

液相色谱虚拟实验教学探索^①

王晓玲, 刘海燕, 施治国, 龚淑玲

武汉大学 化学与分子科学学院/化学国家级实验教学示范中心, 武汉 430072

摘要: 液相色谱作为最广泛应用的分离技术在生产生活中占据着重要地位, 每个高校都非常注重液相色谱方面的实验教学; 然而, 液相色谱参数众多, 实际因相关课程学时数限制, 学生操作时间有限, 效果不佳. 该研究自主开发了液相色谱实验虚拟教学软件, 简要介绍了仪器结构及操作要点, 重点设置了重要的相关实验参数, 可虚拟快速得到相应分离结果. 结合虚拟资源的教学探索, 学生既能快速牢固学好基础知识, 又能深入思考如何选用合适条件来得到好的分离检测效果, 实现液相色谱课程的深度广度教学, 获得了良好的效果.

关键词: 液相色谱; 虚拟实验; 教学探索

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)11-0151-04

随着信息技术的发展, 在国家大力提倡和推动下^[1], 许多高校的虚拟仿真实验中心在蓬勃建设^[2-6], 也积累了大量宝贵的实践经验和素材^[7-8]. 武汉大学化学实验教学中心近年来加大投入, 改善硬件设施, 但面对大型仪器台数不可能很多, 基础实验课时有限的现状, 如何保证基本操作教学的效果, 并培养学生主动学习的能力和创新精神, 仍是实验教学的一个突出问题. 在学校实验项目建设资金的支持下, 我们通过对大型仪器设备的了解与深入剖析, 依据仪器分析实验教学过程多年来的科学实践与成果, 结合本实验室实际情况及教学要求, 充分利用信息化技术与手段, 首先以液相色谱技术为基础, 开展了具有原创性、享有自主知识产权的虚拟实验教学基本资源建设, 并已逐步应用到实验教学中, 在实践中进一步完善. 通过对液相色谱虚拟实验教学资源的建设, 积累经验, 以点带面, 最终实现各类仪器虚拟教学资源的全面建设. 希望这些自主开发的虚拟教学资源, 能像一块块基石, 进一步充实本实验中心的信息化教学平台, 拓宽学生的学习渠道, 激发学生的学习兴趣, 引导学生思考, 为培养创新性人才发挥积极作用.

液相色谱技术自发明以来经过不断发展创新, 目前已是有机化学、生物化学、医学、药物临床、化工、食品卫生、环保监测、商检和法检等方面重要的分离检测手段^[9-10]. 随着研究的色谱柱材料种类增多, 粒径减小, 以及各种相匹配的流动相的选用, 现代高效液相色谱仪在数十年里也随之高速发展, 稳定流量的高压泵及耐高压的液相管路及接头, 精巧准确的进样方式, 各种高灵敏度色谱检测方法的发展, 使得液相色谱法成为了最广泛使用的分析分离方法^[11]. 目前, 许多高校非常注重液相色谱方面的实验教学, 尤其是仪器结构及操作要点、定性定量方法和影响分离效果的因素分析等. 液相色谱仪器结构精巧复杂, 相关理论及分析不同样品时可调参数众多, 实际教学时因相关课程学时数限制, 学生操作时间有限, 教学效果往往不佳. 本研究自行设计开发的液相色谱虚拟实验教学资源, 通过提纲挈领的仪器流程图, 介绍了各部分结构及操作要点, 并可根据不同的分析要求, 优选各参数, 设置相应的操作条件, 显示出相应的虚拟结果, 从

① 收稿日期: 2018-06-05

基金项目: 武汉大学实验技术项目(WHU-2017-SYJS-03).

作者简介: 王晓玲(1970-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事仪器分析化学实验辅助教学工作.

深度和广度上实现了液相色谱课程的自由教学，获得了良好的效果。

1 虚拟资源的开发

1.1 液相色谱仪结构流程确立

液相色谱实验，实际进样的操作看似很简单，但各种实验因素稍有处理不当，就难以获得良好的实验结果，甚至会导致仪器故障。液相色谱仪内部结构复杂精巧，各商业化仪器品牌众多，外观各异，然而其内部结构基本类似。在虚拟实验软件研究中，本研究项目首先勾勒仪器的内部结构，明确其流程线路，便于学生和现实仪器对照，清楚其脉络及操作要点，利于突出重点。

1.2 液相色谱实验参数的优选与确立

液相色谱实验具有众多可调参数，根据分析样品的不同，色谱模式、流动相组成及流速、检测器种类及条件(如紫外检测器的检测波长)等等，调控范围非常广泛。本研究的虚拟资源以武汉大学历年来的色谱仪器实验教学内容为参考，借鉴兄弟院校的实验教学内容，优选了样品种类、流动相组分、进样量和紫外检测器波长四大核心参数(这些参数代表了液相色谱教学实践的关键内容，与科学研究息息相关，也普适于学生后期的就业与深造)，开展了预实验研究，获得了大量详细的科学数据，在这些数据的基础上，开展液相色谱虚拟实验资源的开发。

1.3 虚拟实验资源的开发

示意地绘出液相色谱仪器各部件及流路，相应有各部件的介绍及操作要点。重点以科学的实验数据为依托，以各调控参数为变量，开展软件架构的设计与系统组织，通过软件环境模拟真实的实验过程，在虚拟软件中可自由随机地实现各参数的调控，然后输出相应的系统压力，最后得到色谱分离图等变量结果，或是出现超压提示等情景。界面如图 1 和图 2 所示。

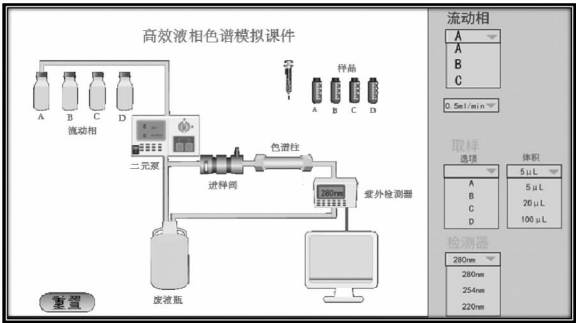


图 1 液相色谱仪的虚拟软件操作主界面

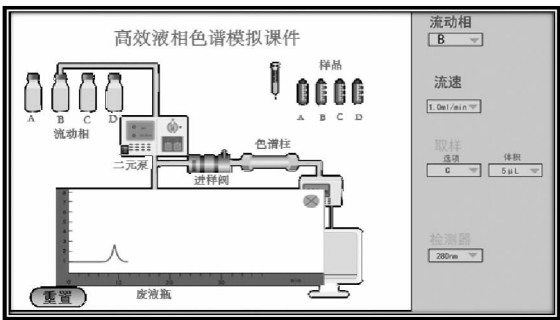


图 2 液相色谱仪的虚拟软件数据图形界面

该液相色谱虚拟软件资源是我们自主研发设计，与现有商业软件相比，其突出优势在于：首先，涵盖的实验技术内容基础全面，但虚实安排得宜，是立足于液相色谱教学的基础虚拟软件资源^[12]；仪器结构提纲挈领，操作要点查找方便，各调控因素可随机选择，实验结果有大量科学数据支持，虚拟显示清楚了；其次，软件操作简单，并可在一般电脑上借助常用软件操作显示；本资源还重点研究了软件架构的可拓展性、数据库的可扩充性，为延伸软件的生命力奠定基础，有利于后期随着教学环境、教学内容的变化，与时俱进，丰富内容。经后续不断扩充、完善后可提供给兄弟院校、科研院所以及各类企事业单位，可望产生较好的示范效益、社会效益和经济效益。

2 应用

开发本资源的主要目的是辅助本科生的液相色谱的实验教学。在液相色谱中利用该资源进行虚拟实验教学，不仅能部分取代高损耗、高能耗和高污染的实验教学内容，实现低损耗、低污染的绿色实验教学方

法, 可作为液相色谱仪器实验教学的有益补充和完善; 而且, 传统教学方法无法在有限的时间内选择多种条件进行实验, 而该软件快速地虚拟仿真了多种调控因素下的实验情境, 可在有限课时内开设广泛的实验教学内容, 实现教学效益最大化, 推动教学质量的提高. 在此基础上, 对现有的教学内容进行了增补, 原有液相色谱分析实验中教学内容主要为样品如何进行定性和定量分析, 注重色谱技术的应用性能研究, 因仪器和学时的限制, 对色谱传质动力学等相关理论性和拔高性知识点难以展开教学, 利用本资源, 教学具体内容可扩展到色谱分析技术各方面参数的调控包括流动相组成、流速和检测器参数改变对定性和定量分析结果的影响等. 原有的课时完成不了的教学内容, 可以通过该资源得到提升, 对理论知识的认知更有深度和广度.

教学方法也进行了改革. 在课堂教学时, 对照虚拟软件中简洁的示意图讲解现实中复杂的液相色谱仪各部分的构造、功能和操作要点, 学生更易领悟教学内容, 对仪器结构了解更为透彻, 实验操作更为顺畅; 课堂教学结束后, 学生仍然可以借助虚拟实验资源, 巩固知识点, 并对如何提高色谱分离的效果的各种影响因素反复进行学习观摩, 引导学生思考, 如何选用合适的实验参数, 实际样品才能获得好的分离检测效果, 取得更佳的学习效果. 自由时间的虚拟软件资源学习, 给予了学生充分的学习自主权, 学生在牢固掌握仪器的基本知识的同时, 能培养出其独立的实验设计能力, 从而增进其创新意识与创造能力. 这一成效在后续的设计实验中就体现出十分明显的效果, 极大提升了实验教学效率.

对于研究生而言, 研发的液相色谱虚拟实验软件可直接用于研究生上机前复习培训, 教师根据需要可随时随地进行, 对仪器操作及实验条件选择均有很强指导作用, 极大地方便了研究生科研工作地开展, 同时, 有利于仪器的维护, 降低仪器的使用故障, 有效降低仪器管理人员的工作强度.

该液相色谱虚拟资源除可满足教学、科研的应用需求而外, 在社会服务以及社会效益方面也极具潜力. 优秀的虚拟软件结合平台可产生良好的社会效益, 为人才培养提供技术支持, 同时, 大量的医药企业、质检部分的技术人员亦可从虚拟资源平台获益, 指导他们开展相关仪器操作、维护和理论的学习, 为国家培养大量的专业人才, 为经济发展做贡献.

3 结 论

液相色谱虚拟仿真系统软件可满足仪器分析液相色谱实验的教学需求, 各参数的调控可以方便地得到各种不同条件下的大量虚拟仿真数据, 加深对液相色谱技术的了解, 学生能无碍进入创新性设计实验, 并为以后的实际工作提供思路 and 方向, 具有较广阔的适用性.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 关于开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知 [Z]. 高教司函(2013)94 号, 2013, 8.
- [2] 龚成斌, 彭敬东, 马学兵, 等. 化学化工虚拟仿真实验中心建设与实践 [J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 108-110.
- [3] 李 兵, 王玉凤, 贺占魁, 等. 生物学虚拟仿真实验教学资源建设 [J]. 实验技术与管理, 2016, 33(12): 171-173.
- [4] 崔芷君, 谢冬婵, 匡 谨, 等. 基于虚拟现实技术的心理学实验教学资源建设 [J]. 实验技术与管理, 2017, 34(3): 194-198.
- [5] 吴 宁, 胡 欣, 吴遵秋, 等. 基于虚拟仿真平台引入综合性设计性实验项目 [J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 6-8.
- [6] 宦双燕, 羊小海, 吴朝阳, 等. 分析化学数字化精品教学资源的建设与实践 [J]. 大学化学, 2016, 31(8): 37-41.
- [7] 龚成斌, 唐 倩, 曹娅仪, 等. 基于虚拟仿真实验的“材料分析技术”课程改革研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(11): 72-76.
- [8] 李钰杰, 谭兴文, 邓 涛, 等. 基于 LABVIEW 的物理虚拟仿真实验系统设计 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(9): 201-205.
- [9] 达世禄. 色谱学导论 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1999: 291-451.

- [10] 杨先碧, 阮慎康. 高效液相色谱发展史 [J]. 化学通报, 1998(11): 56-60.
- [11] 谢孟峡, 刘 媛, 丁稚韵. 现代高效液相色谱技术的发展 [J]. 现代仪器, 2001, 7(1): 30-32.
- [12] 刘亚丰, 余龙江. 虚拟仿真实验教学中心建设理念及发展模式探索 [J]. 实验技术与管理, 2016, 33(4): 108-110, 114.

Teaching Exploration with the Liquid Chromatography Virtual Experiment Software

WANG Xiao-ling, LIU Hai-yan, SHI Zhi-guo, GONG Shu-ling

College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China

Abstract: As liquid chromatography had been extensively used in the separation field, its experiment teaching was emphasized in colleges and universities. The variable parameters in liquid chromatography were numerous and the experimental time was limited, it was difficult to attain satisfactory effect. The virtual instructional software was developed based on the liquid chromatography. In this software, it introduced instrument components and operation points briefly; More importantly, some variable parameters could be settled, then the virtual simulation separation results can be displayed quickly. With the assistance of this virtual resource, the students could not only grasped basic knowledge, but also thought deeply how to select suitable operation options to get better separation effect. The depth and breadth teaching of liquid chromatography had been carried out.

Key words: liquid chromatography; virtual experiment; teaching exploration

责任编辑 潘春燕