展和作为化学人的担当; 鼓励学生能够辩证地分析问题, 科学地解决实验问题, 并提出优化实验方案的建议; 在小组讨论、科学汇报中, 着重考查学生的专业能力、团队合作能力和科学素养, 形成较为客观科学的全过程课程评价模式。

表3 全过程课程评价

考核项目	思政要点	评分标准	评分占比
预习导入	聚焦科研前沿、产业发展、专业使命	调研两种以上不对称合成方法	10%
纪律卫生	安全教育、严肃认真的态度	按时上课、个人防护到位、试剂仪器归位	10%
实验操作	可持续发展理念、培养专业素养	操作规范、试剂使用适量、废物处置得当	40%
实验结果	诚信教学、良好习惯	准确记录数据和实验现象, 积极讨论	20%
科技论文/科学汇报	科学素养、批判思维、团队合作	报告内容完整、分析讨论合理、演讲逻辑清晰	20%

教学团队持续两年收集学生对化学功能分子实验课程意见, 问卷平均回收率达90%。调查问卷中, 学生普遍认为Mn(III)Cl-Salen配合物的合成及其催化性能研究实验新颖有趣, 内容接轨前沿科学; 教师善于启发学生思维, 注重方法指导; 能够学到新知识和新技术, 有效提升科学思维能力。学生对化学功能分子实验课程总体评价满意率达到93%, 课程取得较好的教学效果。

3 结语

把思想教育贯穿教学全过程是新时代育人要求。化学功能分子实验课程将优质教学资源和科研成果与思政元素进行有效融合, 充分挖掘育人育教内涵, 形成具有化学学科特色的课程思政元素库。在项目研究型实验中通过科学合理的教学设计、潜移默化进行全过程课堂思政实践, 培育氛围浓郁的化学思政教育环境, 营造学思结合、学创结合的良好育人育教环境, 培养学生高尚的道德品质、提升学生的创新实践能力, 助力学生在学习过程中茁壮成长为未来的行业精英。

参 考 文 献

- [1] 伍醒, 顾建民. 大学教育科学, **2019**, No. 3, 54.
- [2] 高德益, 宗爱东. 中国高等教育, **2017**, No. 1, 43.
- [3] 张树永. 大学化学, **2019**, *34* (11), 4.
- [4] 宿艳, 王秀云, 郭慧敏, 张艳娟, 张馨文, 尚芸廷, 姜文凤. 大学化学, **2019**, *34* (11), 4.
- [5] 刘占祥, 秦敏锐, 邵东贝, 蔡黄菊, 蓝国纯, 赵华绒. 化学教育, **2022**, *43* (10), 67.
- [6] 刘雪茹, 惠壮, 李延, 李聪, 贾文涛, 赵志厚, 张荣兰, 李剑利, 王尧宇, 崔斌. 大学化学, **2022**, *37* (10), 2112088.
- [7] 章文伟, 芦昌盛, 淳远, 俞寿云, 朱成建. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2108092.
- [8] 章伟光, 张仕林, 郭栋, 赵楠, 于腊佳, 章慧, 何裕建. 大学化学, **2019**, *34* (9), 12.
- [9] 综合化学实验. [2024-01-09]. https://www.icourses.cn/sCourse/course_3787.html
- [10] 章文伟, 谌东中. 化学功能分子实验. 北京: 北京高等教育出版社, 2021: 4-9.
- [11] Zhang, W.; Loebach, J. L.; Wilson, S. R.; Jacobsen, E. N. *J. Am. Chem. Soc.* **1990**, *112*, 2801.
- [12] Larrow, J. F.; Jacobsen, E. N.; Gao, Y.; Hong, Y.; Nie, X.; Zepp, C. M. *J. Org. Chem.* **1994**, *59*, 1939.
- [13] Deng, L.; Jacobsen, E. N. *J. Org. Chem.* **1992**, *57*, 4320.
- [14] Finney, N. S.; Pospisil, P. J.; Chang, S.; Palucki, M.; Konsler, R. G.; Hansen, K. B.; Jacobsen, E. N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1997**, *36*, 1720.
- [15] Linde, C.; Arnold, M.; Norrby, P.-O.; Åkermark, B. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1997**, *36*, 1723.
- [16] Fristrup, P.; Dideriksen, B. B.; Tanner, D.; Norrby, P. O. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 13672.
- [17] Xi, X.; Shao, J.; Hu, X.; Wu, Y. *RSC Adv.* **2015**, *5*, 80772.