

以创新能力培养为中心的无机化学实验多元化 教学模式改革与实践

杨舵*, 李祥春, 赖文勇

南京邮电大学化学与生命科学学院, 有机电子与信息显示国家重点实验室, 南京 210023

摘要: 为了提高无机化学实验课程的教学效果, 更有效地为国家和社会提供综合性创新人才, 本文提出“两个目标、五个模块”的新型多元化教学模式。借助目标问题导向线上预习、案例教学引导课堂实验、学生讲解实验视频录制、自主选择兴趣拓展课堂及多元综合评价机制等教学方法, 丰富课程内容, 提高课程趣味性, 为学生创新能力和解决问题能力提供了良好的培养环境, 显著提高了教学效果。

关键词: 本科生教育; 创新能力培养; 无机化学实验; 多元化教学模式改革

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of a Diversified Teaching Model for Inorganic Chemistry Laboratory Focused on Innovation Ability Cultivation

Duo Yang*, Xiangchun Li, Wenyong Lai

State Key Laboratory of Organic Electronics and Information Display, School of Chemistry and Life Sciences, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China.

Abstract: To enhance the teaching effectiveness of inorganic chemistry laboratory courses and more efficiently cultivate comprehensive and innovative talents for the nation and society, this paper introduces a novel diversified teaching model centered on “two objectives and five modules”. This model incorporates methods such as goal-oriented online pre-learning, case-based classroom experiments, student-created experiment explanation videos, self-selected interest-based extension classes, and a multi-faceted assessment mechanism. These strategies enrich course content, increase student engagement, and provide a conducive environment for fostering innovation and problem-solving skills, thereby significantly improving overall teaching outcomes.

Key Words: Undergraduate education; Innovation ability development; Inorganic chemistry laboratory; Diversified teaching model reform

进入21世纪, 国际形势越发复杂, 大国竞争日益激烈, 中国要想始终屹立于世界民族之林, 实现中华民族伟大复兴, 离不开具有创新精神和解决问题能力的高素质人才^[1]。大国竞争说到底创新性人才的竞争, 具有创新能力和创新精神的人才越多, 国家在世界舞台上就站得越稳, 发展得越好。党的二十大报告指出, 我们要坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动, 加快建设教育强国、科技强国、人才强国, 着力造就拔尖创新人才, 聚天下英才而用之^[2]。高校作为国家教育强国和人才强国的关键节点和主要阵地, 不仅要承担科学探索、学术研究和知识创新的任务, 提供前

收稿: 2024-06-03; 录用: 2024-08-02; 网络发表: 2024-12-18

*通讯作者, Email: iamdyang@njupt.edu.cn

基金资助: 江苏省基础研究计划自然科学基金——青年基金项目(BK20240651); 南京邮电大学引进人才自然科学研究启动基金(NY223055)

沿科技成果,推动科学进步和社会发展,更重要的是为社会提供具有专业技能、思维能力和领导能力的高素质创新人才。这就需要对大学课程体系进行不断的改革和创新,从而培育出适应社会高速发展的高素质人才。化学是研究物质组成、结构、性质以及变化规律的科学,为工业生产提供了关键理论和技术,在现代社会中具有重要的地位和作用。由于其实验学科的属性,实验教学在提升学生综合素质、培养学生创新精神和创新能力过程中举足轻重^[3]。无机化学实验是大学第一学期开设的化学类专业基础课程,是所有化学类实验课程的开端,在激发学生的科研热情、规范实验操作和建立安全实验意识方面起着至关重要的作用。该课程的教学目的是让学生通过实际操作来探索和掌握无机化学基本理论、实验技能和安全操作规范,了解实验室常用药品的物理化学性质和危险性,掌握常用仪器的使用方法和基本原理,具备现象归纳和数据收集、处理能力,并培养学生的实验设计能力及严谨的科学研究精神。通过课程教学,促进学生对无机化学知识的深入理解,并激发学生对科学研究的兴趣与热情^[4]。

当下无机化学实验课程仍然沿用传统的教学模式,即教师发布实验课预习任务,学生利用课本课前预习,教师在课堂上讲解实验原理、关键操作及安全注意事项,学生分组进行实验操作并撰写实验报告。这种教师讲授、学生接收的教学模式虽然可以培养学生的基本实验操作能力,但普遍存在课堂氛围枯燥、师生交流过少、学生学习兴趣和积极性差等问题。学生不了解所学内容间的相互联系及背后的原理,知其然而不知其所以然,因此无法运用所学解决实际问题,教学效果无法令人满意^[5,6]。无机化学实验课程所面临的具体问题包括:(1) 学生主观学习态度不认真、不积极。部分学生对实验课程不重视,认为实验课不是重要课程或者课程内容过于简单,因此对待实验课程不积极、不用心。课前预习走马观花,只是将课件或书本看一遍,不懂也不会思考或主动查阅资料,只等待老师讲解。课堂上注意力不集中,即使重点强调的安全问题也毫不在意,实验操作不认真、不规范,实验关键药品添加顺序、用量及加热温度不按要求操作,实验现象不认真记录。单纯按照教师讲解的方式进行实验,只求快不求准,即使出现反常现象,也不思考实验失败的原因。撰写实验报告时,由于实验现象及关键数据记录混乱,往往出现抄袭等不良现象。课后不再思考课堂内容,出现的问题也不再关心,很快就会忘记所学内容,这种学习态度严重影响教学质量。因此,如何对课程教学内容和形式进行改革和创新,引导学生将注意力放在知识学习上,具有重要意义。(2) 缺乏创新能力和创新精神的培养环境。受我国小学和中学教育填鸭式教学影响,学生进入大学阶段,也更愿意接受老师认真讲解、学生仔细听课这种教学模式,认为学习理论知识就是课程的学习目标,机械式地接受而缺少主动思考。而在学校方面,传统的实验课教学手段比较单一,很多教师只是按照课本或课件照本宣科,很少引入与实际生活相关的扩展性内容,学生也只会循规蹈矩地进行实验操作,不去思考实验背后的原理。这样的传统教学模式就像铁路轨道,让学生只能沿轨道前进,学生缺乏自主选择和创新的机会,因此课程无法提供创新能力和创新精神的培养环境。这种方式培养出的学生很难具有解决实际问题或进行原创性研究的能力,与我们培养创新性人才的目标背道而驰。(3) 创新能力培养考核体系不健全。考核是教学工作关键组成部分,如何通过课程考核促使学生自主学习、主动思考,从而达成课程教学目标,需要教师去认真思考。在以往的无机化学实验中,教师主要通过实验报告和实验考试对学生进行考核,由于平时成绩主要来源于实验报告,学生对实验操作敷衍了事,而把大量时间用于实验报告的撰写,“美化”实验现象和实验结果,意图取得更好的平时成绩。在这种重实验报告、轻实验操作的考核体系下,甚至出现做实验的学生成绩不如专心“美化”实验报告的学生。这样培养出的学生基本实验操作技能往往不达标,创新能力的培养更是无从谈起。创新能力的培养包括多个方面,如创新精神、问题解决能力、实验动手能力的培养。目前的考核体系缺乏对创新能力的评估方法,如何为学生创造创新能力和解决实际问题能力的锻炼机会,是实验课程考核体系的改革方向。在科技飞速发展、社会日新月异的今天,如果不对化学实验课程的教学模式和方法进行探索和改革,大学生创新精神和创新能力的培养就如纸上谈兵,难以实现。此外,随着科技的迭代进步,工业规模化生产对学生的实际操作和解决问题的能力提出了更高的要

求,这就需要学校以创新性人才培养理念为基础,构建多元化的实验类课程新体系,培养学生解决复杂问题的综合能力。

国内许多电子信息类院校已经意识到培养创新能力和解决问题能力的重要性,并在课堂内外的教学内容设计、实践和考核方式等方面进行了诸多创新和尝试,意图探索出有效的创新能力培养方法。电子科技大学利用理论知识、学科竞赛和实习实践三个模块推动理论知识的实际应用,并借助教学内容和评价体系的创新,实现应用型创新人才的培养^[7]。华中科技大学则通过在课程中引入更多前沿学科知识和技术,激发学生的好奇心和求知欲,从而提升学生的逻辑思辨与创新思考能力,为国家培养拔尖创新人才^[8]。北京邮电大学则分析了互联网时代高校通过培养模式改革培养拔尖创新人才的重要性,总结了培养模式改革中的方法及工作中应注重解决的问题^[9]。国内电子信息类兄弟院校在学生创新能力和解决问题能力的培养方面的相关改革措施,对我校高素质人才的培养具有重要的借鉴意义。南京邮电大学(简称南邮)是一所以信息科学技术为特色的国家“双一流”建设高校。化学与生命科学学院(简称化生院)是南京邮电大学重点建设的科研型学院,主要致力于化学、生物科学和相关交叉学科的教学和科研工作。依托有机电子与信息显示国家重点实验室,学院拥有一支高水平的教学团队和科研团队,化学和材料学科均进入ESI学科排名全球前0.5%。学院注重科学研究和技术创新,取得了一系列具有重要影响的科研成果。除了在学术研究上取得了显著成就外,学院也十分注重学生创新能力和创新精神的培养,在培养学生方面保持严谨的科学精神和开放的创新精神,学院通过一系列多元化的教育教学改革,为学生提供广阔的创新空间和锻炼机会。我们以化生院无机化学实验的多元化教学模式改革为案例,探讨在交叉学科学院学生创新能力和解决问题能力的培养,通过研究改革举措和效果,为其他院校的实验课程提供有益的多元化教学改革方案。

1 无机化学实验多元化教学改革与教学实践

基于无机化学实验课程传统教学模式的痛点问题,对课程进行了多元化教学改革,提出以培养创新能力和解决实际问题能力为中心的学习目标,并通过目标问题导向线上预习、案例教学引导课堂实验、学生讲解实验视频录制、自主选择兴趣拓展课堂、多元化综合评价机制等五个模块来提高教学效果,从而达成学习目标(图1)。



图1 “两个目标、五个模块”的多元化教学体系图

1.1 通过目标问题引导学生主动进行线上预习,并增加线上安全教育

由于实验课的部分知识点在理论课上已经讲解过,学生往往会认为自己已经学会,不需要再进行预习,甚至课堂上也不愿意听讲,学习热情不高。然而,实验课与理论课重复的内容只是为了让学生更容易理解新内容,这种心态会使学生无法掌握新知识、新内容,学习效果较差。我们通过提

出根植于新知识的目标问题，让学生产生疑问并主动去预习和思考，避免产生“我都会”这种大意的心态，让学生更加虚心、更加认真地学习(图2)。而学生主动预习和思考，也会为创新精神、创新能力的培养奠定基础。



图2 无机化学实验课程教学改革

借助在线课程平台，对无机化学实验课程中的重点和原理进行生动形象的讲解，有助于学生对内在原理的掌握。相较于教师课堂示范，线上实验操作更加规范和准确，且学生可以多次观看，更易形成规范操作的习惯。通过线上视频讲解，研读教材或课件，并与同学相互交流，找到目标问题的答案，补充知识则可以引发学生的学习兴趣。借助虚拟仿真技术，让学生进行实验模拟操练，掌握实验成功进行的关键因素，如添加药品顺序、添加量，反应时间和温度。利用线上小测试，对学生自学效果进行评价，这也是过程性考核体系的重要组成部分。此外，增加线上安全教育环节，利用视频让学生了解和掌握各种仪器设备的用法及危险性，以及实验所需实验药品的性质及危害性，使学生以更灵活、更便捷的方式进行实验室安全教育学习，使安全教育简单有效。化学实验课程中，学生要操作各种高温、高速仪器，容易发生烫伤、漏电等事故，实验过程中学生则会接触到各种化学试剂，部分试剂对人体有害。利用安全视频和虚拟仿真技术对学生进行安全教育，让学生掌握各种事故的正确处理方法，沉着应对各种危险。

1.2 利用案例教学法引发学生的课堂学习热情，借助课程思政激发学生的爱国情怀

无机化学实验课程理论性较强，与实际生活距离较远，比较枯燥。教师如果只是按照传统课件或教材进行讲解，则容易出现照本宣科的现象，学生难以进入学习状态，容易出现听讲不认真、玩手机等现象。而如果将课程中的理论与实际生产生活中的问题相结合，让学生明白学有所用，这就可以提高学生的课堂学习热情，加深对知识和原理的理解。教师需要将各种技术和原理的发现过程、与课程相关的最新科技进步或关键里程碑事件进行梳理和优化，形成案例来传递知识(图2)。这就需要教师以极大的热情投入课程的设计，不仅要对教学内容烂熟于心，还要及时了解最新科技进展，梳理与课程相关的内容。比如在讲解原电池电动势的测定时，以比亚迪刀片电池为案例(表1)，通过电池图片和视频，让学生更直观地感受到电池的结构及其具体应用，激发学生学习兴趣。之后讲解电池的储能原理及产生电动势的原因，这种由浅入深的教学方法，让学生理解并牢固掌握所学知识，达到知其然还知其所以然的目的。最后，将思政元素与案例分析相结合，在教学过程中侧重分析案例中的思政内容，巧妙地融入家国情怀、团队精神、奋勇争先等思政元素，培养学生的爱国主义情怀，让学生树立正确的价值观。

在学生掌握基本原理之后，教师精选与该原理相关的新实验并布置分析任务，让学生分组(每组3-4人)进行学习和讨论，之后以组为单位轮流进行课堂分析讲解，教师与学生、学生与学生之间进

表1 课程思政案例

章节	案例	教学目标
原电池电动势的测定	比亚迪刀片电池	科研创新精神
苯酚含量测定	淮河流域污染检测与治理	环保理念与国家担当
钢中镍的测定	中国钢铁行业的发展史	国家自豪感
生成热的测定	发动机的演化	科研创新
粗盐的提纯	加碘盐的发展	家国情怀和生活幸福感
从钛铁矿制备二氧化钛	钛合金在航天工程中的应用	工匠精神和艰苦奋斗精神

行积极提问、探讨和补充。教师在学生分析讲解结束后，对学生讲解过程中的错误和误解进行分析和答疑，加深学生对正确理论知识的理解。在这个过程中，教师要改变自己的观念，摒弃权威式的交流方式，讨论过程中要利用提问小技巧促进学生进行深入的思考，鼓励引导学生找出问题背后的深层原理。教师要以包容的心态、温和的方式与学生平等交流，让学生更加从容、更加自信地主动学习。这种以学生为主、师生关系重构的教学模式可以提供温和的创新和学习环境，更有助于达成课程学习目标。

在学生自主实验过程中，学生两人为一组进行实验，确保每位同学都动手进行实验操作。教师从30名学生中选择8名积极主动的学生，每次课程从其中选出4-5位作为助教学生，教师在课前提供丰富的学习材料并指出实验的重点和难点，帮助学生更快地掌握课堂知识和操作，同时给予助教学生额外的分数作为平时成绩。这些学生不仅要率先完成自己的实验任务，还要与有疑问的同学进行讨论并自主解决问题，学生地位平等，更容易出现热烈讨论而迸发思想的火花，为创新思维的产生创造了条件。通过自主实验和热烈讨论，学生的实验操作能力、创新能力和解决问题的能力得到了充分的锻炼。

1.3 以学生为中心的实验课程讲解视频录制

为了进一步提高学生的学习积极性和课堂参与度，在最后一次课时，让学生分组进行实验课程讲解视频录制。每组学生选择一个实验，教师对学生进行基本的视频录制培训，指出课程视频需要讲述的基本内容和关键点，讲解往届的优秀视频案例，并提供丰富的课程相关资料，引导学生主动学习实验内容，查阅资料掌握实验原理，并上网筛选与实验相关的趣味补充内容。使视频内容清晰完整，课堂讲解生动有趣。学生自主设计视频内容，并作为主讲人主持课程讲解。在课前给出部分思考题，以问题引导的方式促使其他组的学生提问解惑，并与主讲同学共同讨论解决问题。教师最后对同学讲解内容进行评价和鼓励，对同学所提出的问题补充回答，自此视频录制结束。这样以学生为中心的讲解视频录制会充分调动学生的积极性，录制视频的小组需要牢固掌握讲解内容及背后原理，否则无法让人听懂课程；其余同学向自己同学提问没有压力，为创新精神和创新思想提供温和的培养环境。

1.4 以提升学生解决问题能力为目标的趣味延伸课堂

今天的大学生生活在知识信息爆炸的时代，对各种有趣知识司空见惯，而实验课教材内容往往会有一定的滞后性，没有收录当前最新的科学进展，因此无法满足学生日益增长的需求。因此除了在课堂上以最新的科技进展作为案例外，构建信息化的趣味延伸课堂可以更好地满足学生的学习需求，提高学生解决问题的能力。根据现有实验项目，设立与之相关的不同类型的实际生产问题，如具有趣味性、与实际生产相关或与前沿科技相关等实际问题，让学生选择自己感兴趣的问题去解决。学生要提出解决问题的方法及具体操作过程，以及所用到的实验原理，最后回答教师预设的关键问题。这样的课程不仅可以提高学生的学习积极性，学生主动解决问题后还能体会到学有所用，提高学习效果。

1.5 构建多元化综合评价机制，促使学生自主学习、认真思考

制定科学有效的考核机制，是实验课达成学习目标的关键。传统的实验课程通常借助实验报告和考试对学生进行考核，而实验课程更重实践操作，纸质报告和试卷无法体现学生的操作能力、创新能力和解决实际问题的能力，难以反映课程效果。而且在这样的考核方式下，学生往往会重理论知识而轻实验操作，这与我们的教学理念背道而驰。因此，教师在设计课程评价机制时要兼顾过程性考核和总结性评价，构建多元化的评价机制。本着提高创新能力和解决问题能力的原则，分别通过线上预习视频观看进度、实验知识和安全教育小测试，考勤、课堂提问回答，实验报告和期末考试等方式来考察学生对基础知识的掌握情况(表2)，利用课堂分析讲解、课程讲解视频录制、延伸课堂实验方案设计等方式评估学生创新能力、分析问题和解决问题的能力。通过兼顾过程性考核和总结性评价的多元化评价机制，提高了学生的学习热情，解决了评价方式与学习目标背道而驰的问题，进一步提高实验课教学效果。南邮化生院是一个交叉学科学院，因此学生未来要面临更加复杂的科学问题，通过多元化的教学改革培养学生的综合创新能力，对学生未来的发展具有重要意义。

表2 无机化学实验课程多元化综合评价表

评价项目	成绩权重	考核目标
线上视频观看	10%	观看时长超过10 min
实验知识和安全教育小测试	5%	85分以上
课堂考勤	10%	没有迟到早退
课堂分析讲解	15%	熟练掌握讲解知识
课程讲解视频录制	10%	顺利录制
延伸课堂实验方案设计	10%	设计巧妙、回答准确
实验报告	20%	操作准确、现象明晰
期末考试	20%	90分以上

2 多元化教学模式改革效果与反思

新型多元化教学方法实行以来，广受学生好评，且教学效果显著。主要体现在：(1) 学生在问题引导下，有目的性地去看和学习教学视频，更加专注和投入，在课前就基本了解课程知识和基本原理；(2) 线上安全教育环节让学生了解仪器和药品的危险性，掌握各种事故的正确处理方法，减少了意外的发生；(3) 教学与最新科技进展相结合，让学生知道学有所用，激发了学习热情，并加深了对知识和原理的理解；(4) 实验课程讲解视频录制和趣味延伸课堂，让学生积极主动地去讨论和探索，锻炼了学生的操作能力、创新能力和解决问题的能力。这种教学模式具有独特的优势，对基础差的学生来说，课程趣味性高，学生的注意力被课堂吸引，从而投入到学习当中，线上教学视频讲解的知识清晰明了，实验操作规范准确，且可以多次观看，避免了学生学不会或跟不上进度的问题。对基础好的学生来说，课堂给了他们更多时间和空间去探索和分析新问题，而不是枯燥地重复老师讲过的实验。然而，多元化教学模式也有些不足之处，学生需要在课前学习大量知识并解答问题，增加了学习压力；教师需要寻找更多电子课件资源和前沿化学科技，并花大量时间进行梳理优化，不然就会影响教学质量。如何平衡学生学习压力、教师工作时间与教学质量之间的关系，是接下来课程改革的一个方向。

3 结语

在科技飞速发展的今天，学生的创新能力和解决问题的能力对学生未来的发展至关重要。无机化学实验是大学化学类实验课程的起始点，是激发学生的科研热情、规范实验操作和建立安全实验

意识的关键课程。本文提出“两个目标、五个模块”的新型多元化教学模式，通过目标问题导向线上预习、案例教学引导课堂实验、学生讲解实验视频录制、自主选择兴趣拓展课堂、多元综合评价机制等多种教学手段实现学生创新能力和解决问题能力的培养。这种教学模式丰富了课程内容，提高了课程的包容性和趣味性，教师从传授者转化为引导者，学生从被动听讲转变为主动学习、积极创新，课堂氛围有序而活泼，提供了良好的创新能力培养环境。这项教学改革与高速发展的时代特征相契合，充分发挥现代信息技术的优势，对促进具有解决问题能力的高素质创新人才的培养具有重要意义。教学改革是一项长期性、系统性的工作，南邮化生院教学团队将继续以学生为中心，潜心于课程内容的改革与创新，构建高效的多元化教学模式，不断实践，推动教学质量和学生培养水平的全面提高。

参 考 文 献

- [1] 宋洁, 周守勇, 徐继明, 赵朴素, 皮武. 大学化学, **2023**, *38* (2), 15.
- [2] 王瑞, 姜淑华. 吉林化工学院学报, **2023**, *40* (8), 44.
- [3] 章文伟, 芦昌盛, 淳远, 俞寿云, 朱成建. 大学化学, **2023**, *37* (2), 2108092.
- [4] 毛全兴, 张渝阳, 姜振宁, 王月娇, 许旭, 刘琳. 大学化学, **2022**, *37* (4), 2111001.
- [5] 白鹭, 吴春英, 谷风. 吉林化工学院学报, **2023**, *40* (8), 10.
- [6] 贺国旭, 吴华涛, 张秋霞, 周延彪, 刘丹丹. 大学化学, **2023**, *38* (1), 34.
- [7] 黄增芳, 谢辉, 张景强, 雷雪峰, 马军现. 大学化学, **2023**, *38* (9), 19.
- [8] 陈芳, 王宏, 刘敏, 王楠, 朱丽华. 大学化学, **2023**, *38* (5), 26.
- [9] 温向明, 胡冬华, 王文博, 刘冬. 网络化与数字化, **2017**, No. 8, 75.