以培养创新型人才为导向的基础分析化学实验教学改革探索与应用

董立军*, 王薇, 吕东煜, 兰景凤

兰州大学化学化工学院, 兰州 730000

摘要: 从新时代培养创新型人才的角度出发, 阐述了基础分析化学实验教学方法改革的必要性。针对大学基础分析化学实验, 提出了从课前预习、课堂讲授、实验指导、课后讨论总结到学期末实验考核方式的具体整改方案。与传统实验教学方法相比, 新方法的实施有效提高了学生学习的主动性, 培养了学生扎实的实验技能以及创新能力。

关键词: 创新型人才培养; 实验教学方法改革; 分析化学实验

中图分类号: G64; O65

Exploration and Application on Experimental Teaching Reform of Basic Analytical Chemistry Guided by Cultivating Innovative Talents

Lijun Dong *, Wei Wang, Dongyu Lü, Jingfeng Lan

College of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

Abstract: From the perspective of cultivating innovative talents in the new era, this paper expounds the necessity of reforming the teaching method of basic analytical chemistry experiment. In view of the basic analytical chemistry experiment in college, this paper puts forward the concrete rectification scheme from pre-class preparation, classroom teaching, experimental guidance, after-class discussion and summary to the method of experimental examination at the end of the semester. Compared with the traditional experimental teaching method, the implementation of the new method effectively improves the students' initiative in learning, and cultivates the students' solid experimental skills and innovative ability.

Key Words: Cultivation of Innovative talents; Reform of experimental teaching methods; Analytical chemistry experiment

实验教学是高校教学体系中的重要环节之一, 实验教学改革亦是我国高校教学改革的重要内容之一^[1]。21世纪高等学校的实验教学强调通过实验课程培养学生的科学创新能力、独立思维与研究能力, 培养学生的综合素质^[2,3]。而自主学习能力的培养是开发学生创新思维、增强独立研究能力、培养终身学习能力的基础。因此, 随着社会发展对人才综合素质要求的提高, 传统实验教学的革新势在必行^[4-6]。

1 创新教学理念

基础化学实验I是由化学创新国家级实验教学示范中心(兰州大学)面向一、二年级本科生开设的

化学实验课程,包括无机化学实验、分析化学实验和有机化学实验。其中,分析化学实验课程共126学时,在基础化学实验I课程中占比32%。分析化学实验作为无机化学实验的后续专业基础实验课程,其目的是通过基本操作、经典实验、设计实验和拓展实验等形式的训练,使学生进一步熟练掌握分析化学实验的基本操作。并且,通过学习化学实验的基本知识,使学生加深对分析化学基础理论和基础知识的理解和掌握,从而培养学生独立工作和独立思考的能力,培养正确归纳和综合处理数据的能力,培养用客观简练的语言表达实验结果的能力以及一定的设计实验、研究实验的能力。通过培养学生实事求是、细致严谨的科学态度,使学生形成良好的科学习惯及科学的思维方法,从而逐步掌握科学研究的方法。

在传统的实验课程教学模式中,教师按实验内容及步骤认真地讲解,学生按教师的讲解“照方抓药”^[7],学生即使不理解自己所做的实验,也可以“成功”完成实验。学生在实验过程中对教师过分依赖,自主学习意识较差,学而不思、机械随众的学习态度较为普遍,对于大学一年级的学生来说更是如此。长此以往,学生的创造性被扼杀,不仅达不到对分析化学基本原理和概念深层次的认识和理解,更不能达到培养学生独立思考、解决问题能力的教学目的。

在创新性人才培养的研究型教学模式中,应以学生为主体、教师为主导,教师引导学生主动学习、自行解决问题,鼓励学生个性发展。因此,教学理念的转变是创新性人才培养的基础,只有教师充分意识到培养创新性人才的重要意义,才能把研究能力和创新能力的培养贯穿于日常的实验课程教学中。

2 改革教学方法

2.1 以问题为导向、线上线下相结合的预习方式

课前预习是实验课程的重要教学环节,充分全面地预习实验原理、实验内容、实验步骤和实验基本操作等,才能加深对实验的理解。当学生做到知其然且知其所以然之后,学生进入实验室就不会手忙脚乱,就不仅仅是“照方抓药”了。教师针对实验中的关键点有的放矢地提出问题,让学生在预习实验阶段通过解决问题来学习隐含在问题背后的科学知识,进而培养学生的自主学习能力和创新能力。表1是基础分析化学实验课程所开设的实验内容及学时分配^[8],以典型的分光光度实验“磺基水杨酸铁配位数和稳定常数的测定实验”为例,教师从实验的不同角度设计预习思考题(表2),学生预习并完成实验后可以在实验报告中书面回答全部或部分预习思考题(图1)。

预习实验除了以问题为导向,深入透彻地预习实验原理、梳理实验步骤,还需预习相关的基本实验操作,为进入实验室夯实基础。教师可通过超星的一平三端等网络教学平台给学生提供各种资料(图2)及网络资源。对于一些简单仪器的操作,教师可以提供文字版或图片版操作指南,也可以提供相关操作视频的链接和虚拟仿真操作练习的链接。

表1 基础分析化学实验课程开设的实验项目及学时分配

编号	实验名称	学时	编号	实验名称	编号	学时
1	磺基水杨酸铁配位数和稳定常数的测定	4	10	钢铁中Ni含量的测定(丁二酮肟重量法)	10	7
2	荧光光度分析法测定维生素B ₂	4	11	甲基橙的合成及解离常数的测定	11	8
3	天然水硬度的测定	5	12	铁氧体法处理含铬废水	12	8
4	天然水高锰酸盐指数的测定	6	13	阿司匹林的合成、鉴定与含量的测定	13	8
5	混合碱的测定(双指示剂法)	6	14	糖精钴的合成和化学式的测定	14	8
6	Cr ₂ O ₇ ²⁻ 、MnO ₄ ²⁻ 混合溶液的分光光度分析	6	15	钴配合物的合成、组成分析及电子光谱测定	15	16
7	铜合金中铜含量的测定(间接碘量法)	6	16	硅酸盐水泥的分析	16	18
8	葡萄糖含量的测定(碘量法)	7	17	实验理论考试	17	2
9	离子交换分离——钴和铁的分离与测定	7				

表2 磺基水杨酸铁配位数和稳定常数测定实验的预习思考题

项目	预习思考题
实验原理	<p>等摩尔系列法测定配位数时，当中心离子与配体的摩尔比分别为1:1、1:2、1:3、1:4时，在吸光度-组成图中的吸光度最大值对应的横坐标(物质的量分数)分别是多少？</p> <p>光度法测定的最佳波长应如何选择？若在其他波长下测定，对实验结果有何影响？</p>
实验内容	<p>铁与磺基水杨酸在不同酸度下可以形成不同配比的配合物，本实验的酸度如何控制？磺基水杨酸在配位时会释放出H^+，这是否会改变配合物的配位数？</p> <p>本实验中使用$HClO_4$的目的是什么？可否用HCl、HNO_3等代替？</p>
实验步骤和操作	<p>光度计的操作流程是什么？样品测定前应如何校准仪器？</p> <p>应如何洗涤及润洗比色皿？如何保护比色皿的透光面？</p> <p>光度实验中参比溶液的作用是什么？应如何选择参比溶液？本实验是否可以用蒸馏水做参比溶液？</p> <p>系列溶液配制完成后，最佳测定顺序是什么？平行两次的测定应如何进行？</p> <p>该实验中，1#、11#的理论测量值应该是多少？若实际测量值与理论值不符，其原因是什么？</p>

图1 学生实验报告中回答的预习思考题

基础化学实验I...课程门户

首页 活动 统计 资料 通知 作业 考试 分组任务(PBL) 讨论 管理 体验新版

我的通知

新建

<p>分析化学实验课程</p> <p>发布时间: 2020-02-18 13:05</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 264/271</p>	<p>实验讲义电子版</p> <p>发布时间: 2020-02-12 19:36</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 269/270</p>	<p>实验教学中心网站登录</p> <p>发布时间: 2020-02-09 20:26</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 265/268</p>
<p>实验预习思考题</p> <p>发布时间: 2020-02-09 20:19</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 265/268</p>	<p>实验内容安排</p> <p>发布时间: 2020-02-06 20:05</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 266/267</p>	<p>分析化学实验内容...</p> <p>发布时间: 2020-02-06 19:47</p> <p>发送人: 曹立军</p> <p>班级: 班级8, 班级7, 班级6, 班级4, 班级1, 班...</p> <p>已读: 266/267</p>

图2 兰州大学“一平三端”网络教学平台发布通知及资料的界面

化学创新国家级实验教学示范中心(兰州大学)网络资源涵盖了虚拟仿真教学平台、基础化学实验视频教学库等教学资源,中心网络平台上的化学实验flash动画资源库(图3)涵盖了基础分析化学实验中的各项操作单元,使教学内容动态化、具体化,有利于学生提前预习,为学生进行即时自主预习提供了线上平台。同时可加深学生对实验课程的了解和掌握,进一步提高了实验教学效率。

图3 化学创新国家级实验教学示范中心(兰州大学) flash动画资源库界面

2.2 实验讲授采用翻转课堂教学法

经过全面、深入的预习,学生已具备一定的理论知识,基本掌握实验的相关操作,此时的实验讲授可采用“翻转式”课堂教学,让学生变身为“小老师”,将课堂交给学生,进行实验讲授、操作演示,并对实验预习思考题组织讨论,让同学们自由、大胆地表达自己的见解,营造出一个民主平等的学习氛围。此时教师的作用只是引导,最后对学生的讲授和讨论进行补充和总结。学生在课堂上获得自信,掌握较大的自主权,能有效促使学生在实验教学活动中进一步自主探索、思考,做到既“乐学”又“善学”。通过PBL (Problem-Based Learning)教学法^[9],还可以加强教师与学生的互动,增强学生学习的积极性和主动性;通过查阅资料、讨论交流的合作学习等方式巩固重难点内容,从而让学生通过主动的探究学习获得知识。

2.3 强化实验中的讨论总结教学环节

学生全面的预习能有效加快实验进度,实验结束后教师可及时组织学生对当天的实验进行讨论分析,讨论的内容包括预习中不能充分理解的难点、学生得到不同实验现象的原因探究以及操作中的细节、数据的处理等等。通过及时、“新鲜”的回顾,教师引导学生进一步挖掘实验现象背后的理论依据,加深对化学基础理论和基础知识的理解和掌握。组织学生对实验操作中的问题及时讨论总结,有利于学生及时发现不足并改正,快速提升实验技能。对数据处理和实验报告撰写的讨论,能有效培养学生正确归纳和综合处理数据的能力,培养用科学的语言表达实验结果的能力。

2.4 增加实验拓展、实验设计及实验的趣味性

为培养学生的创新性思维,应鼓励学生大胆思考,在安全前提下大胆尝试。为此,我校分析化学实验课程在经典实验的基础上增加了实验拓展及实验设计。师生互动,加强启发,这是立足于学生的探究性、主动性、拓展性的开放型学习。实验拓展能够引导学生去更深层联想,锻炼学生的想象力及发散思维。例如磺基水杨酸铁配合物稳定常数的光度法测定实验结束后,可以引入光度法测定解离平衡常数的拓展内容,引导学生探究什么样的弱酸解离体系可以用光度法测定解离平衡常数,如何测定?学生自主查阅资料,自行设计实验方案,教师审核通过后,可允许学生在后期相关实验中按照自己设计的实验方案进行实验。

同时为增加学生对实验课程的兴趣,教师可以设法将经典的实验内容教学环节贴近生活,增加学生的自主参与性。例如天然水硬度测定和天然水高锰酸盐指数测定,这是分析化学实验中的两个

经典实验, 可以让学生按照自己的喜好取样, 可以取宿舍的自来水、喷泉的景观水、翠英山脚下的渠水, 甚至也可以取市场上养鱼的水。当然不同的样品有不同的前处理方法, 实验步骤也会略有差异, 这恰好可以引导学生自主预习、自行设计, 促进学生创造性思维的形成。

3 优化考核方式

化学化工学院每年招收全日制本科生220人左右, 实验平行班级8个。每个实验平行班安排2位实验指导教师和1位研究生助教。为保证平行班级成绩评定的公平合理性, 实验教学示范中心制定了实验成绩给分标准。单次实验成绩的给分比例是预习与记录10%、实验操作40%、实验结果与报告40%和纪律与卫生10%。实验课程考核实行多元化考核方式, 平行实验班期末统一安排实验考试和实验笔试考试, 平时实验、小组讨论和期末实验考试为过程性考核, 学生总评成绩中过程性考核占比75%–80%, 期末实验笔试考试成绩占比20%–25%。

2020年由于疫情的影响, 学生返校后需在6周时间内完成分析化学实验课程, 故没有组织聚集性的实验笔试考试。现对2018和2019年学生成绩进行对比分析, 图4是2016、2017两个年级16个平行实验班级的过程性考核成绩和笔试成绩的班级平均成绩分布图。从图中可以看出, 学生的过程性考核成绩分布较均匀, 并且实验笔试考试成绩总体低于过程性考核成绩。说明学生在老师的引导下都能积极主动地预习实验并完成实验操作, 能够合理记录实验数据并完成实验报告。尽管学生动手能力较强, 但对于实验现象背后的实验原理和理论知识掌握还略有欠缺, 而且学生的理论知识掌握程度差异较大。图4中两个年级的化学基地班实验笔试考试平均成绩明显高于同年级其他化学班, 说明基地班学生的理论知识掌握程度要优于普通化学班学生。考核方式的优化改革能清晰反映出学生在实验课程学习中存在的问题, 同时也能有效激励学生在完成实验的基础上加强实践与理论的结合并深度挖掘、掌握自身欠缺的理论知识。

图4 2018、2019年分析化学实验班级平均成绩分布图

电子版为彩图

4 结语

基础化学实验课程是传授化学知识和基础化学实验技能、训练科学的思想和实验方法、培养科学的精神和工作能力的重要教学环节。如何通过实验教学中的各个环节培养学生的自主学习意识和自主学习能力,提升学生的创新思维 and 创新能力,需要我们认真研究。兰州大学化学化工学院近3年分析化学实验课程的教学方法改革可以总结如下:首先,教师应树立“以创新型人才培养为导向”的新的教学理念;其次,教学方法改革为以学生为主体、教师为引导的多元化教学方式;最后,优化考核方式,增加学期末的实验笔试考试。新的教学方法实施三年来,在引导激发学生的学习自主性、积极性、进取性和创造性上都取得了一定的效果。

参 考 文 献

- [1] 李隽, 陈英海, 孙明礼, 刘毓琪, 胡树林. 大学化学, **2012**, 27 (1), 19.
- [2] 饶中浩, 赵佳腾, 霍宇涛, 刘臣臻. 实验室研究与探索, **2019**, 38 (8), 201.
- [3] 周德志, 何名芳, 曹小华, 徐常龙, 钟婵娟, 王萍萍. 大学化学, **2021**, 36 (1), 2003033.
- [4] 王薇, 吕东煜, 董立军, 袁呈山, 沈永雯, 兰景凤, 陆广农, 徐向阳. 大学化学, **2021**, 36 (2), 2002031.
- [5] 王萍, 姜雪梅, 杨昕, 周志才. 化学教育, **2016**, 37 (4), 59.
- [6] 吕银云, 阮婵姿, 张春艳, 潘蕊, 许振玲, 任艳平. 大学化学, **2020**, 35 (9), 89.
- [7] Kelly, O. C.; Finlayson, O. E. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2007**, 8 (3), 347.
- [8] 兰州大学化学化工学院大学化学实验中心, 编著. 陆广农, 修编. 大学化学实验 基础化学实验I (上、下册). 第2版. 兰州: 兰州大学出版社, 2011.
- [9] Jansson, S.; Söderström, H.; Andersson, P. L.; Nording, M. L. *J. Chem. Educ.* **2015**, 92 (12), 2080.