

The Study on the Application of Virtual Simulation Technology in Instrumental Analysis Teaching

Xianhong Wen Ming Guo

Zhejiang A&F University, College of Chemistry and Materials Engineering, Lin'an, Hangzhou, 311300, China

Abstract

This paper focuses on the pain points of traditional teaching models in instrumental analysis courses, using the teaching practice at Zhejiang A&F University as a case study to explore the application pathways and effectiveness of virtual simulation technology. Virtual simulation technology enables the visualization of abstract theories, overcomes the spatiotemporal limitations of physical experiments, and provides students with a platform for independent innovation. By constructing a specialized virtual simulation teaching resource repository, implementing blended teaching that integrates online and offline learning, and establishing a diversified assessment system, the university has effectively enhanced students' learning motivation and mastery of knowledge. Course average scores have significantly improved, the failure rate has substantially decreased, and graduates' practical competencies have gained recognition from employers. In the future, continuous updates to teaching resources and strengthened collaboration between universities and enterprises are needed to further optimize the virtual simulation-based teaching model.

Keywords

instrument analysis experiment; virtual simulation; online and offline integration

虚拟仿真技术在仪器分析教学中的应用研究

文先红 郭明

浙江农林大学化学与材料工程学院, 中国·杭州临安 311300

摘要

本文聚焦仪器分析课程传统教学模式的痛点,以浙江农林大学教学实践为例,探讨虚拟仿真技术的应用路径与成效。虚拟仿真技术可将抽象理论可视化,突破实体实验时空限制,还能为学生提供自主创新平台。该校通过构建特色虚拟仿真教学资源库、推行线上线下融合的混合式教学、建立多元化考核体系,有效提升了学生学习兴趣与知识掌握程度,课程平均成绩显著提高,不及格率大幅降低,毕业生实践能力获用人单位认可。未来需持续更新教学资源,加强校企合作,进一步优化虚拟仿真教学模式。

关键词

仪器分析实验; 虚拟仿真; 线上线下融合

1 引言

仪器分析作为一门融合化学、物理学、电子学等多学科知识的交叉学科,具有理论抽象性强、实验操作要求高的特点,是高等院校化学、生物、环境等相关专业的核心课程之一。传统的仪器分析教学模式多以理论讲授结合实体实验为主,然而在实际教学过程中,往往面临着仪器设备昂贵、实验场地有限、学生实践机会不足等诸多问题,难以满足新时代对高素质应用型人才的培养需求。随着计算机技术的飞速发展,虚拟仿真技术为仪器分析课程教学改革提供了新的思路和方法。本文以浙江农林大学仪器分析课程的教学实践为例,探讨将虚拟仿真技术引入仪器分析理论教学和实验教

学的具体路径与实施效果,以期为同类课程的教学改革提供参考。

2 虚拟仿真技术在仪器分析教学中的应用价值

2.1 激发学生学习兴趣,深化理论知识理解

仪器分析课程涉及众多复杂的仪器工作原理和分析方法,传统的理论教学多依赖于教师的口头讲解和静态的图片展示,学生往往难以直观理解抽象的理论知识,容易产生厌学情绪。虚拟仿真技术通过构建逼真的仪器模型和动态的实验场景,将抽象的理论知识以可视化、具象化的方式呈现出来。

以高效液相色谱仪的教学为例,在传统课堂上,教师只能通过图片和文字描述其工作原理,学生很难想象流动相如何在高压泵的驱动下精准输送,样品怎样通过进样器进入色谱柱,以及不同组分在色谱柱中如何实现分离。而借助虚

【作者简介】文先红(1977—),土家族,中国浙江杭州人,男,博士,副教授,从事大学化学与实验的教学研究。

拟仿真软件,学生可以清晰地看到流动相从储液瓶出发,经过过滤头、高压泵,以稳定的流速输送至进样器。当样品注入进样器后,会随着流动相进入色谱柱,此时屏幕上会动态展示不同组分在色谱柱填料中的吸附、解吸过程,以及它们因分配系数差异而逐渐分离的全过程。随后,分离后的组分依次进入检测器,检测器会将浓度信号转化为电信号,实时绘制出色谱图。学生还可以通过点击仪器的各个部件,查看其详细参数和工作原理,比如高压泵的压力范围、色谱柱的填料类型和粒径、检测器的检测波长和灵敏度等。这种沉浸式的学习体验能够极大地激发学生的学习兴趣,使学生在主动探索中深化对理论知识的理解和掌握。

2.2 突破时空限制,强化学生实验技能

实体实验教学往往受到实验场地、仪器设备数量和实验时间的限制,学生难以获得充足的实践操作机会。虚拟仿真实验则可以突破这些限制,学生可以随时随地通过电脑或移动终端进行实验操作,不受时间和空间的约束。学生可以利用虚拟仿真软件进行预实验,熟悉实验仪器的操作流程、掌握实验条件的设置方法以及了解实验过程中可能出现的问题及解决办法。

以原子吸收光谱实验为例,在虚拟仿真环境中,学生首先要进行仪器的开机操作。他们需要依次打开计算机、原子吸收光谱仪主机、空心阴极灯、空气压缩机和乙炔钢瓶。在打开乙炔钢瓶时,必须严格按照操作规程,先打开总阀,再调节减压阀至合适压力,这一过程中虚拟软件会实时显示压力数值,若操作不当,如减压阀调节过快或压力过高,系统会发出警报并提示错误原因。接下来是仪器的调试环节,学生需要调节空心阴极灯的位置,使光线准确通过原子化器的中心,同时选择合适的灯电流和狭缝宽度。在样品测定阶段,学生可以通过虚拟软件模拟不同浓度的标准溶液和未知样品的测定过程,包括样品的吸入、雾化、原子化以及吸光度的测量。每一步操作都有详细的提示和反馈,比如当样品吸入速度过快时,系统会提示可能导致雾化效果不佳,影响测定结果的准确性。学生还可以反复练习数据处理步骤,如绘制标准曲线、计算样品浓度等,直到熟练掌握为止。通过这样的预实验,学生在实体实验中能够更加从容地进行操作,提高实验效率和成功率。

2.3 培养学生实践能力和独立创新能力

虚拟仿真实验不仅能够让学生熟练掌握基本的实验操作技能,还为学生提供了一个自主探索和创新的平台。在虚拟仿真环境中,学生可以根据自己的兴趣和需求,自主设计实验方案、调整实验参数、分析实验结果,培养学生的科学思维 and 创新能力。

以高效液相色谱法测定茶叶中茶多酚含量的实验为例,学生在虚拟仿真软件中可以尝试不同的实验方案。他们可以选择不同类型的色谱柱,如C18柱、苯基柱等,观察不同色谱柱对茶多酚分离效果的影响。同时,还可以调整流动相

的组成,比如改变甲醇和水的比例、添加不同浓度的有机酸或缓冲盐,研究这些因素对保留时间和峰形的影响。此外,学生还可以设置不同的检测波长、柱温、流速等参数,通过对比实验结果,探索最优的实验方案。如果实验结果不理想,学生需要重新审视实验方案,找出问题所在并进行改进。这种自主探究式的学习方式能够充分发挥学生的主观能动性,培养学生的实践能力和独立解决问题的能力,为学生今后从事科学研究和实际工作奠定坚实的基础。

3 虚拟仿真教学改革实践

3.1 构建虚拟仿真教学资源库

浙江农林大学紧密围绕仪器分析课程的教学目标与农林行业岗位核心需求,携手国内顶尖虚拟仿真软件企业,深度融合学科特色与技术优势,系统性构建了覆盖多领域、多维度的虚拟仿真教学资源库。资源库以常用仪器分析方法为核心框架,包含高效液相色谱、气相色谱、原子吸收光谱、紫外-可见分光光度法等12类基础实验项目,每个项目均配备了标准化实验指导书、高清操作演示视频、交互式操作模拟模块及量化考核评价标准,形成了“理论学习-模拟操作-考核反馈”的完整闭环。

为进一步强化资源库的专业适配性,学校出台专项激励政策,鼓励教师结合农林领域实际科研与生产需求,自主开发特色虚拟仿真实验项目。例如,针对农林生态环境监测中的关键问题,教师团队开发了“气相色谱法测定土壤中有机农药残留”虚拟仿真实验项目。该项目以浙江丘陵地区茶园土壤污染为典型场景,还原了从野外采样到实验室检测的全流程:学生可在虚拟环境中模拟不同地形、不同深度的土壤采样过程,通过对比不同采样方案的实验结果,深刻理解样品代表性对检测精度的影响;在前处理环节,系统设置了液-液萃取、固相萃取等多种净化路径,学生需根据土壤有机质含量、农药残留类型等参数选择最优方案,在反复试错中掌握复杂样品前处理的核心逻辑;检测阶段,学生可自主调整色谱柱类型、载气流速、柱温箱程序升温等关键参数,实时观察色谱峰形变化,直观理解仪器参数对分离效果的影响。这类特色项目的加入,不仅填补了通用虚拟仿真资源在农林专业领域的空白,更让学生在贴近行业实际的场景中提升了问题解决能力。

3.2 优化教学模式,实现线上线下融合

学校创新性构建了“线上虚拟仿真预习-线下实体实验操作-线上虚拟仿真拓展”的三阶混合式教学模式,打破了传统实验教学的时空限制,实现了理论与实践的深度融合。

在理论教学环节,教师以虚拟仿真软件为可视化工具,将抽象的仪器原理转化为动态的操作场景。例如讲解气相色谱仪工作原理时,通过虚拟仿真系统的3D建模功能,将仪器内部结构拆解为载气系统、进样系统、分离系统、检测系统和数据处理系统五大模块,以动画形式演示载气携带样品

在色谱柱中基于分配系数差异实现分离的全过程。教师可通过“暂停-标注-讲解”的互动方式,聚焦色谱柱填料类型对分离效率的影响、火焰离子化检测器的信号产生机制等重点难点内容。同时,系统内置参数调节互动模块,学生可实时调整载气流速、柱温、进样量等参数,观察色谱图的实时变化,通过对比不同参数组合下的分离效果,自主归纳仪器操作的优化规律,将被动接受知识转化为主动探究学习。

在实体实验阶段,学生需先完成虚拟仿真预习考核,获得实体实验操作资格。实验过程中,教师将虚拟仿真中的操作规范与实体仪器的实际操作相对应,引导学生对比虚拟环境与真实实验的差异,例如虚拟仿真中忽略的仪器预热时间、进样针的实际操作手法等细节问题,帮助学生建立“虚拟模拟-真实操作”的知识迁移路径。实验结束后,学生可通过虚拟仿真平台进行拓展实验,尝试在虚拟环境中完成实体实验中因条件限制无法开展的参数优化实验,进一步巩固实验技能。

3.3 建立多元化的考核体系

为全面、客观、公正地评价学生的综合能力,学校构建了“四位一体”的多元化考核评价体系,将考核贯穿于教学全过程,实现了从“结果考核”向“过程考核”的转变。

考核体系包含四个核心维度:一是理论知识考核,通过闭卷考试、课堂提问等方式,考查学生对仪器分析基本原理、实验方法的掌握程度;二是虚拟仿真实验操作考核,系统自动记录学生的操作步骤、参数设置、实验结果等数据,从操作规范性(占比30%)、实验结果准确性(占比40%)、实验方案创新性(占比30%)三个维度进行量化评分,例如学生是否按照标准流程完成仪器校准、是否能根据实验目的自主优化参数等;三是实体实验操作考核,教师在实验现场采用“一对一”评价方式,从样品制备的准确性、仪器操作的熟练程度、实验过程中的安全意识、团队协作能力等方面进行综合评价,重点考查学生在真实场景中的问题解决能力;四是实验报告撰写考核,从报告的完整性、数据处理的规范性、分析讨论的深度、结论的科学性等维度进行评价,引导学生养成严谨的科研思维。

多元化考核体系的实施,有效避免了传统考核方式的片面性,不仅全面反映了学生的知识掌握程度与实践操作能

力,更激发了学生的学习主动性与创新意识,促使学生从“应付考核”向“提升能力”转变。

4 教学质量和效果明显改善

从课程考核成绩来看,改革后学生的平均成绩明显高于改革前,不及格率显著降低。改革前,仪器分析课程的平均成绩约为70分,不及格率约为15%。改革后,平均成绩提高到80分以上,不及格率降低至5%以下。这表明虚拟仿真教学改革有效地提高了学生对知识的掌握程度。

此外,通过对毕业生的跟踪调查发现,毕业生在工作岗位上能够更快地适应仪器分析相关工作,实践能力和创新能力得到了用人单位的高度认可。这表明虚拟仿真教学改革有效地提高了仪器分析课程的教学质量和效果,培养了符合社会需求的高素质应用型人才。

5 结语

虚拟仿真技术在仪器分析课程教学中的应用,为解决传统教学模式中存在的问题提供了有效的途径。浙江农林大学的教学实践表明,将虚拟仿真技术引入仪器分析理论教学和实验教学,能够激发学生的学习兴趣,深化学生对理论知识的理解,强化学生的实验技能,培养学生的实践能力和独立创新能力,显著提高教学质量和效果。

然而,虚拟仿真教学改革是一个不断探索和完善的过程,在今后的教学实践中,还需要进一步加强虚拟仿真教学资源建设和更新。随着仪器分析技术的不断发展,新的仪器和分析方法不断涌现,学校需要及时更新虚拟仿真教学资源,将最新的技术和方法特别是AI技术融入到教学中。同时,还需要进一步加强与企业的合作,将虚拟仿真教学与实际生产岗位需求相结合。培养更多符合社会需求的高素质应用型人才,为社会的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 陈雨婷,赵梦佳,吴其光,等.虚拟仿真技术在大型分析测试仪器开放共享中的应用初探[J].分析测试学报,2025,44(2):259-264.
- [2] 陈慧子,徐霞,苏迪,等.虚实融合:虚拟仿真技术驱动的仪器分析实验混合教学模式构建与应用[J].科教文汇,2025(20):142-145.
- [3] 李志恒,赵建波,秦肖雲,等.虚拟仿真技术在食品专业仪器分析教学中的创新应用[J].食经,2025(10):0191-0193.