线上线下深度融合的分析化学实验教学新模式探索 ——以“维生素C饮料中抗坏血酸含量的测定”为例

张天龙¹, 冯婷¹, 汤宏胜^{1,*}, 李延^{1,*}, 李华^{1,2}

¹ 西北大学化学与材料科学学院, 西安 710127

² 西安石油大学化学与化工学院, 西安 710065

摘要: 为了提高实验课程教学效果, 提升学生的学习兴趣, 培养学生的科学探索精神, 充分利用线上教学平台辅助分析化学实验教学。以“维生素C饮料中抗坏血酸含量的测定”实验为例, 建立线上线下深度融合的实验课教学模式, 优化整个实验教学过程, 记录学生的学习过程, 改进实验成绩评价方式。该模式可以激发学生的实验热情, 使学生的学习由被动变主动, 满足学生个性化的学习需求, 还有助于培养学生的严谨的科学态度、安全环保意识和实践创新能力, 从而实现创新型人才培养。

关键词: 化学实验教学模式; 自主性; 创新性

中图分类号: G64; O6

Exploration of a New Online and Offline Integrated Model for Laboratory Teaching of Analytical Chemistry: Taking “Determination of the Ascorbic Acid Content in Vitamin C Drinks” as an Example

Tianlong Zhang¹, Ting Feng¹, Hongsheng Tang^{1,*}, Yan Li^{1,*}, Hua Li^{1,2}

¹ College of Chemistry & Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

² College of Chemistry and Chemical Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China

Abstract: To improve the effectiveness of experimental courses, enhance interest, and cultivate scientific exploration, an online teaching platform is used to assist with laboratory teaching of analytical chemistry. This study uses the experiment “Determination of the ascorbic acid content in Vitamin C drinks” as a model to establish an experimental teaching approach that thoroughly integrates online and offline modes, optimize the entire experimental teaching process, record the learning process of the students, and improve the method of evaluation to determine the experimental grade of the student. This model can stimulate students' enthusiasm for experimentation, change the learning experience from passive to active, meet personalized learning needs, and assist in creating a rigorous scientific attitude, safety and environmental awareness, and practical innovation ability among students to nurture innovative talents.

Key Words: Chemistry experiment teaching model; Autonomy; Creativity

1 分析化学实验教学现状剖析

分析化学实验实践课程与分析化学理论课程紧密配合, 是化学、化工、生命科学和地质工程等专业的基础课程。该课程对于发展学生创新思维, 实现新时代创新型人才培养具有重要的意义。通

收稿: 2021-08-24; 录用: 2021-09-16; 网络发表: 2021-11-01

*通讯作者, Emails: tanghongsheng@nwwu.edu.cn (汤宏胜); yanli@nwwu.edu.cn (李延)

基金资助: 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会教学研究与实践项目(H20210602, H20210603)

过教学实践,我们发现传统的实验教学模式存在一些缺陷^[1]。(1) 随着新高考改革逐步推行,导致学生化学基础知识参差不齐,教师对学生学情难以准确掌握,无暇顾及学生的个体差异和个性化需求;(2) 以教师为主体的传统教学模式,学生自主发挥的空间较少,缺乏主动学习的动力,忙于机械照搬,无暇进行思考探究,不利于学生创造思维的养成;(3) 有些分析设备价格昂贵,教师只是课堂上空洞地讲解基本理论及应用,导致学生理解困难,不能透彻掌握相关知识;(4) 教师过于专注知识方面的传授,忽视了人才的培养目标。这些问题不仅严重影响了学生对知识的学习和运用,还限制了学生的自主性和创新性思维的培养。

近年来,随着信息技术的发展和应用,为教学方式改革提供了新手段、新途径,视频微课、MOOC、在线课堂、教学平台、虚拟实验平台等工具得到了广泛应用,实现了各种教学资源管理、签到、在线作业、虚拟仿真实验、在线考试、在线答疑及教学评估等教学任务的在线处理,突破了传统教学模式的时间、地点限制,使学生能够自主学习、时时学习和个性化学习,同时可以记录教学和学习过程。如“微课”“虚拟仿真实验”等作为教学辅助措施,学生可以根据自己的学习程度,选择重复多次学习,直到掌握相关知识,满足了学生个性化学习的需求,充分调动学生学习的主动性和积极性。因此,在分析化学实验课上积极开展线上线下深度融合教学模式,通过优化整个实验教学过程及课程成绩评价办法,可以提高课堂效率,提高学生的学业水平和科研综合能力。

2 基于线上线下深度融合的分析化学实验教学模式

以生命科学类的学生为例,该课程涉及到6个实验内容,共计36个学时。实验样本的选择均贴近生活,比如食用醋、自来水、饮料(维生素C)和Fe等,要求学生运用化学理论知识解决实际问题,激发学生学习的积极性和主动性。针对传统教学中存在的问题,我们采取线上线下深度融合教学模式,主要对传统的教学过程及成绩评价进行优化,提高教学效果。图1是基于线上线下深度融合教学模式的具体实施步骤。图2是超星学习通线上教学平台页面,它可以实现各种教学资源上传、发布通知、签到、题库练习、在线作业、在线考试、在线讨论及统计(班级、资源、课程)等教学任务的在线处理,可以用于服务实验教学。学生拥有自己的学习账户,可以自主学习完成教师布置的各项学习任务,记录学习过程,查看任务安排、学习时长、习题测试和在线讨论和错题复习等。基于线上线下深度融合教学模式,我们现将实验教学安排分为三个部分(课前预习、课中导学、课后跟踪)。以维生素C的测定为例(如表1所示),该教学模式学习内容设计主要包含在线学习内容和课堂教学内容,能充分发挥学生的主观能动性。

图1 基于线上线下深度融合教学模式的具体实施步骤

2.1 课前预习

由于学生个体差异性,有效利用线上教学辅助学生进行课前预习。在正式授课前一周,教师通过线上教学平台,发布学习任务(观看实验相关视频资源,完成在线作业),引导学生多思考提问,完成实验预习任务,还可开展网络虚拟实验,并约定时间开展在线讨论,解疑答惑,考查学生课前预习情况,便于对课堂教学进行调整优化。学生根据自己时间,自主进行线上课前预习,根据自己的学业水平,可重复多次学习,并查阅相关资源,补充自己基础的不足,并方便和教师进行线上互动,

图2 超星学习通线上教学平台展示

表1 基于线上线下深度融合教学模式学习内容设计

拟解决问题		“如何测定维生素C饮料中抗坏血酸含量？”
在线学习内容	课前	查阅资料，了解维生素C的功能及其在生活中的作用；学习实验所需基础知识(掌握碘溶液与Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液的配制和标定方法；掌握直接碘量法测定维生素C的原理及操作过程；掌握淀粉指示剂的作用原理及使用方法)；在线虚拟实验，训练操作；在线作业(根据维生素C的测定原理及实验条件的选择、I ₂ 溶液与Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液的配制和标定、直接碘量法的操作步骤及注意事项设置选择题、判断题、解答题题型，检测预习成果)；在线讨论解决疑点
	课后	巩固和拓展所学知识(完成数据分析及处理，书写实验报告；书写课后习题及完成线上问题，(比如，“如何利用直接碘量法测定蔬菜中维生素C的含量呢？请查阅资料，重点关注样品前处理过程，设计实验方案等”)；实验总结
课堂教学内容	实验前	回顾实验原理及整个流程，讲解重难点、易错点，部分仪器的操作演示；总结课前线上疑难问题
	实验中	个别指导，严格规范学生实验操作(称量、移液、定容、滴定、记录等)；答疑解惑；实验安全
	实验后	引导学生处理含铬废液；根据自己的实验操作过程，引导学生小组合作讨论导致维生素C浓度产生偏差的因素；引导学生数据处理与分析(剔除异常数据，计算相对标准偏差和相对误差)

快速解决该实验相关的知识问题。此外，教师应坚持预做实验，可以明确实验现象、改进实验方案、检验公用试剂、提供评分标准、开展教学研究等^[2]。还可以录制实验关键点视频，作为线上平台的预习资料，方便学生掌握实验。线上平台还能记录学生的学习过程，便于后期进行总结回顾及成绩评价。

以维生素C的测定为例,教师通过线上平台发布作业任务,要求学生查阅维生素C相关的资料,发布相关视频,要求学生观看并完成设定的题目。学生领取任务后,围绕任务完成预习,通过上网查找资料了解维生素C的功能,了解哪些物质中含有维生素C。针对“如何测定饮料中维生素C含量”这个实际问题展开学习。学生通过线上平台观看录制的视频,预习直接碘量法测定维生素C的原理,所用仪器及试剂的选择(试剂选择应尽量避免使用具有毒性的试剂,例如碘溶液的标定选择 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液而不用 As_2O_3),了解直接碘量法的操作过程及注意事项(实验反应条件,指示剂的选择),学习实验方案设计。整个实验流程直观、生动地呈现,使学生更容易理解和学习。学生可借助虚拟实验平台练习溶液配制和滴定,了解 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液的配制、 I_2 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的粗配方法、 I_2 溶液的标定和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的标定等。通过教学视频和线上虚拟实验,学生可以熟悉实验操作,减少了实验室试剂的消耗和污染物排放。基于线上教学的课前预习可激发学生的实验热情,理解教学内容,充分发挥学生学习的主动性。针对每个学生的理解能力和知识水平的差异,学生可以反复观看学习实验资料,充分理解相关知识要点,熟悉操作技能,满足学生个性化的学习需求,提高学生的学习兴趣。此外,在线作业以及在线讨论环节可引导学生学会独立思考,有利于培养和提高学生的自学能力。

2.2 课中导学

有了扎实的课前预习,课堂教学活动回归线下模式,教师需主要关注以下几点:(1) 根据学生线上预习的情况展开授课(回顾实验基础知识和实验流程),突出重难点、易错点,部分实验操作演示,总结线上预习情况和疑难问题。(2) 学生动手操作实验,教师则需要注意观察学生的操作是否规范并及时纠正,引导学生规范记录实验数据。表2是实验操作细则评分表。在实验过程中,可将学生错误实验操作及实验数据规范记录情况拍照,并上传到线上教学平台,作为后期对学生实验操作评分的依据,还可为以后的教学提供素材。(3) 对于实验产生的废弃物,如铬离子废液,做完实验后需倒入规定的废液桶,统一定期处理废液,不得倒入水槽排入下水道,牢固树立学生的安全意识^[3,4]与环保意识。(4) 在实验结束后,将学生每4人分为一组,根据自己的实验操作过程,留有20分钟时间讨论“导致维生素C浓度产生偏差的因素”。如若组内不能解决,可寻求教师帮助。(5) 在数据处理与分析方面,教师需对学生有以下要求:① 对于有限的平行测定实验,建立剔除异常数据的意识,运用DPS (Data Processing System)软件进行异常实验数据的检验与剔除,自行上网查阅资料探索其他异常数据的剔除方法。② 计算实验的相对标准偏差和相对误差,学习使用Excel中的函数公式直接计算。③ 在实验报告中完成详细规范的数据分析。

表2 实验操作细则评分表

项目	细则	分数占比
粗配溶液	称量; 稀释; 贴标签	15%
减量法称量	检查天平水平; 倾倒试剂; 规范记数; 称量时间	20%
配制标准溶液与样品溶液	溶解; 检漏; 洗涤; 定容摇匀; 润洗; 贴标签	25%
移液	移液; 调液面; 放液	10%
滴定	滴定管润洗; 装液; 读数; 滴定; 终点颜色控制; 加液	30%

在整个实验过程中,引导学生注意容量瓶定容操作; 称量仪器(台称和分析天平)选择对有效数字的影响; 液体量取时量筒和移液管的选取; 滴定终点时半滴的控制等, 这些都是分析化学中严格的“量”的体现, 引导学生树立准确的“量”的理念, 有助于培养学生严谨的科学态度。

2.3 课后跟踪

课后跟踪,也是检验教学效果的关键阶段。学生课后须按时完成实验报告(拍照上传),解答思考题以及完成实验总结,并直接线上提交,由平台保存学生的学习过程,提交时间设置为3天内(即实验结束后开始算),超过期限无法上传。思考题包括课后习题及在线拓展性问题,教师可以通过线上

教学平台设置一些主观题和客观题,巩固学生的学习。以维生素C的测定为例,可以设置如下拓展性问题:(1) 如何利用直接碘量法测定蔬菜中维生素C的含量?请查阅资料,重点关注样品前处理过程,设计详细的实验方案(主要包括实验目的、实验原理、所用仪器和试剂、实验步骤及注意事项、数据记录表设计);(2) 除了直接碘量法之外,还有哪些测定维生素C的方法?测定维生素C含量的国标法是什么?(3) 直接碘量法有哪些其他应用(列举三个)?学生可以在网络上搜集相关信息,查阅文献等,依托网络教学平台完成实验方案探索和设计。教师可以创建一个线上讨论区,解答学生的各种疑难问题,实现师生的有效互动,引导学生一起分析问题、解决问题,最后完成对学生拓展问题解答的评价。课后线上跟踪能督促学生巩固课堂知识,开拓视野,丰富学习内容。其优点是拓展性问题(如实验方案的设计)的设计可以提高学生查阅文献和搜集资料的能力,培养学生的独立思考能力和创新性思维,提高学生分析解决问题的能力。

3 基于线上线下深度融合的分析化学实验成绩考核方式

传统的实验成绩考核方式比较单一,主要通过实验报告,无法及时了解遇到的问题,无法全面对学生进行评价。基于线上线下深度融合实验教学模式,结合线上平台记录学生的学习过程,将考核内容贯穿于整个教学过程,主要分为三个部分(课前预习、课中导学及课后跟踪)对学生进行综合考评(如图3所示),评价依据由线下(纸质资料及课堂讨论情况)部分和线上平台部分组成。其中,(1) 课前预习主要指在线视频学习、在线虚拟实验、在线预习作业自测、在线讨论、纸质预习报告,占比为20%;(2) 课中导学主要包括实验操作技能、数据记录及处理分析、综合素养,其中数据记录需整洁规范,特别注意有效数字位数的保留及数据单位;综合素养考查学生穿着、台面整洁、按时到课、思路清晰、不污染公用试剂及废液回收情况,占比45%;(3) 课后跟踪主要包括实验报告成绩、思考题和实验总结,其中思考题考查学生对基本知识的掌握情况和拓展性问题(实验方案的设计等)的完成情况,占比35%。该成绩考核方法注重学生的综合性,能够反映学生整体学习过程和收获,有利于考查学生对知识的掌握程度和灵活运用能力,反映学生活跃的思维和独立思考问题的能力,激发学生的主观能动性,能促进学生科学实验的综合能力提升。

图3 分析化学实验成绩评定方案

4 结语

采用线上线下深度融合的分析化学实验教学模式,虽然学生需花费时间学习平台操作技能以及可能面临仪器设备条件差异性的问题;教师需经常关注线上教学平台,对学生的疑难问题进行解答;但是与传统教学相比,该教学模式通过学生课前自主预习,课中教师的个性化引导以及课后知识巩固和补充(拓展性问题的设计),充分调动了学生的主观能动性,尊重学生个体差异,实现以学生为中

心的因材施教，树立学生的安全意识与环保意识，有助于培养学生严谨的科学态度和一丝不苟的科学作风，培养学生的自主创造性和分析解决问题的能力，同时提升了实验教学效果。该教学模式为高校创新型人才培养做了有益的探索。

参 考 文 献

- [1] 周丽景, 于湛, 孙晓颖. 大学化学, **2021**, 36 (4), 2005068.
- [2] 张宏芳, 李建军, 王超展, 聂菲. 大学化学, **2015**, 30 (6), 29.
- [3] 张瑞霞, 张坤, 尹延斌, 于宏达. 中国教育技术装备, **2020**, No.10, 118.
- [4] 常静, 商闯. 大学化学, **2021**, 36 (2), 2004032.