

## 仪器分析虚拟仿真实验系统的应用与构建研究

贾彦荣,周宝成,徐火英,张 伟

(浙江理工大学理学院,杭州 310018)

**摘 要:** 虚拟仿真实验具有虚拟性、实践性和开放性的特点,在仪器分析的实践教学活动中具有显著的应用优势。针对目前仪器分析实验存在的问题,在现有网络平台的基础上,提出构建仪器分析虚拟仿真实验系统的实施方案,包含建模、系统设计、系统的应用与评估等,设计身份验证、实验演示、独立实验、考核管理四个具体功能模块和实施办法。应用该系统可以有效地促进了学生学习模式的转变,推进实验教学改革,提高受益面和辐射面,为培养学生的科学素养和创新能力发挥积极作用。

**关键词:** 仪器分析;虚拟仿真;实验系统;实验教学;教学改革

**中图分类号:** TP 391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851 (2016) 03-0303-05 **引用页码:** 060802

浙江理工大学化学实验中心通过“基础型、综合型、提高创新型”三层次实验教学体系,不但培养学生的实际动手能力和实验操作技能,而且突出对学生创新精神和创新能力的培养。仪器分析类实验将仪器操作、定性定量分析等实践过程结合为一体并贯穿于三层次实验教学体系中,对学生实践能力和创新能力的培养起着重要作用。

传统的仪器分析类实验教学由于教学内容和形式较单一、场地有限、仪器设备台套数相对较少等条件的制约,无法满足培养学生实践能力、创新能力的教学需求<sup>[1]</sup>。在计算机和网络技术快速发展的背景下,虚拟仿真技术的应用已经突破了仪器控制和数据采集的范畴,广泛应用于控制系统、嵌入式设计等<sup>[2]</sup>。利用虚拟仿真技术建立起来的虚拟实践教学系统,能及时更新实验内容,为学生提供既经济又安全的培训,极大地促进了远程教育的发展。通过模拟仪器设备正常运行时的状态,利用计算机真实地再现实验过程和各个操作单元,使学生在逼真的操作环境中训练,在实验过程中对设置的参数及实验结果进行实时分析<sup>[3]</sup>。美国弗吉尼亚大学的 William Wolf 认为虚拟仿真实验是有别于理论与实

验的第三种设计手段<sup>[4]</sup>。目前,虚拟仿真实验已成为实验教学发展的一个重要方向,它不但能克服传统实验对场地和时间等条件制约的缺点,还能提高设备利用率,有效地降低实验成本,提供更加丰富多彩的实验内容,它的应用无疑给实验教学带来一场新的革命<sup>[5]</sup>。

浙江理工大学化学实验中心始建于 2003 年,现有大型仪器设备虽多,但可供学生操作的台套数相对较少。此外,化学实验教学中心服务于全校 4 个学院近 400 学生,学生知识水平参差不齐,仪器资源的开放共享有限,现有资源无法很好地满足仪器分析类实验的教学要求。当然,以上这些情况在很多其它高校的实验教学中亦普遍存在。自教育部下达《关于开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知》(高教司函〔2013〕94 号)以来,国家和地方都在大力支持虚拟仿真实验中心的建设<sup>[6]</sup>。仪器分析虚拟仿真实验所具备的特点和优势,成为传统实验室功能的有效补充和发展<sup>[7]</sup>。本文阐述了虚拟仿真实验的特点,分析了虚拟仿真实验系统的应用对仪器分析实验教学活动的影 响,提出了构建虚拟仿真仪器分析实验系统的实施方法及设计方案。

收稿日期: 2016-03-18

基金项目: 浙江理工大学教育教学改革研究项目(jgel201502);浙江省高等教育课堂教学改革项目(kg2015115)

作者简介: 贾彦荣(1980—),女,山东临沂人,实验师,博士,主要从事仪器分析实验教学和仪器设备功能开发方面的研究。

## 一、仪器分析虚拟仿真实验的特点

### (一)虚拟性

虚拟性是虚拟仿真与传统仪器分析实验的根本特点。利用计算机强大的图形环境、在线功能和运算能力,不但能实现对大型分析仪器的操作控制、数据显示与结果分析,还能集中、方便地进行各种参数的设置和操作,提供重要的理论提示、实验指导或撰写实验报告等。仪器分析虚拟仿真实验中,虚拟的实验操作和实验流程具有形象直观的特点,学生能方便地了解实验的步骤、仪器设备的操作过程,掌握实验的基本原理和基本操作。虚拟仿真实验虚拟性的特点是现实实验和教师演示不具备的特殊优势,它不但能大大地减少实验设备,还能有效地拓展实验对象,如一些破坏性、损伤性的实验,更加适合采用虚拟仿真实验模拟完成。

### (二)实践性

仪器分析虚拟仿真实验系统中的各个组成部分都对应着一定结构原型的仪器设备,实验活动中的组成要素、结构和运作程序都与实际的实验活动相同,且在经验和理论的指导下完成实验程序和操作,具有非常明显的实践性。学生通过网络平台登陆仪器分析虚拟仿真实验系统,可反复进行操作,不必担心超负荷运转造成的试剂药品的浪费和仪器设备的损耗,有效地保护了学生进行实验学习的积极性和主动性。

### (三)开放性

虚拟实验系统是基于校园网络平台进行的,因此,同一学校的不同部门、不同的高校和社会等领域都能进行资源的开放和共享。它的使用不受时间和地点限制,学习者只要接入互联网的终端即可使用该系统,方便地进行实验学习。另外,虚拟仿真实验系统中模块化的功能软件也具有开放性,能可持续地增加系统的功能性,有效地提高了资源的重复利用率。

## 二、虚拟仿真实验系统的应用

虚拟仿真实验具有虚拟性、实战性和开放性的特点,与传统实验相比,其在教学实践活动中的应用不但能弥补教学台套数的不足,降低实验成本,克服真实实验或操作的各种条件制约,凸显仪器设备的性能优势,还能让学生更直观地了解大型仪器设备的运行过程和原理,从而促使学生学习模式和教师教学模式的转变,并能大幅提高受益面和辐射面<sup>[8]</sup>。

### (一)改变实验学习模式

在传统的仪器分析实验教学活动中,由于仪器设备的台套数相对较少,在实验过程中,学生的操作训练时间较少,导致部分学生的操作水平无法有效提高或者对已做过的实验印象不深,这对实验教学极为不利。另外,现在的仪器设备基本上都是集成化设计,学生无法直观地了解仪器各部分的组成及仪器的内部构造,对仪器内部构造的了解仅仅停留在老师的课堂讲解或课件演示层面,甚至对部分常用仪器的认识处于盲区状态。特别是对某些贵重仪器或精密仪器,如气相色谱仪、液相色谱仪、红外光谱仪、紫外光谱仪等,尽管在实验教学过程中已经分组进行,但人机比仍然过高,学生实际动手操作的时间很少。部分实验甚至只能采用演示实验进行教学,学生很难熟练掌握。引入仪器分析虚拟仿真系统后,学生可以借助系统逼真地认识一些大型精密仪器的构造,不但能更好地了解掌握大型精密仪器的使用及特性,还可以模拟操作仪器的全过程。学生可提前通过虚拟实验系统预习实验,理解实验原理和实验过程、熟悉仪器设备的使用。这样老师只需要对实验的基本原理进行讲解,主要强调重点内容及注意事项就可以了,不必像以前那样把实验的涉及到的所有事项面面俱到的进行讲解,节省下来的时间可以让学生进行充分地操作练习。通过实验预习,学生在实验过程中减少了盲目操作、药品损耗、设备损坏等现象,提高了实验的效率,节省了实验开支。若学生对实验结果不满意或感觉对实验操作过程不熟练,也能在课后通过反复练习,真正提高实验技能。

### (二)改变实验教学模式

在传统的实践教学活动中,教师一般只讲解实验原理、实验步骤、数据的分析处理,并演示关键操作步骤,学生按照既定的实验内容和步骤进行实验操作,然后简单地分析实验结果,完成实验报告,即完成了一个实验项目,实验项目大部分属于验证性实验,学生按部就班地进行实验操作,不利于培养学生的创新精神和创新能力。而在虚拟仿真实验过程中,学生根据演示实验获得的经验,按照实验内容和实验要求灵活地进行实验方案的设计,完成具有丰富多彩的实验内容的报告。虚拟仿真实验系统弥补了课堂教学的不足,丰富了实验教学手段和实验内容,促进了教师业务能力的更新。

### 1. 弥补课堂教学不足

利用虚拟仿真实验系统,将现实过程中难以演示的部分内容,如大型精密仪器的内部构造与原理、仪器故障的处理等用计算机辅助的方式展现出来,使学生有机会了解高新仪器,在教学中显示出了巨大的实际意义和实用价值。

### 2. 促进教师业务水平更新

虚拟仿真实验对教师的个人综合素质提出了更高要求<sup>[9]</sup>。传统教学中教师的主要教学任务是课堂讲解和关键步骤的技术示范,而在虚拟仿真实验中,学生可根据演示实验获得实践经验,教师的主要任务转变为督促学生发挥学习和进行实验操作的积极性和主动性。教师不但要掌握基本的实验理论知识,更需理解仪器分析实际实验操作和虚拟仿真实验的差异性,以学生为主体,充分发挥虚拟仿真实验作为虚拟的、直观的、灵活的辅助技术的独特优势。教师还要不断地进行知识更新,在具备仪器分析等专业的理论知识的基础上,不断了解和掌握相关的多媒体技术,满足实验教学快速发展的需要。

## (三)构建开放性仪器分析虚拟仿真实验平台

开放性虚拟实验教学平台的建设基于校园网进行平台设计与开发,通过平台可以实现资源共享。首先,开放性实验系统突出了实验者的主体地位,通过网络平台完成教学任务并实现了各同学之间的互动交流<sup>[10]</sup>,有助于发挥学生的主动性和能动性。开放式虚拟实验系统也为教师和学生提供了一个全新的交流平台,教师和学生站在全新角度互相了解对方的意图,更易达到教学相长。其次,虚拟仿真实验教学平台的信息化、网络化为扩大化学实验教学中心的辐射面提供了便利条件。在校企共建方面,依托校园网门户网站,进行虚拟仿真实验资源的远程共享、远程培训与远程操作,拓展实践教学领域,充分发挥实验教学示范中心共享、示范和辐射作用,实现化学实验中心的可持续发展。

## 三、仪器分析虚拟仿真实验系统的构建

利用计算机和现代网络技术等多种手段模拟出实验场地、设备、仪器和各种试剂,创建一个纯粹的虚拟实验环境,通过提供简单的交互界面,准确地模拟实际的实验状态和仪器操作状态,分析评价实验操作流程<sup>[11]</sup>。将仪器设备、教师指导、教学内容、学生操作有机地融合在一起,通过虚拟现实技术构建一个仪器分析虚拟仿真实验室,并对该系统进行教学应用研究,得出虚拟仿真实验系统在实验教学方面的教学应用效果,并进一步探索此类实验系统的开发和应用规律。

## (一)实施方案

### 1. 建模

用物理或数学方法将现实世界中的事物进行抽象和模拟形成模型。在建模过程中,抛弃被模拟对象的次要因素并保持其本质,一般采用实地拍摄的照片(拍照对象包括实验仪器、操作台、试剂及容器等)进行 Flash 处理,尽可能地保持虚拟仿真实验与现实实验最接近的实验环境。

### 2. 系统设计

以实际的仪器分析类化学实验系统为原型进行开发,开发流程如图1所示<sup>[12-13]</sup>。

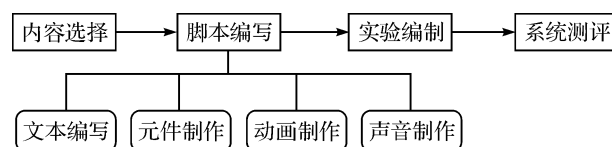


图1 仪器分析虚拟仿真实验系统开发流程

以 Adobe Flash 为开发工具, Action Script 为开发语言,研究系统的开发流程,以色谱分析实验为例,虚拟实验系统的开发流程具体介绍如下。

第一步:实验内容的选择。实验内容的选择要具有一定的复杂性,只有这样,采用仿真实验系统展现出来的实验才具有一定的代表性和启发性。

第二步:脚本编写。具体包括文本编写、仪器元件制作、动画制作、声音制作四个关键步骤。综合分析仪器设备构成、各部分的功能和基本原理、实验的主要内容和基本步骤等的基础上,根据虚拟仿真实验的需要集成各个要素,在开发软件的支持下,进而编制成仿真实验系统。

第三步:实验编制。将上述多媒体要素进行整合,具体实现过程,利用 Flash 动画的强大表现力,形成完整独立的实验模块。在交互设计环节,主要利用 Adobe Captivate 软件进行实验仪器计算机控制系统操作屏幕与交互动作捕获。在交互环节中,计算机系统操作之外的对虚拟物品操作的交互动作是通过 Flash 软件制作。

第四步:系统应用与评估。对完成的仿真实验系统进行测试评价,通过分析学生的试用结果,结合其他多种目标评价体系对虚拟仿真实验系统进行评价和评估,修改和校正存在的问题,得到完善的仪器分析虚拟仿真实验系统。

## (二)实施方法

依据虚拟仿真实验的特点,虚拟仿真实验系统一般采取通用性、交互性、共享性和安全性的设计原则<sup>[14]</sup>。实验者通过用户界面与系统交互,操作界面

要求简单方便、易于操作。虚拟仿真实验系统包括身份验证、实验演示、独立实验、考核管理四大功能模块,其模型如图2所示。

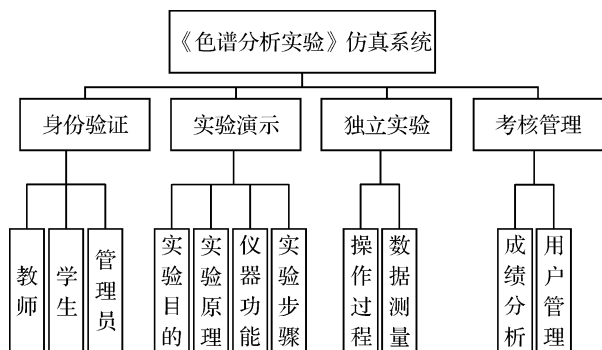


图2 虚拟仿真实验系统结构模型

### 1. 模块功能介绍

#### (1) 身份验证模块

系统总界面主要有用户登录(如图3)和实验系统界面(如图4)。为了给营造一个冷静、稳定的学习环境,两个界面的设计颜色均采用了蓝色。用户需通过合法的身份验证后方可使用虚拟实验系统进行实验,否则退出系统。

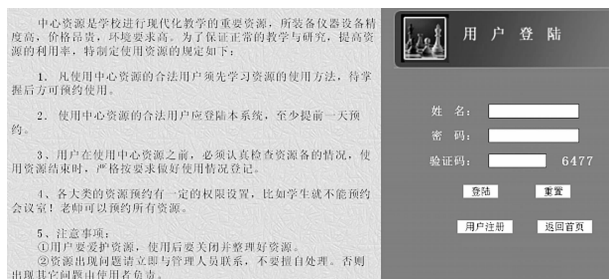


图3 用户登录界面



图4 实验系统界面

#### (2) 实验演示模块

实验演示部分主要采用视频和音频材料介绍仪器结构、实验原理、仪器操作步骤及注意事项。

#### (3) 独立实验模块

学生根据演示部分的实验步骤独立完成系统各部分的操作步骤,通过观察、分析实验过程中出现的问题和现象,适时调整实验方案和步骤。根据最终的实验步骤和方案获得实验数据并进行分析处理,整个过程的运行有助于对学生综合能力和创新能力的培养。

#### (4) 考核管理模块

系统综合分析学生在虚拟仿真实验中的进程、结果和学生反馈,评价学生在实验过程中对实验原理等相关基础知识的理解能力,并对学生分析问题、解决问题的能力进行评判。

### 2. 具体运行示例

虚拟实验的教学过程是建立在学生的认知过程、实验的教学活动及教学的基本规律的基础上的,下面以液相色谱实验系统为例(如图5)说明虚拟仿真实验系统的运行。

学生登录系统后,首先进入仪器介绍部分,了解仪器的组成部分及功能并进行实验演示。然后进入实验部分,软件运行后,界面中给出了高压泵、梯度淋洗装置、进样装置、色谱分离柱、紫外检测器等液相色谱的主要组成部分,双击鼠标,可进行仪器的模拟操作:a)鼠标移动到梯度淋洗装置上,选择甲醇—水洗脱液的合适比例。b)点击进样器和取样按钮。将进样器放在取样位置,点击进样器控制活塞拉杆,吸取测试样品溶液。继续点击进样器活塞拉杆,将试样推入六通进样器的定量环中。用鼠标点击进样器的手柄,可以转动手柄。当手柄转到 Inject 端时,完成样品进样。分析开始,记录仪开始记录。c)试样经过色谱分离柱时,随着流动相的流动,试样被逐个分离。组分流出色谱柱进入检测器。点击检测器,可观察到分离组分经过检测器时产生信号,记录仪记录色谱峰。组分全部流出后,点击进样阀手柄值取样位置,再次进行样品分析。改变流动相中甲醇—水的比例,流动相的流速、分离温度等色谱分离条件,观察色谱峰的变化。d)对实验结果进行评价和评分。

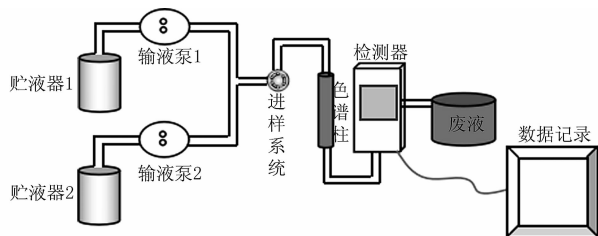


图5 液相色谱虚拟实验系统示意

## 四、结 语

仪器分析虚拟仿真实验系统基于校园网平台进行设计与开发,设计方案包含建模、系统设计、应用与评估等过程,包括身份验证、实验演示、独立实验、考核管理四大功能模块。虚拟仿真实验作为一种新的实践模式,具有虚拟性、实践性和开放性的特点。与传统仪器分析类化学实验相比,它具有模拟真实情景的功能,能改进教学方法,提高教学效率,构建开放性实验教学平台。仪器分析虚拟仿真实验系统的构建,将会显著地降低实验室建设和管理成本,提高实验效率,使仪器分析实验教学迈上一个新的台阶。但应明确的是,仪器分析虚拟仿真实验系统的建立,不是要摒弃传统的实验方法,也不是要取代教师的实验教学,而是为了辅助实验教学,从而获得更高的教学效率和教学质量。在虚拟实验的推广和应用过程中不应盲目地将真实环境中较易实现的实验教学项目也虚拟化,只有某些特定的实验内容和实验项目才能进行虚拟仿真教学。

### 参考文献:

- [1] 杨南粤. 虚拟实验培养创新型人才的探索实践[J]. 教育技术, 2014(8):162-165.
- [2] 卢亚平, 宋天麟. 传感器与虚拟仪器实验室建设与教学[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(8): 101-104.
- [3] 王晓娟, 刘慧君, 魏传晚, 等. 虚拟仿真技术应用于开放性化学实验的必要性[J]. 科技资讯, 2010(11): 53-53.
- [4] KOUZES R T, MYERSM J D, WULFW A. Doing science on the Internet [J]. IEEE Computer Society, 1996, 29(8): 40-46.
- [5] 胡树煜, 王琢. 《仪器分析》虚拟实验室的设计与实现[J]. 信息科学, 2008(18): 71-72.
- [6] 胡今鸿, 李鸿飞, 黄涛. 高校虚拟仿真实验教学资源开放共享机制探究[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(2): 140-144.
- [7] 王芃. 仿真实验室在高职食品专业教学中的建设及应用[J]. 农产品加工·学刊, 2007(9): 54-55.
- [8] 刘延华, 桂万云. 虚拟实验室在高校实验教学中的应用前景[J]. 洛阳师范学院学报, 2006(2): 94-96.
- [9] 白雁, 张娟, 潘瑾, 等. “虚拟实验室”在高校仪器分析教学中的应用[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(12): 169-172.
- [10] 周翔鹰, 范开涛, 刘鸿, 等. 虚拟机辅助计算机实验教学探讨[J]. 昆明理工大学学报, 2008, 33(2): 34-37.
- [11] 张冰. 计算机仿真实验的教学应用及发展前景[J]. 理工高教研究, 2005, 2(3): 116-118.
- [12] 张春. 仿真实验系统的设计与开发[J]. 煤炭技术, 2013, 32(6): 208-210.
- [13] 王佳婧. 虚拟实验开发与运用研究[J]. 软件导刊, 2013, 12(8): 190-192.
- [14] 管雪梅, 戴天虹, 王铁滨. 高校虚拟实验平台的设计及教学应用研究[J]. 哈尔滨师范大学学报(自然科学版), 2015, 31(1): 88-90.

## Study on Application and Construction of Instrument Analysis Virtual Simulation Experiment System

JIA Yanrong, ZHOU Baocheng, XU Huoying, ZHANG Wei

(School of Science, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Virtual simulation experiment possesses the characteristics of virtuality, practicality and openness, so it has significant advantages in the practical teaching activity of instrument analysis. To solve the problems existing in instrumental analysis experiment, this paper proposes the implementation plan to construct virtual simulation experiment system for instrument analysis on the basis of network platform. The implementation plan includes modeling, system design, system application and evaluation and lists four specific functional modules and implementation methods: identity authentication, experimental demonstration, independent experiment and examination management. The application of the system effectively promotes the transformation of students' learning mode and the reformation of experiment teaching, and significantly improves the benefited range and radiating surface. Besides, it plays a positive role in cultivating students' scientific literacy and innovation ability.

**Key words:** instrument analysis; virtual simulation; experiment system; experiment teaching; teaching reform

(责任编辑: 陈和榜)