

物理化学实验研究型教学改革与实践

田东亮*

北京航空航天大学化学学院, 北京 100191

摘要: 针对不同专业学科发展需要, 设计体现具有我校学科特色的物理化学实验教学内容和教学模式。培养学生以科研的状态进入到实验中, 鼓励学生独立设计方案, 提出问题, 分析问题并解决问题, 充分激发学生主动性和积极性, 改进考核机制, 有利于创新思维培养。以科研论文的形式总结实验, 体现物理化学实验课程对实际应用和科研工作的指导作用。通过以上实践, 实现从实践中来到实践中去的能力培养目标, 充分发挥物理化学实验教学在培养一流创新性研究型专业人才中的重要作用。

关键词: 物理化学实验; 研究型教学; 改革与实践; 创新能力

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of Research Teaching on Physical Chemistry Laboratory

TIAN Dongliang*

School of Chemistry, Beihang University, Beijing 100191, P. R. China.

Abstract: In order to satisfy the need of development in different disciplines, we adopted special contents and models of physical chemistry laboratory teaching in accordance with the characteristic of Beihang University. We encourage and cultivate the students to perform the experiment and summarize the experimental results with a scientific research mind, that is, to design the experiment independently and to put forward, analyze and solve problems with more initiative and enthusiasm. The assessment method should focus on the cultivation of innovative thinking. Moreover, it is an effective way to show the guidance effect of physical chemistry laboratory for scientific research and practical application. Based on the above teaching practice, the objective of teaching and studying from practice to practice can be achieved, which plays an important role in cultivating the professional talents for first-class innovative research.

Key Words: Physical chemistry laboratory; Research teaching; Reform and practice; Innovation ability

物理化学是一门以物理学方法和角度分析物质体系化学行为的原理、规律和方法的学科, 对于实际指导生产实践, 理论解释许多新现象行为的发生, 都起着重大的作用。物理化学实验是物理化学教学的重要组成部分, 是化学教学由基础向应用过渡的重要阶段, 是培养学生科学的思维方法、实验技能、综合实验能力和创新研究能力的重要环节, 也是学生获得物理化学知识和相关专业技能从实践中来到实践中去的重要桥梁, 在化学、化工、制药、生命、材料、环境等专业的人才培养中

收稿: 2017-09-22; 录用: 2017-11-29; 网络发表: 2017-12-04

*通讯作者, Email: tiandl@buaa.edu.cn

基金资助: 北京航空航天大学 2017 年教学改革重点资助项目(物理化学实验研究型教学改革与实践); 2017 年双百工程(优质课程)物理化学资助项目

占有重要的地位。但目前的物理化学实验教学流于形式,未能充分体现学生在实验过程中的主动性,使得学生在实验中照方抓药,积极性低,教学效果不理想。这种传统的教学模式阻碍了学生创新思维能力的培养,也不利于综合型研究人才培养^[1,2]。因此,体现科研特点和实际应用的物理化学实验研究型教学对于培养一流创新性研究型人才具有重要的意义,也是当前大学物理化学实验教学需要改革的一项紧迫任务^[3-5]。我们针对物理化学实验教学过程中的各个环节进行了改革和实践,加强教师与学生之间的互动与沟通,激发了学生主动学习的兴趣,加强了学生的科研创新能力和综合创新能力,获得了良好的教学效果。

1 精心选取设计实验,与实际生产、生活联系

物理化学实验课程通常会设置在化学、化工和材料专业的大学二、三年级,这些学生对化学的研究内容、地位和发展方向已经有了一定的理解。物理化学实验是在无机化学实验、有机化学实验和分析化学实验基础上的发展和提升,是本科生学习化学知识并进一步应用的重要阶段,物理化学实验的教学效果直接关系到学生自主创新能力的培养和毕业设计的质量。因此,物理化学实验的选取和设计显得尤为重要,不仅要选取传统的验证性实验,而且要引入一些综合性、自主设计性实验^[6,7],更重要的是,这些实验一定要密切联系生产和生活实际,让学生们了解实验的具体应用方向和前景。同时,也要结合上课的学生对象选取不同实验,比如对于航空航天类材料专业的学生,就需要涉及实际物理化学实验相关知识和技术在其领域的应用,使其注意到物理化学知识和研究方法对其领域研究中的重要性和必要性,以便于今后其加强对化学知识的学习。下面针对我校化学专业的物理化学实验课程开设情况进行具体说明。

我校化学专业的物理化学实验课程是独立开设的,课程共 112 学时,分两个学期(64 + 48)进行。实验中,每 2 名学生为 1 个小组共同完成 1 个实验,4 个小组构成 1 个大组。根据学生人数分 3-4 个大组,同时开出 3-4 个实验。实验项目选取的目的是重在基础,加强应用,突出特色,即在加深物理化学基本理论知识的基础上,以我校航空航天材料及我院特殊界面材料研究特色,选取适当的综合性、自主设计性实验提高学生的科研创新能力。验证性基础实验项目主要以理解和掌握物理化学知识为目的,设有热力学(燃烧热测量、饱和蒸气压、分解平衡常数测定、分配系数和平衡常数、气液/金属相图的绘制和研究、凝固点下降法测定摩尔质量),动力学(一级反应、二级反应),电化学(电动势及温度系数的测定、电势-pH 曲线、离子迁移数的测定),胶体与界面化学(胶体制备及电泳、密度和粘度的测量、最大气泡法测表面张力)。综合性、自主设计性实验主要包括燃料燃烧热值的测定,油性磁性液体表面输运水性液体时油相磁性颗粒的稳定性研究,循环伏安法测定物质的光电化学性质,催化反应动力学,单分子横截面积的测定,表面活性剂临界胶束浓度测定,特殊润湿表/界面的制备及其润湿/粘附性能研究。

本校实验结合相关领域研究背景,每个验证性实验结束后选 1-2 个设计性实验,主要是用于针对性锻炼学生的思维能力和综合应用能力,达到举一反三、触类旁通。设计实验的原则是参考现有的验证性实验,把原有的一些研究物质换做其他材料,给定研究目标。让学生独立查阅文献数据,参考现有资料,进行实验设计,包括实验步骤和数据处理等。例如,在传统验证性实验燃烧热的测定(测定苯甲酸、棉花或萘燃烧热)后,我们结合反应热在航空航天领域的应用,请学生选取一种燃料作为火箭推进剂,设计实验测量其热值,根据它的热值计算这种燃料把一定质量的火箭推升的高度,然后比较学生们之间选取的材料哪种更为有效,加深反应热在专业领域的实际应用。在测定碘在四氯化碳和水体系中的分配系数和平衡常数后,我们针对目前研究的油基磁性液体/纳米阵列复合界面在水性液体的输运中,探究磁性液体中四氧化三铁在长期接触与输运水过程中的微量损失,引导学生设计一个过程来测试一下磁性颗粒在水和油中的分配情况,确定不同油基磁性液体的稳定性,从而实现一个科学研究的过程。针对我们学院在特殊浸润界面材料中的研究成果,开设了设计性综合实验,制备一个氧化锌/氧化钛(或其他材料)微纳米结构薄膜,研究其表面在空气中水滴和水中油

滴的浸润性、粘附性在修饰低表面能材料前后的行为,通过测试接触角、滚动角和粘附力等,加深对一些有关特殊界面现象理论知识的理解和了解科学研究过程。另外,部分实验结合较为前沿的简单科研课题进行设计和综合实验,以便于提高学生的科研创新能力。其中,有的设计性实验是用于锻炼学生思维能力的,这些实验内容不一定需要完全进入实验室去操作,思路正确即可。实验内容也不能一成不变,应该与时俱进,不断发展和提高。

2 组织好课前预习与检查,深入了解实验背景

要保证物理化学实验的上课效果和质量,必须引导学生进行充分的预习,无论是验证性实验还是综合性、设计性实验,都要以科研的态度来对待。预习不仅包括实验内容和目的原理、步骤(可以改进),而且要了解该实验的背景资料以及实验中的注意事项和可能存在的问题。实验前预习不仅仅要知道上课做什么(不是照方抓药),更重要的是要知道为什么要这样做,了解该实验在当时所处背景下的解决问题的方式和方法,试想如果在这样的环境下,我们能怎么做?现在人们怎么做,进行对比,了解科研的发展历程,激发学生的学习兴趣^[8]。这样就不会单单认为验证性实验只是一种简单的重复实验,而且能对该部分理论知识有较为深刻的理解和掌握。同时,学生要对实验过程及步骤(教师可以特意设计 2-3 套含有冗余步骤的方案供学生选择)进行设计优化,并进行陈述。教师则对学生的预习情况进行检查和考核,针对不同情况进行鼓励,进一步总结阐释所设置实验的目的,要解决的问题和实验中可能出现的问题和注意事项,结合学生的专业特点,讲述该实验在专业领域的应用情况和实例,以便进一步解决学生对该物理化学实验学习的困惑和迷茫,提高学生查阅资料和分析问题的能力。

3 启发式指导实验过程,培养科学严谨的实验态度和团结协作精神

在充分实验预习和教师讲解的基础上,学生按照优化的实验步骤开展实验。实验过程中教师采用启发引导的方式对学生实验进行指导,在掌握操作技能的同时,加深对理论知识的理解和掌握,培养学生的科研方法和兴趣。及时规范操作,并对实验操作过程进行考核,培养学生实事求是与批判的思想,使学生在思想上进行重视。对于实验结果,让学生一边实验一边记录,中途不得修改,老师随时检查记录情况,保证实验记录的原始性、真实性。实验结束后,教师对实验结果给予签字确认,然后学生得到肯定的实验结果后,再进行实验仪器整理,培养科学严谨的实验态度和良好的实验习惯。

在学生实验分组的问题上,每 2 名学生为 1 个小组共同完成 1 个实验,4 个小组构成 1 个大组。我们打破固定小组实验完成整个实验课程,而是每次实验随机安排 8 人大组内 2 个学生构成 1 个小组进行合作,在实验中小组成员交流和讨论决定实验设计、优化并完成操作,减少部分学生的依赖性,充分调动学生的积极性,在实验中也可以培养学生们的团队协作能力。

4 课后总结和反馈,实用性科研论文式书写

实验结束后,给出实验报告是物理化学实验教学非常重要的一个环节,可以进一步检查学生对实验结果的分析总结能力。从实验结果的分析与讨论中可以培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。但是,通过多年的教学发现,很多学生对实验报告的感觉就是,东抄抄,西抄抄,贴上数据就应付完事,没有真正起到实验总结的效果。我们对实验报告的书写进行了改革,采用科研论文式的报告进行结果总结。主要格式为题目,作者,摘要,关键词,前言介绍,实验部分(仪器药品及简单步骤),实验数据处理 + 结果和讨论(边分析边讨论),结论,体会和建议(自己学到了什么,有什么需要改进的)。这种实验报告方式的篇幅多少不重要,主要是理清实验思路 and 加深对理论的理解,为什么要做这样一个实验(了解当时的背景和目的,要解决什么问题等),如何设计和进行这样一个实验(原理 + 步骤等),由这个实验可以得到什么结论,解决了什么问题(结果分析和讨论,有

什么启发等),有什么潜在的应用前景,有没有可改进的地方。充分发挥学生的主观能动性,使得学生能够从科研的角度去重新审视这个实验,对相关可类比分析的知识点触类旁通,举一反三。通过问卷调查发现,学生们对这种报告书写评价的方式给予了肯定,认为从中不仅加深了对理论知识的理解,也锻炼了自己发现、分析和解决问题的能力,培养了他们从事科研工作的能力和综合创新能力。

5 教师课后总结及实验改进

教师课后及时总结是提高教学能力和效果的一种重要途径。教师实验教学过程中,发现和解决学生提出的合理问题,以及针对实验报告中的结果分析讨论、体会和合理建议,通过充分思考、调研和总结,在最大限度上对实验进行优化和改进,并及时将评阅意见和修改优化与学生交流和讨论。发现问题及时解决,这样教师-学生-教师-学生的紧密循环沟通模式不仅从直观的角度加深学生对理论知识的理解,提高学生对化学学习的积极性,培养学生实验中的观察能力、操作能力和思维能力,而且可以培养从由理论原理到实际方案应用过程中的实际分析、解决问题的综合研究能力。

物理化学实验教学改进后,所有学生能配合我们完成设定的教学任务和过程,而且大部分学生(85%以上)能够很好地完成。实验课程结束后通过问卷调查结果表明,学生普遍认为这一系列教学改进提高了他们对化学专业知识的认知和兴趣,通过物理化学实验的整个教学过程,加深了物理化学理论知识的掌握,熟悉了科学研究的过程,提高了文献阅读、分析总结和实验设计能力,锻炼和提高了科技论文写作能力(部分学生科技论文写作已达到可以发表水平),为之后的科技创新和毕业论文设计奠定了坚实的基础。

6 结语

基于“从实践中来,到实践中去”的物理化学实验教学实践,通过体现我校航空航天材料及特殊界面材料的科学研究特点和实际应用的物理化学实验教学模式,以学生为中心和主体,实现了以教为中心向以学为中心的教学转变,使得学生对物理化学实验的知识掌握得更深,应用也更加自如。这种教学模式,不仅培养和提高了学生的研究型思维及创新能力,也有利于培养高水平、创新型综合人才。

参 考 文 献

- [1] 姚聪莉,任保平. 中国高等教育, **2012**, 7, 9.
- [2] 陈永宝, 瞿学红, 刘淑珍. 大学化学, **2013**, 28 (6), 17.
- [3] 张树永, 李英, 苑世领, 郝京诚. 大学化学, **2013**, 28 (2), 12.
- [4] 张剑荣. 中国大学教学, **2014**, 7, 84.
- [5] 张树永, 侯文华, 刁国旺. 大学化学, **2017**, 32 (9), 1.
- [6] 淳远, 高卫, 杨金月. 大学化学, **2017**, 32 (7), 33.
- [7] 魏小兰, 邹智毅. 实验技术与管理, **2014**, 31 (5), 214.
- [8] 张树永, 宋其圣. 大学化学, **2005**, 20 (4), 14.