中外合作办学中创新人才培养的化学实验教学探索与实践

楚进锋, 靳兰*

北京化工大学化学学院, 北京 100029

摘要: 中外合作办学是中国高等教育的重要形式之一。根据北京化工大学中外合作办学的情况, 以无机及分析化学实验的教学内容为切入点, 总结了教学过程中存在的问题, 主要表现为学生的逻辑思维能力、基础理论联系实践及数据处理能力等方面存在诸多不足。为解决这些问题, 培养具备国际化能力的创新人才, 作者从培养学生科学的逻辑思维能力、理论与实验相结合并融思政教育于课堂、应用软件在实验数据处理中的应用等方面进行了教学手段与方法的创新与探索, 为国际教育学院生物工程班学生将来能够顺利与国外后续课程的成功对接打下坚实的基础。

关键词: 中外合作办学; 实验教学; 创新实践

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Chemistry Laboratory Teaching on the Cultivation of Undergraduate Talents in Sino-Foreign Educational Cooperation Program

Jinfeng Chu, Lan Jin *

College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, P. R. China.

Abstract: The Sino-foreign educational cooperation program is one of the important forms of higher education in China. The innovation and exploration of teaching modes and methods were carried out to tackle problems in teaching inorganic and analytical chemistry laboratory at Beijing University of Chemical Technology. These problems can be found in logical thinking, combining basic theory with practice, and software used in treatment of experimental data. The teaching reform was carried out on the aspects of improving students' innovative consciousness, combining theory with the experiment, integrating ideological and political education into classroom, application of software in experimental data treatment, which will improve the subjective initiative and problem-solving ability of students in learning inorganic and analytical chemistry laboratories. It will lay a solid foundation for the students of international bioengineering class to successfully connect with foreign follow-up courses in the future.

Key Words: Sino-foreign educational cooperation program; Laboratory teaching; Innovation practice

中外合作办学是20世纪90年代初教育领域中萌发的新型教育模式, 教育部有明确的相关规定: “中外合作办学是指中国教育机构与外国教育机构依法在中国境内合作举办以中国公民为主要招生对象的教育教学活动。”近年来, 随着我国全球化经济的发展, 中外合作办学逐渐兴起, 办学规模愈来愈大, 已经成为中国高等教育的重要形式之一。如何对中外合作办学模式下的实验教学进行改革, 将思想政治教育与化学实验技能的传授相融合, 使学生能更好地与国外后续课程顺利对接, 兼具高尚的道德品质和综合素养, 是一个值得我们深入探讨的课题^[1,2]。

收稿: 2020-09-14; 录用: 2020-09-28; 网络发表: 2020-10-29

*通讯作者, Email: jinlan@mail.buct.edu.cn

基金资助: 北京化工大学国际教育学院中外合作办学教育教学改革立项(HZBX202014, HZBX202021)

1 现状分析

近几年,北京化工大学国际教育学院开始招收生物工程专业的学生(中美合作办学,以下简称国生),但入学生源差异较大。选择报考中外合作办学的学生主要有以下原因:一是利用合作办学提高专业英语能力,以期通过合作办学实现出国留学目标;二是高考成绩不理想无法进入理想高校,选择中外合作办学以便有利于自身今后的职业发展^[3]。近几年,我们给国生班的学生在大学一年级时讲授了无机及分析化学实验课程^[4],对国生班学生的现状较为了解。通过与他们的日常接触,在教学过程中发现存在着不少学生基础不扎实、全班学生的成绩两极分化等问题。考虑到国生专业的学生以后大多数会选择出国留学,在本科阶段训练他们的逻辑思维能力、拓展学科视野、培养创新精神、激发学生的科研热情 and 家国情怀、树立正确的价值观,必然会使学生在后续进一步深造时更容易适应国外学习的氛围。因此,在国生班的实验教学工作中,进行改革探索显得尤为重要。今年以来,受新冠肺炎疫情影响,部分学生赴境外国家和地区留学的计划被迫改变、延迟甚至取消,不少学生面临就学困难。教育部允许一些中外合作办学机构考核、招录符合特定条件的出国留学生,为其提供国内求学机会,拓宽了就学路径,为解决新冠疫情带来的留学难问题提供了一项切实有效的举措,也对我们中外合作办学背景下的实验教学改革提出了更高的要求。

2 探索与实践

2.1 从提高学生学习兴趣入手,培养学生科学的逻辑思维方法

伟大的科学家爱因斯坦说过:“兴趣是最好的老师。”如果你对某件事有了兴趣,就会想办法把这件事做好。学习也是一样的道理,所以我们首先从提高国生班学生对无机及分析化学实验的学习兴趣入手,进行了有益的改革尝试。北京化工大学无机及分析化学实验的开设对象为大学一年级学生,他们通常都具有很强烈的好奇心。如果他们对化学实验有了较大的兴趣,做实验时就可以起到事半功倍的效果。

如何提高学生对无机及分析化学实验的兴趣是一个老生常谈的问题,在这里,我们仅以硫酸铜系列实验“硫酸铜的提纯”“碘量法测硫酸铜中的铜含量”和“五水硫酸铜的差热分析”为例说明。“硫酸铜的提纯”实验想得到产品其实不难,重要的是如果想得到纯度很高的产品,就需要操作者每一步都按要求认真去做。在讲授本实验时,我们通过用Mercury软件向学生展示硫酸铜单晶的立体结构(图1),让学生对硫酸铜结构有一个非常直观的感受,引发学生的兴趣。进而告诉学生:“如果想测得硫酸铜的分子结构,需要培养出硫酸铜的单晶。培养硫酸铜的单晶,关键是需要比较纯的硫酸铜样品,今天我们的实验做的就是这关键的一步。”面临挑战,学生做实验的兴趣、专注度和效率大大提高。在做“碘量法测硫酸铜中的铜含量”实验时,学生会更加迫切和认真地去测样品中的铜含量,以检验产品的提纯效果。另外,通过观察硫酸铜的晶体结构可知,其晶体结构中的五个结晶水,其中四个参与了和中心铜离子的配位,而另一个水分子没有参与配位,这样也就很好理解“五水硫酸铜的差热分析”实验在硫酸铜受热后为什么首先失去一个结晶水了。在整个教学过程中,教师运用启发式教学,引导学生独立思考,真正理解实验的设计思想和设计理念,从中体会各实验之间的逻辑关联性,逐步培养学生思考问题的逻辑思维能力。

图1 硫酸铜晶体的单晶结构

2.2 强化理论与实验相结合, 融思政教育于课堂, 提高教学质量和学生综合素质

众所周知, 化学是一门以实验为基础的学科。高等教育中化学人才的培养包含课堂理论教学与实验室实践教学两个重要方面。理论教学和实验教学相辅相成, 理论教学在提高学生化学知识理论水平的同时, 能促使学生在实验教学中更好地理解实验目的、原理、现象和结论。反过来, 实验教学中, 学生可以通过动手实验去验证理论教学中学习的有关理论知识, 从而加深对理论知识的理解和认识^[5]。北京化工大学的无机及分析化学实验是配合基础化学^[6]课堂理论教学设置的实验环节, 运用课堂学习的基本理论知识, 通过实验课程的锻炼, 可使学生进一步加深和巩固基本理论知识, 观察实验过程中的现象, 并分析遇到的各种问题, 提高学生动手能力及分析数据、归纳和整理实验结果的能力。理论教学与实验教学相互促进, 是学生综合素质的重要体现。然而理论教学与实验教学经常相互脱节, 使得实验教学的效果与意义大打折扣。需要指出的是, 思想政治教育是培养大学生人文素质的重要途径, 是高等教育的一项重要内容^[7,8]。因此, 理论教学与实验教学的有机统一, 融思政教育于课堂, 提高本科教学质量和学生的综合素质是非常重要和必要的。

如何做到实验教学与理论教学的有机统一并将思政融于课堂呢? 从实验教学角度来说, 实验教师首先要做的就是巩固学生对实验相关理论知识的理解, 引导学生树立正确的人生观和价值观, 并尝试在实验课程的教学贯穿思政理念, 例如在讲解“碳酸钠合成”实验时, 重点给学生介绍我国著名的化工专家侯德榜先生的事迹, 作为我国化学工业的开拓者、侯氏制碱法的创始人, 侯德榜先生致力于研究氨碱法制碱的技术并取得重大突破, 建成了亚洲第一座纯碱厂; 随后发明了连续生产纯碱与氯化铵的联合制碱新工艺, 并实现了工业化和大面积推广。由于其突出的贡献, 1943年英国化工学会授予侯德榜名誉会员称号, 是自1881年英国化工学会成立以来获得名誉称号的第十二位有重大贡献的化学家, 同时也是唯一的中国化学家, 这是中华民族的荣誉, 是我国化工历史上最光辉的一页。在实验课上, 教师通过思想政治方面的正确引导和讲解, 增强了学生的民族自豪感和自信心, 激发了学生的爱国主义情怀, 使学生树立了坚定的爱国主义思想。只有当学生全面且系统地了解了这些理论背景知识, 教师才可以在教学的过程中引导他们运用这些知识, 理论与实践相结合来解决实验过程中遇到的问题, 最终使学生达到理论与实践相贯通的水平, 从而实现“理论为实践所用, 理论为实践服务”这一根本目的。因此, 将思想政治教育与化学实验知识的传授相融合, 在提高学生实验技能的同时, 也将进一步提高学生的人文素养和综合素质。

在“酸碱浓度比较”实验中, 经常有学生在处理实验数据时, 把氢氧化钠滴定盐酸与盐酸滴定氢氧化钠两组实验得出的浓度比值放在一起取平均值, 其实这是错误的做法, 两组数据放在一起取平均值得出的数据没有任何意义。如果此时加强对学生的理论指导, 使学生把基础化学理论课上学习到的酸碱滴定的理论知识应用在本实验中, 从而使学生明白两组实验就是两种不同的实验方法, 选用的指示剂不同, 化学计量点时溶液的pH不同。盐酸滴定氢氧化钠时, 用甲基橙作指示剂, 终点时溶液显弱酸性; 而氢氧化钠滴定盐酸时, 用酚酞作指示剂, 终点时溶液显弱碱性。让学生思考或讨论后认识到两组实验得出的氢氧化钠与盐酸浓度之比, 理论上本应该会有小的差异(用盐酸滴定氢氧化钠时浓度之比理论上稍大)。然后学生通过认真实验, 验证了结果正如理论分析的一样。这样学生从理论上理解了为什么不能放在一起取平均值, 也就不会再犯类似的错误了。而且, 通过该实验教学, 可以让学生明白“实践是检验真理的唯一标准”的哲理。

再如: 在“混合离子的分离与鉴定”实验中, 实验过程中碱性条件下双氧水把铬离子氧化为了铬酸根, 经常有很多同学不理解该反应为什么可以发生。其实如果是酸性条件下, 重铬酸根反而可以氧化双氧水放出氧气。这两个反应看似有些矛盾, 事实上是由于反应时溶液酸碱性的区别导致六价铬的氧化能力的差异。此时可以引导学生利用基础化学理论课上学习的电极电势的知识, 让学生计算出不同酸碱性条件下电对的电极电势的数据, 再作比较, 从而加深理解反应的本质区别, 拓展了学术视野。最后, 让学生准备好材料, 以小组方式给全班做讲解, 使得学生自己主动强化理论知识和实验的有机结合, 更为重要的是, 锻炼了学生的口头表达能力。另外, 通过本实验学生可以进一步领悟到“量变可以引起质变”和“矛盾双方可以转化”的理念, 从而加深对“辩证唯物主义”

观点的理解, 并养成勤于思考、勇于探索的科学素质。

2.3 利用应用软件处理实验数据, 提高学生的主观能动性和解决问题的能力

无机及分析化学实验经常涉及实验数据的分析和处理, 尤其是仪器分析实验, 图表分析法是最常见的, 如标准曲线、吸收曲线等的绘制和分析。在传统实验教学中, 学生在分析和处理实验数据时仍采用坐标纸进行手工作图。然而, 即使是同一组实验数据, 不同的操作者手工制图, 画出的图形也可能有较大差异, 得到的结果很可能不同。即便是同一操作者在不同时间处理, 结果也不会完全一致。事实上, 由于手工作图费时费力并带有一定的主观随意性, 实验结果误差较大, 而用计算机软件处理实验数据, 由于其简便快捷且更为准确日益受到人们的重视。

实验数据处理软件较多, 如美国Origin Lab公司开发的Origin软件, 该软件是一个在Windows操作平台下用于数据分析和科技绘图的工具软件。操作者可用其对各种数据快速分析处理, 比如曲线拟合、信号处理以及峰值分析等, 同时可绘制线性图、柱状图、散点图以及2D/3D图等, 且图形清晰美观, 因此, Origin软件图在科研论文和各种报告文件中较为常见。Origin软件数据处理精度高, 简单易操作, 非常适合大学生学习使用。而大一学生通常对Origin软件不了解, 自然也就会对这种功能强大、国际通用便捷的软件充满好奇, 也会激发他们在学习中的主观能动性。我们在国生班的日常实验课堂教学、报告总结、实验研讨等教学活动中, 以无机及分析化学实验数据为依据, 将Origin软件应用于标准曲线绘制等实验数据处理中, 教会学生规范作图、正确处理实验数据, 正确书写实验报告, 使学生熟练掌握Origin作图方法, 培养学生严谨、求实的精神, 以期提高学生的主观能动性和解决问题的能力, 为后续实验课程和中外合作办学的顺利实施打下良好基础。

下面仅以分光光度法测定硫酸铜中铁离子含量的标准曲线绘制为例加以说明。

学生实验时测定的一组数据见表1。

表1 硫酸铜中铁离子含量测定实验中铁离子含量与吸光度数据

编号	铁含量/mg	吸光度 A	编号	铁含量/mg	吸光度 A
1	0.00	0.000	5	0.20	0.798
2	0.05	0.207	6	0.25	0.994
3	0.10	0.399	7	待测	0.428
4	0.15	0.601			

传统的作图方法是在坐标纸上手工作图, 耗时较长, 且得不到线性相关系数等数据。若改用Origin软件作图, 经过教师的讲解和演示, 学生可以掌握软件的使用方法, 得到标准曲线(图2)。并且通过线性回归, 可得到回归方程($y = 0.00376 + 3.96857x$)和线性相关系数 r (0.99997), 对于待测样品, 由吸光度数据和线性回归方程可求出铁含量(0.11 mg), 根据样品质量, 进而可求出样品中铁的质量百分含量。

图2 铁的标准曲线

此外,在“络合滴定法测水硬”实验中,教师讲解络合剂EDTA(乙二胺四乙酸二钠盐)及其钙镁配合物时,向学生介绍绘制复杂物质结构的Chemdraw软件;结合硫酸铜晶体数据,演示前文中提及的Mercury软件的各种功能,以方便学生熟悉使用。通过学习Chemdraw和Mercury等软件,学生对分子中各原子键合方式的理解进一步加深。

通过培养学生熟练掌握一些重要的应用软件,可提高学生处理数据和解决问题的能力,大大提高了学生的主观能动性,同时拓宽了学生的学术视野,更好地与国际接轨。

3 结语

综上所述,结合中外合作背景下北京化工大学国生班无机及分析化学实验课程教学,我们从培养学生科学的思维方法、理论与实验相结合并融思政教育于课堂、应用软件在实验数据处理中的应用等方面进行了教学手段与方法的创新与探索,以培养学生坚定的爱国主义思想、勤于思考勇于探索的科学精神,达到化学实验课与思政教育相结合的多方位教学,全面提升学生的科学素养,提高学生学习化学实验的主观能动性和解决问题的能力,为我校中外合作办学中培养德才兼备的创新人才、为学生未来的出国留学深造打下了良好基础。

参 考 文 献

- [1] 杨芳,张松梅,范红显,刘晓莉,成文玉. 实验技术与管理, **2013**, 30 (9), 185.
- [2] 曹英寒,罗建成,叶红勇,李津. 广州化工, **2017**, 45 (20), 184.
- [3] 王丽敏. 才智, **2019**, 7 (21), 144.
- [4] 柯以侃,王桂花. 大学化学实验. 北京: 化学工业出版社, 2010: 1-507.
- [5] 陈凤贵. 石化技术, **2017**, 24 (12), 278.
- [6] 李保山. 基础化学. 北京: 科学出版社, 2014: 1-446.
- [7] 刘刚,张恒,马莹,宋其圣,苑世领,孙国翠. 大学化学, **2020**, 35 (7), 53.
- [8] 张变香. 大学化学, **2020**, 35 (7), 44.