

物理化学实验“三段递进，双线融合”教学模式探索与实践

徐秋红，曹允洁，董晨初，阴军英，张娴，赵英洲

山东航空学院化工与材料学院，山东滨州

DOI: 10.62836/jer.v4n7.1290

摘要：物理化学实验是一门实践性很强的课程，具有仪器设备多、实验操作复杂、数据处理繁琐等特点，为激发高阶思维，提高人才培养质量，借助超星学习通平台，探索了物理化学实验“三段递进，双线融合”的线上线下混合式教学模式。通过重构教学流程，设计了“课前自主导学（线上）—课中实践研学（线上+线下）—课后拓展促学（线上）”的教学环节。结果表明，该模式有效激发了学生的学习兴趣，提高了学生的学习自主性，促进了知识、能力与价值观培养的深度融合。

关键词：物理化学实验；混合式教学模式；线上线下

Exploration and Practice of “Three-Stage Progressive, Dual-Line Integration” Teaching Model in Physical Chemistry Experiments

QiuHong Xu, Yunjie Cao, Chenchu Dong, Junying Yin, Xian Zhang, Yingyuan Zhao

College of Chemical Engineering and Materials, Shandong University of Aeronautics, Binzhou, Shandong

Abstract: Physical chemistry experiment is a highly practical course with the characteristics of multiple instruments and equipment, complex experimental operations, and tedious data processing. A blended online and offline teaching model of “three-stage progression, dual line integration” for physical chemistry experiments is explored with Chaoxing Learning Platform, in order to stimulate higher-order thinking and improve the quality of talent cultivation. By restructuring the teaching process, teaching steps including “self-directed pre-class learning (online) - in class practical research (online+offline) - post class expansion and promotion of learning (online)” is designed. The results show that through this teaching model, students’ interest in learning is effectively stimulated, and their learning autonomy is improved, as well as the deep integration of knowledge, abilities, and values cultivation are all promoted.

Keywords: physical chemistry experiments; blended teaching model; online and offline

*基金项目：山东航空学院实验技术项目（No: BZXYSYXM202212）。

第一作者简介：徐秋红（1979- ），女，山东淄博，副教授。主要承担《物理化学》及《物理化学实验》的教学工作，现从事材料的模拟与计算方向的研究。

物理化学实验是化学、化工、材料、能源、环境、制药、生物等相关专业开设的一门重要的基础实验课程，具有较强的综合性和实践性，涉及化学热力学、化学动力学、相平衡、电化学、表面与胶体化学等多个方面的实验项目[1-3]。通过物理化学实验教学，培养学生的理论联系实际能力、实践操作能力、数据处理能力以及创新思维能力[4-6]。我们学校化学工程与工艺、应用化学、高分子材料与工程和生物制药等专业开设了物理化学实验课程。近年来，线上线下混合式教学被广泛应用于高等教育教学活动中，能够有效地突破时空限制，拓展教学的广度与深度[7-9]。为促进深度深度学习，激发高阶思维，提高人才培养质量，我们教学团队依托“超星学习通”平台，对物理化学实验课程进行了线上线下混合式教学改革，经过探索与实践[10],逐步设计并完善了“三段递进，双线融合”的教学模式。

1 物理化学实验现状分析

物理化学实验是一门实践性很强的课程，具有仪器设备种类多、实验操作复杂、数据处理繁琐等三大难题[11,12]。当前物理化学实验教学大多数仍采用“预习-讲解-操作-报告”的固定化流程，学生预习只是被动抄写，缺少对实验原理和潜在问题的主动思考；课堂操作环节，按步骤机械重复做完，被动执行，缺少主动探究；实验报告浮于表面，缺乏深入思考，致使学生的学习兴趣难以被有效激发，学生的学习积极性与主动性不高。这些问题已经严重影响了物理化学实验课程目

标的达成，因此，对物理化学实验教学进行探索与改革势在必行。

2 物理化学实验线上线下混合式教学模式构建

2.1 物理化学实验线上课程资源

目前，学习通、雨课堂、智慧树等智慧学习平台的广泛应用，大大促进了优质课程和教学资料的建设与共享，打破了课堂在时间和空间上的限制，成为学校教学向数字化、智能化转型的一个关键支点。依托“超星学习通”平台，物理化学实验课程成功搭建了线上线下混合式教学模式，相关的线上资源如表1所示：

2.2 “三段递进、双线融合”教学模式

立足“以学生为中心”的教育理念，系统设计了“三段递进，双线融合”的教学模式。这个模式分为三个环节—课前线上自主导学、课中线上线下实践研学、课后线上拓展促学，具体流程如图1所示。三个阶段紧密衔接，充分发挥线上与线下教学的优势，形成一套完整的教学闭环。

2.2.1 课前自主导学（线上）—基础知识的传递与初步构建

课前自主导学阶段，主要目标是将物理化学实验原理、仪器操作、实验步骤、实验注意事项、安全规范等知识点的传递环节放在课前，让学生按照自己的时间进行初步自主学习，打好基础，为课中

表1. 物理化学实验线上教学资源

资源类别	主要内容	教学目的	预期效果
课程导学模块	课程简介、课程目标、教学大纲、教学进度表、师资队伍、实验室安全规范等	建立对课程的整体性认知，实现“未学先知”	能够清晰了解课程概况、学习重点及考核方法等
核心知识模块	教学课件、微课视频、实验项目指导书、实验报告模板、数据记录与处理指南等	提供实验前的理论知识和操作预演，支撑课前预习与知识内化	明确实验原理，实验步骤等，并带着疑问进入实验环节
巩固测评模块	在线练习题、在线模拟题、在线测试题等	自我检验与巩固强化，发现薄弱环节	实现学情的即时反馈，促进学生自主复习和查缺补漏
拓展研究模块	电子书籍、学科前沿、文献导读、实验快讯、专题研讨、在线讨论、网站链接	拓宽学生的学术视野，激发科研兴趣	培养自主探究能力和创新思维
成果展示模块	优秀的实验报告、实验项目设计作品、实验小论文等	通过对比和反思，有针对性地改进和提升	激发学生持续探索的内动力

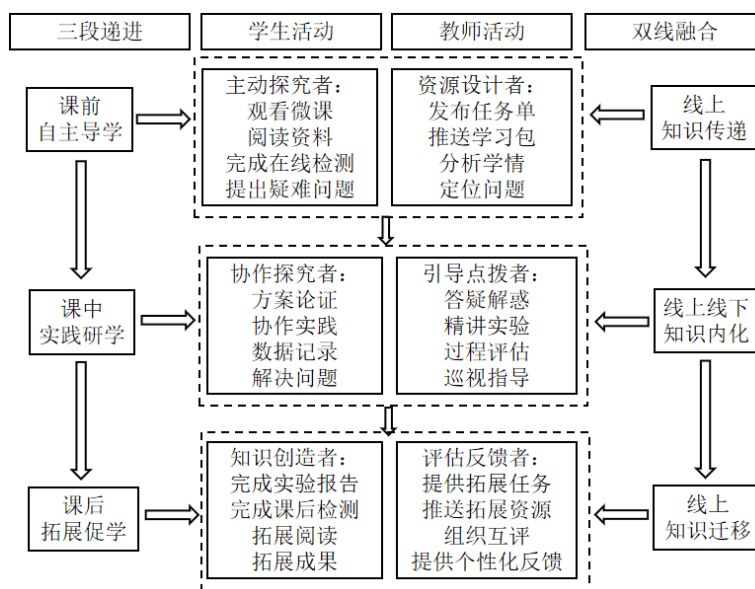


图1. “三段递进，双线融合”教学模式图

宝贵的线下实践深度探究做好准备。

我们通过精心设计线上教学资源（如表1），为学生搭建系统化的知识框架。借助线上学习通平台，发布学习任务单和各类学习资料。学生在看完教学视频，完成预习报告后，还需要完成课前在线检测。系统会自动批改并给出反馈，帮助学生自我检查预习效果。同时，平台设有讨论区，为学生提供提问渠道，学生可以随时把预习中产生的疑问提交到平台，例如在“醋酸电离平衡常数测定”实验中，为什么要按照高浓度到低浓度的测定顺序测醋酸溶液？在“乙酸乙酯皂化反应速率常数测定”实验中，为什么能用电导率分析反应进程？反应前、反应后系统的总电导率和反应物、产物浓度之间的关系是怎么确定的等？我们会根据讨论区学生提出的疑难问题，收集高频问题，精准掌握学生学习情况，使课中实践研学阶段的讲解更有针对性。

通过课前自主导学，学生进入实验室时不再是“零基础”，而是带着初步的知识框架和自己的疑问来学习，真正实现从“要我学”到“我要学”的转变。

2.2.2 课中实践研学（线上+线下）—知识的内化与能力转化

课中实践研学阶段是整个教学模式的核心环

节，课堂时间被最大限度地解放出来，从“教师讲授示范、学生模仿操作”的固定化形式转变为“师生互动交流、小组合作探究”的形式。在这个环节，教师和学生的角色都发生了明显转变，即：老师从课堂的“主演”变成了“导演”，学生则从被动听讲的“观众”变成了主动参与的“主角”。

开始上课时，我们不再系统地讲解实验原理、实验步骤等，而是利用10-15分钟，针对课前反馈的共性疑难问题进行解答和点拨。然后，在老师引导下，各小组进行简短的“实验方案讨论会”，阐述实验思路、关键现象以及数据记录等。通过该环节，强化了学生的逻辑思维与表达能力。

然后，学生以小组为单位开展实验。在此过程中，老师从实验过程的“监督者”转变为思维的“引导者”。通过巡视指导，培养学生发现异常现象、分析各个数据记录的意义。例如，在“蔗糖水解反应速率常数的测定”实验中，当发现 $\ln(a_t - a_\infty)$ 与 t 线性关系不好时，我们可以引导学生进行多维度分析：反应起始时刻，蔗糖溶液和盐酸溶液是否混合均匀？旋光管中是否无气泡？圆盘旋光仪读数是否准确等等？通过这种针对性的引导，将学生的注意力从机械地记录时间和旋光度数据，转移到对“准一级反应”动力学特征的理解上。学生的角色也从机械的“操作员”“记录员”转变为主动

的“探究者”，实现“手脑协同”的深度学习。在数据测量完成后，还可以利用实验室的大屏幕投屏，即时对比实验数据趋势，并展开初步讨论。这种“数据驱动”的即时反馈，能极大地激发学生的求知欲。

通过课中实践研学，实验课程在动手实践、协作讨论和问题的解决中实现了深度内化，实验技能也随之提升为科学探究能力。

2.2.3 课后拓展促学（线上）—知识的迁移与创新

课后拓展促学阶段主要是打破课程在时间和课堂上的限制，让学生走出课堂，将所学知识应用于后续课程或实际生产相关的任务中，把学到的知识真正用起来，从而实现知识的巩固、迁移与创新。

在课前导学和课中研学的基础上，课后，我们会让学生完成一份完整的实验报告。实验报告里包括精确的数据处理，需要学生对实验数据和实验结果进行合理分析，并查阅文献，把实验值和理论值进行对比讨论，这样既能巩固知识，也能锻炼学生分析问题的能力。比如乙醇饱和蒸汽压的测定实验，通过 $\ln p$ 对 $1/T$ 作图，根据直线的斜率求出乙醇的摩尔蒸发焓。乙醇的摩尔蒸发焓文献值为 $38.6\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，但学生实际测定的结果大多在 $36\sim 42\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 之间。这样，我们会带着学生分析偏差原因：是系统气密性不好漏气了，还是空气没有排除干净？

写完实验报告后，我们还会给学生设计拓展任务：让学生根据测定乙醇饱和蒸汽压的实验思路，设计乙酸乙酯饱和蒸汽压的测定方案；结合水的饱和蒸气压数据，解释高压锅为什么能快速煮熟食物，减压蒸馏为什么可以使物质在较低温度下蒸馏出来；找一些离子液体、新型制冷剂、火箭推进剂等物质的饱和蒸气压数据，看看这些数据在化工分离、新能源、航空航天等领域是怎么应用的，最后整理成一份小报告。

通过课后拓展促学，物理化学实验这门课的教学目标就不只是让学生掌握几个实验技能了，而是培养他们解决复杂问题的综合能力和创新思维，为

毕业设计（论文）及将来的科学研究打好基础。

3 结论

“三段递进，双线融合”的混合式教学模式，是我们在物理化学实验教学中摸索出的一套实验方法。通过线上学习资源与线下实操训练的深度融合，学生的实验效率和数据处理能力有了明显提升。学生在实验中严谨求实的科学态度，在了解前沿案例时萌发的家国情怀和社会责任感，也在不知不觉中慢慢培养起来了，最终，实现了学生知识、能力与素养的协同发展。

参考文献

- [1] 聂龙辉,黄征青,闵捷,等.面向“课程思政”和工程教育专业认证物理化学实验考核方式改革与实践[J].大学化学, 2025, 40 (10), 86-93.
- [2] 王玮,刘天宇,汪敏.“互联网+”时代背景下“物理化学实验”课程全方位育人教学探讨[J].化工时刊,2025,39(2): 114-116.
- [3] 郭婷婷,申羽佳,闫娟枝,等.基于科教融合的物理化学实验教学模式改革与实践[J].河南化工, 2025, 42(3): 61-63.
- [4] 张庆宇.前沿科研成果融入物理化学虚拟仿真实验教学—平衡与相图计算[J].广东化工, 2025, 52(15): 171-173.
- [5] 刘国清,高利红,郑国芳,等.新工科背景下基于成果导向教育理念的小规模限制性在线课程混合教学模式在物理化学实验课程中的构建与应用[J].应用化学, 2025, 42(2): 256-263.
- [6] 库尔班江·肉孜,克迪叶·库尔班江.“物理化学实验”教学改革体系重构与实践——新工科和“双一流”建设背景下以课程思政为导向[J].教育教学论坛, 2024, 48: 62-66.
- [7] 崔美荣,谢荣,晁洁.人工智能赋能物理化学实验课程的设计与思考[J].大学化学, 2025, 40 (5), 291-300.
- [8] 李迎迎,蒋志敏,戴平,等.“虚实结合+翻转课堂”在“物理化学实验”教学中的探索与实践[J].化工时刊,2025, 39(4): 102-105.
- [9] 阳耀月,贾维尚,马朝霞,等.民族高校物理化学实验混合式一流课程创新教学设计及实践[J].大学化学,2025, 40(7):71-78.
- [10] 徐秋红.“线上+线下”物理化学实验混合式教学模式探

讨[J]. 山东工, 2020, 49(22): 202- 203.

51(19): 93-95.

[11]欧利辉,靳俊玲,沈广宇,等.双一流背景下应用型本科院校
物理化学实验教学体系的改革与实践[J].广州化工,2023,

[12]崔清玥. “数智技术”背景下高校物理化学实验教学改革
探析[J]. 化学工程与装备, 2025, 341:172-174.

