针对理论-实验教学相融合的微助教辅助实验教学实践 ——以滴定分析实验教学为例

贾钦相*, 李银环*, 张志成

西安交通大学化学学院, 西安 710049

摘要: 为了促进滴定分析理论-实验教学的融合, 在借鉴疫情期间线上教学模式经验的基础上, 我们在滴定分析内容教学中实践了微助教辅助的实验课堂教学模式。该教学模式灵活机动, 不受行政班级划分与理论实验教学先后顺序的制约, 能够有效地提高实验课教学效果, 促进理论-实验教学相互融合, 提升教学质量。

关键词: 理论-实验教学融合; 微助教; 滴定分析

中图分类号: G64; O6

Experimental Teaching Practice Assisted by Micro Teaching Assistant in View of the Theory-Experiment Teaching Integration: Taking Titration Analysis as an Example

Qinxiang Jia *, Yinhuang Li *, Zhicheng Zhang

School of Chemistry, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China.

Abstract: In order to promote the integration of theory and experiment teaching of titration analysis, based on the experience of online teaching mode during the epidemic period, we practiced the virtual experiment classroom teaching mode assisted by micro teaching assistant for teaching of titration analysis. This teaching mode is flexible and free from the restriction of administrative class division and theory and experiment teaching sequence, which can effectively improve the efficiency of experimental teaching and promote the integration of theory and experiment teaching.

Key Words: Integration of theory and experiment teaching; Micro teaching assistant; Titration analysis

1 前言

在2020年的新冠肺炎疫情的影响下, 全国教育系统在“停课不停教、停课不停学”的号召下, 迎来了在线教育的大爆发, 开始了一场前所未有的变革^[1]。高校纷纷依托各种平台开展直播或录播教学, 如雨课堂、教学立方、超星学习通、QQ直播、钉钉直播等。然而, 随着在线教育实践中各种问题的出现, 在线教育如何与传统教育协同发展成为了教育领域的热点问题。目前的实际情况是, 在线教育仅仅能够取代传统教育的部分功能而不可能完全取而代之, 二者应互为补充, 融合发展。因此亦有人提出了在校学生学习时间与地点灵活安排, 既利用实物资源又利用数字资源的O₂O

收稿: 2021-07-08; 录用: 2021-08-18; 网络发表: 2021-09-17

*通讯作者, Emails: qinxiangjia1984@mail.xjtu.edu.cn (贾钦相); liyh@xjtu.edu.cn (李银环)

基金资助: 西安交通大学2020年本科教学改革研究青年项目(2002Q-02); 新时代下高等化学创新人才培养模式探索(21LKYYB10); 2021中国高等教育学会“理科教育研究”专项课题; 2018年西安交通大学“名师、名课、名教材”建设工程-名师培育项目

(Online to offline)混合式教育的理念。另一方面,在化学这样一门实验科学的教学中,如何使理论学习与实验教学一体化,达到最优的教学效果,一直是教育工作者们关注的问题。国内高校曾有人提出将全面质量管理方法“PDCA”(Plan, Do, Check, Act循环法)引入分析化学教学建立“理实一体化”教学模式,亦有人提出将教学设备和有关实验设备同置一室,将化学理论与实验环节重新分解、整合,安排在一体化教室中进行教学,以及应用微型实验、仿真实验等等。其优势是,这种一体化融合方式确实能够调动学生的积极性,提高教学效果。缺点是,无论哪一种,都对教师的个人素质和硬件设备提出了更高的要求,而理论教学中大量实验的穿插,也非常容易导致教学过程中出现随意性。因此,如何在疫情期间线上教学经验的基础上促进化学课程中理论-实验教学相互融合,是我们当下面临的问题。

滴定分析法教学是定量分析类课程中的重要组成部分。定量分析是一门起源于生产实践的学科。随着商品生产和交换的发展,很自然地就有了控制、检验产品的质量和纯度的需求,于是产生了早期的商品检验工作。古代人已会用简单的比重法来确定一些溶液的浓度,可用比重法衡量酒、醋、牛奶、蜂蜜和食油的质量,在公元6世纪已经出现和我们现在所用仪器类似的比重计。20世纪以来,原有的各种经典化学分析方法不断地充实完善。直到今天,试样中的常量元素或常量组分的测定,仍普遍采用经典的化学分析方法尤其是滴定分析方法。

“普通化学原理-2(定量分析基础)”是西安交通大学理科大类学生基础必修课程,突出化学定量理论基础、体现基本原理分析应用,旨在帮助学生在较短的时间内认知化学反应平衡的基本原理和基本规律及其如何应用于研究对象含量^[2]。同时该课程也是为解决科研中与化学有关的测定技术等实际问题打好基础的一门重要课程。其内容涉及到基于水溶液中四大平衡(酸碱、沉淀、氧化还原、配位)的四种经典滴定分析方法。通过这门课程,学生们能够认识滴定分析法在生产和科学研究工作中的任务和作用,掌握滴定分析法的基本原理和方法,初步具备应用滴定分析知识解决实际分析问题的能力,在学生专业技能培养中具有十分重要的作用。“普通化学原理-2”实验课程的学习既能加强学生对理论课的理解,又可锻炼学生动手能力,提高他们分析问题和解决问题的能力,具有十分重要的意义^[3]。因此,需要高度重视课程中理论和实验课程的融合,不断探索构建新的教学模式,提升教学效果,满足新时代人才培养的需要。目前,滴定分析部分理论与实验教学中普遍存在以下几个问题:

一、理论课与实验课的同步配合欠缺。因为时间和场地限制,实验课与理论课的时间点有时无法很好地配合。有些情况下,理论知识还未涉及而实验课已经开始。在紧张的操作间隙,教师在实验课堂上很难用寥寥数语解释清楚这些理论课上需要数学时才能完成的知识点,因而学生的疑问很难在实验课上当场解决。也有部分情况是,理论课“先行”而隔了一段时间实验课“后入”,该情况下理论知识并非“新鲜出炉”,学生仍然很难将理论知识与实验操作较好地联系起来。以上两种情况都导致理论教学和实验教学难以高效地协同配合达到最优的效果。

二、实验课课堂教学效率有待提高。实验课中有限的实验讲解时间对于学生理解实验中的理论问题、掌握基本操作、提高分析问题解决问题的能力是非常关键的,然而若不加以设计和引导而是一味地灌输PPT内容,教学效果往往不佳。有学生面对大量信息,感觉抓不住逻辑;有学生不愿意思考,觉得照讲义操作任务就完成了。不管是线上还是线下的实验课堂,都存在如何以最快的方式将学生的思维切入本次实验的内容中并和理论课程知识点进行“连接”,带动学生思考积极性的问题。

三、实验课中线上教学手段未能得以充分施展。分析类课程实验教学大多仍沿袭传统模式,而面对新一代学生,亟需利用线上教学手段来优化教学。新一代学生在信息时代成长,熟悉电子设备和网络化社会,非常渴望以手机、电脑等设备便捷地参与实验教学。很多学生希望在操作中能用手机即时查看关键操作步骤的示意图说明,也有不少学生偏好用手机拍下实验现象、仪器数据,还有学生把笔记本电脑带来实验室现场处理数据。由此看来,一味地强令学生在实验课上放下手机并不现实,如何让他们以自己喜好的方式积极参与到实验课堂中才是明智之举。

同时,在目前疫情缓解学生返校的情况下,线上教学中的直播和交流模块完全可以用实验课堂现场教学来实现,在实验课课堂教学中加入线上手段辅助教学成为更好的方案^[4-10]。微助教是近年来开发的一款课堂互动信息化工具,具有线下教师备课、课堂管理、一键签到、开放讨论、快速出题等功能(图1左)。与目前在高校教学中广泛应用的雨课堂、blackboard等软件不同的是,微助教使用灵活方便,只要通过微信即可快速登录,组建班级,不受行政班级的授权限制。在选课学生由于时间限制不能以原有行政班级组成实验班级时,使用该软件尤其方便。微助教能够快速发布随堂答题,其答题结果可以直观地投影,有效地吸引学生的注意力,增强参与意识,能够改善实验课讲解中部分学生注意力不集中的情况。微助教发布的课件可作为重要操作的静态展示,在操作练习时可即时查看,时效性很强。在理论知识先入时,微助教可辅助进行教学内容的巩固和深化理解;在实验操作先入时,微助教又可辅助导入问题、引发从现象到本质的思考、帮助学生更有效地把握内容并提高自主学习的能力。因此,在学生正常到课参加现场实验教学的情况下,在实验课堂讲解和动态演示过程中结合现场教学和微助教随堂答题及讨论的功能,在学生操作过程中以微助教课件在学生手机上进行静态演示,能够有效提升实验教学效率以及促进理论与实验教学的融合。当然,在这个过程中,微助教的应用不应“喧宾夺主”,冲淡实验课训练基本操作、培养分析解决问题能力的主题。随堂答题和课件都应少而精,需要精心设计配合课堂主题达到最优的教学效果。

图1 微助教教师电脑界面功能展示(左);微助教手机界面中的酸碱滴定手势静态展示(右)

基于以上考虑,我们提出了以微助教辅助实验课堂教学促进滴定分析部分理论-实验教学融合的方案。该部分教学内容涉及两种常用的经典滴定分析方法(酸碱、配位)。理论课程中学时分配为酸碱滴定6学时、配位滴定6学时,相应实验学时均为4学时。下面对两种滴定分析的微助教辅助实验教学在小班初步开展的情况如课堂设计、问卷反馈等逐一介绍。

2 微助教辅助滴定分析实验教学实施方案

2.1 酸碱滴定

酸碱滴定是以酸碱质子传递反应为基础的一种滴定分析方法,理论教学相关内容为酸碱指示剂的原理、酸碱滴定曲线和酸碱指示剂的选择,以及酸碱滴定的应用实例。酸碱滴定部分实验教学内容为经典实验“酸碱标准溶液(盐酸、氢氧化钠)的配制与标定”。酸碱滴定内容通常被放在四大滴定分析法的第一位来介绍,一方面是由于其中涉及到的酸碱平衡处理方法是其后三种滴定分析方法

中讨论滴定条件的基础知识；另一方面，四大滴定的教学有共通之处，都要讨论相关的滴定曲线和指示剂变色原理，而酸碱滴定是学生较为熟悉的在中学阶段已经建立起直观印象的内容，从其入手能让学生更快地把握滴定分析部分的知识逻辑。对于学生来说，在这个实验开始前已经完成了定量分析概论、滴定分析概论和酸碱平衡的学习，具备了定量分析中的基本概念如误差、有效数字及其运算规则、酸碱平衡的相关处理和计算方法等先行知识基础。表1列出了酸碱滴定分析部分理论教学与实验教学能够关联的重要知识点及实验课堂上采用的教学方式。酸碱滴定分析部分实验教学的任务一方面是深层理解学生已有的直观印象背后的原理，如酸碱指示剂变色表象后滴定过程中pH变化的规律、标准溶液配制与标定的思路等；另一方面，是通过实验课上学生对电子天平、移液管、滴定管这些常见定量分析仪器的操作练习来深入理解定量分析中贯穿始终的误差、有效数字等基本概念。该堂实验课教学“承前启后”，做好课堂设计促进理论实验教学融合，对后面的其他滴定分析方法的教学意义重大。

表1 酸碱滴定部分理论教学与实验教学的关联点及相关教学方式设计

理论教学	实验教学	实验教学难点	实验课堂教学	微助教辅助方式
误差	电子天平的使用	对仪器以及测定方法精度的认识	讲解+动态演示	随堂答题
有效数字	移液管的使用	操作手势	讲解+动态演示	随堂答题+静态演示
	滴定管的使用	操作手势、读数	讲解+动态演示	随堂答题+静态演示
酸碱指示剂变色原理	甲基橙、酚酞指示剂的终点颜色判断	终点颜色判断	讲解	随堂答题+静态演示
基准物质及标准溶液标定	HCl、NaOH标准溶液配制		讲解	随堂答题+动态演示

因此，在“酸碱标准溶液(盐酸、氢氧化钠)的配制与标定”实验教学中我们做了如下设计。

1) 预习准备。首先，利用微信群提前发布通知要求学生预习实验讲义内容，并使用微助教平台提前发布了展示滴定管滴定手势及常见错误的课件(图1右)。

2) 课堂讲解。按顺序介绍实验目的、原理及内容进行重点操作演示。

3) 随堂答题。在听讲结束后，用微助教发布理论-实验关联内容的6道题目(表2)，并现场总结点评。

4) 操作练习。在学生操作过程中来回巡视，及时检查其操作是否准确、读数是否与仪器的精度一致，若发现错误及时纠正。

5) 点评总结。实验结束后，以小组为单位检查学生实验数据，着重关注的问题有：一、平行数据精密度情况；二、基准物质称量质量和滴定读数是否与仪器精度吻合。若发现问题，再次纠正，并和学生讨论分析可能的原因及今后如何避免类似问题。

2.2 配位滴定

配位滴定是基于配位反应的滴定分析方法，主要使用的滴定反应是EDTA和金属离子之间的配位反应。理论教学相关内容为EDTA与金属离子的反应、金属离子指示剂变色原理及其封闭僵化的问题，以及配位滴定法测定水硬度的实例。配套的实验为“EDTA标准溶液的配制与标定及水的硬度测定”。对本次实验教学来讲，基本操作学生已经熟悉，但是按照课程编排，实验教学先于理论教学。理论与实验课程融合的难点在于如何通过实验理解金属离子指示剂变色原理，如何通过实验中测定钙镁总量和分量时控制不同的酸度，让学生理解酸度控制对EDTA配位滴定法的作用(表3)。而实验课堂上讲解时间有限，必须迅速有效地切入要点，让学生在最短时间内掌握琐碎实验操作后隐藏的基本原理。

表2 酸碱滴定部分微助教辅助练习

题号	内容	选项	目的
1	滴定管操作的步骤为检漏-洗涤-润洗-装液-赶气泡-调零-滴定-读数, 该说法是否正确?	A. 正确; B. 错误	巩固滴定管操作知识
2	用万分之一电子天平称量 Na_2CO_3 时, 下列哪个读数是正确的?	A. 0.3 g; B. 0.33 g; C. 0.3301 g; D. 0.334 g	巩固误差及有效数字概念
3	滴定管可以精确到	A. 1 mL; B. 0.1 mL; C. 0.01 mL; D. 0.001 mL	巩固滴定管操作知识及误差有效数字概念
4	使用移液管移取液体时用大拇指堵住移液管口。该操作是否正确?	A. 正确; B. 错误	强化移液管操作易错的点
5	目前, 滴定分析法相关概念中, 你自认为比较了解的是	A. 基准物质; B. 标定; C. 酸碱指示剂变色原理; D. 滴定误差	即时了解学生对滴定分析法概念先行学习情况, 以便在操作练习过程中有针对性地答疑和指导
6	下列滴定操作中正确的是(图片题)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>A.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>B.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>C.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>D.</p> </div> </div>	强化滴定管操作易错的点

表3 配位滴定部分理论教学与实验教学的关联点及相关教学方式设计

理论教学	实验教学	实验课堂教学涉及的关键知识点	实验课堂教学关键知识点导入方式	微助教辅助方式	微助教辅助目的	可由实验教学对接的理论课内容
配位滴定特点及EDTA性质	EDTA标准溶液的配制和标定	EDTA与钙镁离子的反应及化学计量比	讲解, 与酸碱滴定法类比	随堂答题(文字单选题1)	巩固	以EDTA滴定法为代表的配位滴定法特点
金属指示剂变色原理	铬黑T、钙指示剂的使用条件及终点颜色变化	金属指示剂的终点置换反应	讲解, 类比+逐步分析	随堂答题(静态演示图片单选题2)	巩固+理解	金属指示剂使用时需要注意的封闭、僵化问题
配位滴定中酸度的控制	总硬度和钙硬度测定时不同的pH条件	配位滴定中需要调节pH的原因	开放式问题	随堂答题(文字多选题3)	启发	配合物的条件稳定常数、金属离子滴定时的酸度控制范围

因此, 在该实验讲授时先和上节课学习过的酸碱滴定类比引出问题, 逐一点出关键的EDTA、金属离子指示剂、pH控制(图2)。而后用微助教即时发布了相关的3个随堂答题, 第一题为图片单选题(选择本实验可能看到的金属离子指示剂变色情况), 第二题为封闭式问题(本实验中应选用哪类滴定

管),第三题为开放式多选题(在配位滴定中为什么要控制一定的pH)。前两个问题根据现场讲解,多数同学都能很快正确作答。第三题开放多选,现场答题情况是所有同学同意A选项“配位滴定中,溶液pH对EDTA与金属离子配合物的稳定性影响很大”这一选项,而B选项“金属指示剂的变色点会随着pH变化而变化”、C选项“防止被测金属离子水解”、D选项“可以消除干扰离子的影响”则看法不一(图3)。于是,此时请学生就B、C、D选项发表自己的看法,然后逐一和实验中的测定条件去对应。由问题导向引发学生积极主动地思考,可在理论课堂上作为导入展开相关原理的教学。在完成该实验后,在配位滴定理论课讲授时以该实验内容引入,能够明显感觉到课堂气氛变得积极,学生能够主动思考在实验实践中发现的问题,抽象的理论知识导入时有了“支撑点”,收到了良好的效果。

The screenshot shows the Weizhuojiao interface for a course titled '普通化学原理2实验'. The main content area displays a table titled '一、实验原理' comparing '酸碱滴定' (Acid-Base Titration) and '配位滴定' (Complexometric Titration).

滴定类型	酸碱滴定	配位滴定
测定对象	酸碱物质	金属离子
滴定反应	$\text{OH}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{EDTA} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow [\text{Ca}(\text{EDTA})]^{2-}$
指示剂	酸碱指示剂	金属指示剂
滴定终点颜色切换	指示剂酸性-指示剂碱性	指示剂配合物-游离态指示剂
滴定中需要注意的条件		控制pH值

The interface also shows a sidebar with file uploads (POWERPOINT, EXCEL, PDF) and a bottom navigation bar with options like '全屏播放' (Full Screen Play) and '下载' (Download).

图2 微助教中的课件展示及配位滴定实验课堂习题答题情况

图3 微助教界面中配位滴定实验课堂习题答题情况

2.3 教学反馈

为了了解微助教辅助实验教学的学生体验,在滴定分析实验教学部分结束后发放调查问卷,对本次参与尝试的小班学生进行了教学体验调查。问卷内容一方面调查微助教辅助的实验课堂教学对于滴定分析教学的具体作用效果,另一方面了解学生对于微助教辅助的课堂组织形式的体验和意见。从表4可以看出,多数学生对微助教辅助的实验课堂教学在提升实验课学习效率、促进理论-教学融

合的效果方面给予了肯定,尤其受学生欢迎的一点是能在手机上即时查看预习资料和操作现象的静态图片。同时,学生们也希望更多地开发微助教辅助形式的预习课件发布功能。从具体的教学效果来看,微助教辅助实验教学对于加深理解滴定分析教学内容中那些理论-实验教学的“关联点”效果是明显的。由此说明,微助教辅助实验课堂教学的确在构建高效课堂、促进滴定分析理论实验教学融合的方面起到了积极作用,是值得推广和发展的一种教学形式。当然,作为微助教辅助的初步尝试,不足之处在所难免,存在有待提升和改进的方面。其管理形式有待完善,如应用微助教的讨论模块,建立微助教辅助的评价指标等。另一方面,微助教教学素材有待扩充,如一些拓展性的关于滴定分析实际应用的图片视频资料仍有不足。

表4 微助教辅助教学在滴定分析实验课堂教学中实施的调查结果

题号	内容	选项	比例
1	实验课程使用微助教辅助讲解,你个人对此的体验感觉是	A. 有助于快速把握实验操作,提高听讲效率	A. 73%
		B. 有助于理解相关的理论课程知识点	B. 67%
		C. 能用手机微信参与实验课程更顺手	C. 33%
		D. 该种方式还需再提高改进	D. 33%
2	你觉得实验课上若能在手机上查看相关操作和说明,是否对学习更有帮助	A. 是	A. 100%
		B. 否	B. 0
3	你认为实验课使用微助教辅助教学在下列哪些方面提升较有意义	A. 提前推送预习课件和相关操作图片、视频	A. 100%
		B. 开设讨论模块	B. 53%
		C. 增强现场课堂答题	C. 47%
		D. 全面用微助教实现课堂管理如签到等	D. 47%
4	下列使用微助教发布过的操作图片,你印象深刻对掌握基本操作有帮助的有	A. 酸式滴定管操作手势	A. 73%
		B. 甲基橙指示剂变色	B. 80%
		C. 酸式滴定管操作常见错误	C. 67%
		D. 酚酞指示剂变色	D. 87%
		E. EDTA滴定金属指示剂变色	E. 67%
5	在实验“EDTA标准溶液的配制,标定及水的硬度测定”中,以下实验课上讨论过的问题中,你对哪些印象深刻,有助于理论课“配位滴定”一节的学习	A. EDTA的酸性、配位、溶解度	A. 67%
		B. EDTA滴定中所使用金属离子指示剂的变色原理	B. 100%
		C. 配位滴定中pH的控制	C. 60%

3 结语

综上所述,我们在疫情推动的线上教学模式经验基础上,在滴定分析实验教学中初步尝试了微助教辅助实验教学。利用简单易行的微助教小程序,在实验课预习、讲解中引入静态演示、动态演示、随堂答题等元素,建立了微助教辅助实验教学模式,并收集了学生的反馈。该模式适应了信息时代学生的需要,利用微助教辅助为手段,可将教学目标内容、教学方法、教学资源等元素协同运作,有效地促进了滴定分析教学中的理论教学和实验教学相互融合。当然,在初步实践中也发现了一些组织管理、资源素材方面的不足之处。今后将针对上述问题进行改进和完善,如将预习、课堂互动、讨论、报告、课后题等全面纳入微助教进行管理,扩充微助教教学素材和题库,进一步进行线上线下混合实验教学设计,增加实验教学深度和广度,孵化课程的“高阶性、创新性和挑战度”,全面培养学生创新能力。

参 考 文 献

- [1] 教育部应对新型冠状病毒感染肺炎疫情工作领导小组办公室. 关于在疫情防控期间做好普通高等学校在线教学组织与管理工作的指导意见, 教高厅[2020]2号. [2020-02-04]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202002/t20200205_418138.html
- [2] 李银环. 中国大学MOOC普通化学原理(定量分析基础)课程. [2021-06-29]. <https://www.icourse163.org/course/XJTU-1207420807>
- [3] 陈永雷, 吕文娟, 陈宏丽, 陈兴国. 大学化学, **2021**, 36 (7), 2010028.
- [4] 焦琳娟, 郭会时, 黄冬兰, 丘秀珍. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (10), 23.
- [5] 宋江闯, 赵会玲, 熊焰, 姚俊. 计算机与应用化学, **2012**, 29 (11), 1391.
- [6] 贾雪平, 葛明, 张跃华, 缪建文, 葛存旺. 大学化学, **2017**, 32 (7), 37.
- [7] 许丽梅, 陈建中, 林若川. 大学化学, **2017**, 32 (7), 37.
- [8] 杨雅惠, 梁建新, 梁恩湘, 阳彩霞, 王国祥, 周从山. 大学化学, **2018**, 33 (11), 62.
- [9] 宋文璟, 刘畅. 大学化学, **2021**, 36 (2), 2003040.
- [10] 李玲, 王娟, 张弛, 田丽红, 朱文华. 大学化学, **2019**, 34 (4), 34.