

科研贯穿于物理化学教学中的教学方法初探： 以本科教学为例

李萌^{1*}, 杨晓东²

1. 石河子大学 化学化工学院, 新疆 石河子 832003

2. 石河子大学 理学院, 新疆 石河子 832003

DOI:10.61369/ETI.2026050019

摘 要 : 本文以本科物理化学课程教学为例, 探讨如何将科研思维与学科前沿融入课堂教学, 并观察其实践成效。针对传统教学模式偏重理论讲授、对学生创新与实践能力的培养欠缺的现状, 提出以学科前沿案例为载体, 推动课程内容与教学方式改革。以相平衡、化学反应动力学、胶体分散系统等重点章节的教学过程为例, 融入了功能性农药助剂设计、药物控释体系构建、Pickering乳液稳定性调控等学科前沿动态, 引导学生理解基础理论如何支撑实际科学问题的解决。教学实践与问卷反馈显示, 该教学模式显著提升了学生对知识的理解深度、学习主动性与创新实践能力, 初步实现了科研与教学之间的良性互动, 为物理化学课程改革提供了科研反哺教学的实践案例。

关 键 词 : 物理化学教学; 科研反哺教学; 创新能力; 案例教学; 教学改革

A Preliminary Exploration of the Teaching Method Incorporating Research throughout Physical Chemistry Teaching: Taking Undergraduate Teaching as an Example

Li Meng^{1*}, Yang Xiaodong²

1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003

2. College of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003

Abstract : This paper takes the teaching of undergraduate physical chemistry courses as an example to explore how to integrate scientific research thinking and the latest scientific frontiers into classroom teaching, and observe its practical effects. In response to the current situation where the traditional teaching model focuses on theoretical lectures and lacks the cultivation of students' innovation and practical abilities, it is proposed to use disciplinary frontier cases as carriers to promote the reform of course content and teaching methods. Taking the teaching processes of key chapters such as phase equilibrium, chemical reaction kinetics, and colloidal dispersion systems as examples, the latest disciplinary frontiers, such as functional pesticide auxiliaries design, drug controlled-release system construction, and Pickering emulsion stability regulation, have been integrated, guiding students to understand how basic theories support the solution of practical scientific problems. The teaching practice and questionnaire feedback show that this teaching model significantly enhances students' understanding depth of knowledge, learning initiative, and innovative practical abilities, initially achieving a positive interaction between research and teaching, and providing a practical case of research feedback to teaching for the reform of physical chemistry courses.

Keywords : physical chemistry teaching; research feedback teaching; innovation ability; case teaching; teaching reform

物理化学作为化学学科的核心课程之一, 为学生奠定理论基础并培养其运用物理方法解决化学问题的能力。然而, 传统教学模式以理论讲授和验证性实验为主, 限制了学生对知识的深入理解与创新能力发展。随着高等教育改革深入, 将科学研究的思维方法及前沿进展贯穿于教学过程中已成为重要趋势。科研与教学结合不仅是教育理念的更新, 而且是培养创新型人才的必然要求, 有助于激发学习兴趣, 培育批判性思维与创新能力。在物理化学教学中引入科研元素, 可使学生接触前沿科学问题与研究方法, 从而深化课程理解, 提升科研素养。

本文旨在探讨将科研贯穿于物理化学教学中的可行性和教学效果。通过梳理国内外研究现状提供理论支撑，设计并实施教学实践，建立教学效果评估体系，以期教学改革提供理论依据与实践参照，推动本科教育质量的提升与发展。

一、物理化学教学与科研结合的理论基础现状

物理化学作为一门基础学科，其教学内容涵盖热力学、动力学、胶体与界面化学等多个领域，具有高度的理论性和抽象性特征。传统教学模式以课堂讲授为主，辅以验证性实验，虽在知识传授方面具有一定优势，但在培养学生创新能力和实践能力方面存在明显局限性。研究表明，传统教学模式下学生对物理化学课程的兴趣普遍较低，学习积极性不足，直接影响教学效果。由于课程内容抽象复杂，学生往往难以深入理解理论概念，产生学习困难。因此，如何有效激发学生学习兴趣，提升其创新与实践能力，成为物理化学教学改革的重要课题^[1]。

科研与教学融合的教育理念可追溯至德国教育家洪堡（Humboldt）提出的“教学与科研相统一”思想，是现代高等教育的奠基石。当前，以学生为中心的教学模式日益受到重视，强调通过项目式学习（Project-Based Learning, PBL）和探究式学习（Inquiry-Based Learning, IBL）等方式，该模式强调学生的主动参与和自主学习，通过引导学生参与科研活动或科研项目，提高他们解决问题的能力，并培养批判性思维和创新能力。近年来的教学研究及成果表明，在物理化学课程中引入科研案例，既能丰富充实课程内容，还能加强学生理解抽象理论及其在生产生活中的应用。有科研项目参与经历的学生，其在毕业设计和论文撰写中表现更加出色，科研能力和创新思维得到充分锻炼。教学评价也有力印证了这一结果，通过对学生的掌握程度、创新思维、实践能力和学习兴趣等指标进行系统评价，证明科研贯穿教学模式对于全面提升学生综合能力具有显著优势^[2]。

二、教学实践的具体案例

笔者的研究领域聚焦于功能性农药助剂设计及界面调控。在物理化学教学中经常将教材内容与本领域的学科前沿动态相结合，以调动学生对抽象知识的学习兴趣，让学生对基础理论在解决实际问题的重要作用有深刻认识。以下将展示三个作者在教学中贯穿学科前沿的具体案例，供读者参考。

（一）相平衡

在讲授“相平衡”章节中，需使学生明确相平衡在科学研究和实际生产中的重要意义。在课堂导入中，笔者讲授了中国科学技术大学苏州高等研究院王毅琳研究员团队，应用相平衡和相图进行表面活性剂的表界面结构、自组装规律和相行为研究的相关成果。该团队发现不同比例的生物表面活性剂脱氧胆酸钠和多胺复配，可呈现单相、胶束溶液、高粘弹凝聚体、沉淀五种不同相行为。从高粘弹凝聚体相区筛选出特定组成的配方，通过快速相分离在种子表面形成透明、疏水的微米级涂层，显著提升了种子

的萌发质量并增强了抗逆性，为可持续农业提供了创新的解决方案^[3]。该案例不仅帮助学生理解相图的物理意义和实际应用价值，而且能够培养其创新思维，及应用理论知识解决实际问题的能力。

（二）化学反应动力学

化学反应动力学一章中，具有简单级数的反应特点是学生必须掌握的知识要点。在教学中，教师应指明对于描述化学反应的经典动力学模型，同样适用于研究药物释放动力学等相关领域的问题。例如，石河子大学贾鑫教授团队以构建的一种具有“类洋葱”仿生结构的微纳层状液晶乳液（LCE）作为递释药物的载体。药物的释放浓度 $\ln(c_0 - c_t)$ 与 t 呈线性相关（式中 c_0 、 c_t 分别为初始浓度和 t 时刻时释放出的药物浓度， t 为释放时间），证明其释放动力学符合一级动力学；并计算出其半数释放时 $t_{1/2}$ 和一级动力学系数 k_1 ，从数学模型上定量地论证其可延长药物的持效期^[4]。通过该研究成果，学生可以深入理解一级动力学模型在药物释放中的应用，以及如何通过实验数据验证理论模型。此外，学生能够了解到科研的新发现往往是以理论知识为基础的，他们所学的知识和技能在解决实际问题中大有可为，从而激发他们进一步探索科研的热情。

（三）胶体分散系统

胶体与表面化学在材料科学和工业应用中具有重要意义。胶体分散系统中，憎液溶胶作为热力学不稳定系统，影响其稳定性的几个重要因素（包括布朗运动、表面电荷、稳定剂、浓度、温度、pH等）需要学生掌握。在课程中，笔者引入本团队关于 Pickering 乳液增稳机制的最新研究进展：本团队设计了一种多功能 Janus 纳米片（TGP JNSs），其作为表面活性剂的绿色替代品，可有效稳定水包油 Pickering 乳液。实验结合理论计算揭示了 TGP JNSs 通过多重非共价相互作用协同稳定界面，使 TGP JNSs 牢固锚定在乳滴界面上，给乳滴穿上了多层“铠甲”以抑制乳滴并聚或分层^[5]。通过讲解这种新型表面活性剂的结构、性能及其在乳状液制备中的应用，引导学生理解胶体与表面化学的基本原理，并探讨其在医药、食品和化妆品等领域的应用。

通过以上三个案例的展示，可以看出将科研贯穿于物理化学教学中，不仅能够丰富教学内容，还能激发学生的学习兴趣 and 探索能力。这种教学模式有助于培养学生的创新思维 and 实践能力，为他们的未来发展打下坚实的基础。

三、教学效果评估方法

为了全面评估科研贯穿物理化学教学的成效，作者尝试建立了一套综合评估方法，主要包括以下三方面：首先，在知识掌握方面，通过随堂测验、考试成绩评及实验操作表现，综合考察学

生对物理化学核心概念的理解深度、计算解题建模的能力、实验技能的熟练程度。通过比对学生在传统教学模式和科研贯穿教学模式下的成绩,评估二者教学效果的差异。第二,在创新思维与实践能力的培养方面,学生在课堂上讨论的积极性、学科竞赛参与度、项目完成情况等要素可用于分析评价其创新思维和实践能力。重点关注学生是否能够在实际问题中灵活运用所学理论知识,并提出创新性的解决方案,这是评价其综合创新能力的核心。第三,在学习兴趣与主动性方面,通过课堂观察及课后开展问卷调查来评估学生的学习兴趣和主动性。课堂观察记录学生表现,如提问次数、回答质量及正确率、参与小组讨论的积极性等。课后以问卷调查的形式,获得学生对所学知识的兴趣、参与课堂或课后讨论的积极性、自主学习的时间投入比例等反馈。这套方法尝试从知识、能力与动机三个维度,较为系统地考察教学改革的效果。

笔者经连续四轮物理化学本科教学实践,通过对随堂测验和考试成绩进行对比分析,发现在科研贯穿教学模式下培养的学生,其在知识掌握程度和灵活应用方面整体优于接受传统授课的学生。这些学生对物理化学的概念理解更加透彻扎实,因此在解决复杂理论问题时思路更加清晰。例如,在“相平衡”部分的学习中,他们不仅能准确阐述相图中点、线、面的物理意义,而且能结合实际生产案例拓展分析,探讨相图如何作为“导航图”来解决诸如物质分离提纯的工程问题。在求解复杂计算题时,学生的答题结果展现出更高的准确性与数学建模灵活性。如在“化学反应动力学”相关习题中,多数学生能熟练运用一级动力学模型求解。在实践与拓展环节,学生在学科竞赛和项目实践中的参与积极性与完成质量也普遍更高。例如,学生课后对“胶体分散系

统”中存在的科学问题及实际应用产生了浓厚的兴趣,以《基于绿色助剂的仿生载体用于农药“减施增效”的研究》为项目主题,踊跃参加了“大学国家大学生创新创业训练计划”。在笔者的指导下,参赛本科队伍独立完成了三元相图绘制、乳液配方筛选、稳定条件优化及递释动力学研究等工作,充分将物理化学的理论知识融合到科学研究中去。问卷调查结果也印证了这一趋势,超过80%的学生对此教学模式表示认可,认为课程内容变得更加生动直观、贴近实际,原本抽象的概念公式不再是“空中楼阁”,变得更容易理解与记忆。

四、结论及展望

综上所述,将科研贯穿于物理化学教学是提升教学质量的一条可行路径。在授课过程中适时穿插前沿科研成果,使原本抽象艰深的课程内容变得生动有趣,也能更好地调动学生的探索热情。该模式有助于学生更扎实地掌握知识,并在创新思维与实践能力上获得更充分的锻炼。学生通过参与实验设计或真实课题,能够在解决具体问题的过程中灵活运用理论知识,这对其日后从事学术研究或技术工作都具有基础意义。

然而,该教学模式的大面积推行也面临着一些实际困难。一方面,为保证将科研元素有效地融入教学中,要求教师兼具扎实的科研积累与教学转化能力。另一方面,教学资源、课时安排等现实条件也对其推广形成限制。未来,有必要开展针对性的教师培训研修,鼓励教师将科研成果转化为教学素材,并同步优化教学资源配置与课程结构设计,从而保障该教学模式得以持续有效地实施。

参考文献

- [1]郭佩佩,张强强,解明,等.联系学科前沿开展“物理化学”教学[J].化工时刊,2025,39(04):62-64.
- [2]郭健,陈娟,王茜,等.“科研反哺教学”理念在教学改革中的实践应用——以药物制剂专业《物理药剂学》课程为例[J].广东化工,2024,51(09):175-176+195.
- [3]Yaxun Fan, Liangchen Zhang, Guanqun Du, et al. Phase Separation-Induced Coating to Optimize the Seed Microenvironment for Enhanced Germination and Mitigation of Fungus/Freeze Damage[J]. ACS nano, 2025, 19 (25): 22767-22782.
- [4]Meng Li, Qian Zhang, Yang Guo, et al. Towards Eco-Friendly Plant Growth Regulator: A Robustly Stable and Efficient Uniconazole Emulsion Based on Onion-Like Lamellar Liquid Crystal[J]. Industrial Crops and Products, 2024, 216: 118734.
- [5]Jie Hu, Qiang Bian, Meng Li, et al. Surfactant-free Essential Oil Emulsions Enabled by Non-covalent Self-assembly of Janus Nanosheets Upgrade the Sustainability and Efficiency of Fungicides[J]. Chemical Engineering Journal, 2025, 519: 165148.