

物理化学教学研究会第三次会议纪要

张树永^{1,*} 侯文华² 刁国旺³⁽¹⁾山东大学化学与化工学院, 济南 250100; ⁽²⁾南京大学化学化工学院, 南京 210023;⁽³⁾扬州大学化学化工学院, 江苏 扬州 225002)

摘要: 物理化学教学研究会第三次会议以物理化学实验教学改革与建设为主题, 介绍了教指委制订的实验教学建议内容, 并就今后的物理化学实验教学改革进行了交流和研讨。本文介绍了物理化学实验的特点、当前的改革进展及其局限性, 总结了部分高校在实验的目标导向设计、教学模式改革、教学理念和方法改革、教学达成度考核设计、实验新原理新方法引入等方面的做法和经验。论述了近期需要开展的重点工作。对今后的物理化学实验教学改革和建设具有一定的指导意义。

关键词: 物理化学实验; 实验建议内容; 实验教学改革; 实验设计; 实验考核

中图分类号: G64; O6-3

A Summary of the Third Conference of the Research Board of Physical Chemistry Teaching

ZHANG Shu-Yong^{1,*} HOU Wen-Hua² DIAO Guo-Wang³⁽¹⁾*School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, P. R. China;*⁽²⁾*School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, P. R. China;*⁽³⁾*School of Chemistry and Chemical Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225002, Jiangsu Province, P. R. China)*

Abstract: The aim of the third conference of the Research Board of Physical Chemistry Teaching is to analyze problems and measures for the reforms of physical chemistry laboratory teaching. During the conference, the suggested contents of laboratory teaching made by the 2013–2017 Advisory Board of Higher Chemistry Education were introduced. The teaching features, recent advancements and their limitations of physical chemistry laboratory teaching were discussed. Some successful practices and experiences focusing on experiment designs based on the outcome-based education strategy, reforms in teaching ideas and methods, effective evaluation of students' achievement and introduction of new experiments were summarized. The important future works in physical chemistry laboratory teaching were specified. It is helpful for teachers to promote their further reforms in laboratory teaching of physical chemistry.

Key Words: Physical chemistry experiment; Suggested contents of laboratory teaching; Laboratory teaching reform; Experiment design; Evaluation of laboratory teaching

2017年7月11–12日, 由高等教育出版社主办的物理化学教学研究会第三次会议在山东威海举行, 会议的主题是“物理化学实验教学改革与教学建设”。高等教育出版社理工出版事业部副主任陈琪琳出席会议并讲话, 会议召集人山东大学张树永教授、南京大学侯文华教授、扬州大学刁国旺教授以及高等教育出版社化学化工分社社长鲍浩波出席会议。来自全国16所高校的33位教师参加了会议。

张树永首先介绍了本次会议的主旨, 并作了“《化学类专业化学实验教学建议内容》解读”和“物理化学实验教学内容 and 教学改革”2个报告, 介绍了2013–2017年教育部化学类专业教学指导委

*通讯作者, Email: syzhang@sdu.edu.cn

员会(以下简称教指委)制订《化学类专业化学实验教学建议内容》(以下简称《实验建议内容》)的目的意义、制订过程、主要内容及使用原则,指出当前我国化学实验教学中存在的普遍性、关键性问题和未来改革的思路和举措;在第二个报告中综述了当前物理化学实验教学内容 and 教学方法改革涉及的主要领域和进展,分析了物理化学实验的特点和改革面临的问题与挑战,对今后的改革方向和重点工作提出了一些意见和建议;此外,还介绍了教指委落实《实验建议内容》的相关安排,以及《大学化学》杂志组织“大学化学实验课程体系改革”特刊的情况。

会议就物理化学实验教学中存在的问题、改革进展情况,以及如何推进实验内容和教学方法改革,如何推广相关改革经验等进行了交流和研讨。

1 物理化学实验教学的特点和问题

相对于无机化学实验、有机化学实验和分析化学实验,物理化学实验具有以下几方面特点:

(1) 验证性实验占比高。物理化学实验通常采用已有原理进行测量,实验的目的集中于加深对原理的理解、了解相关应用、学习相关测量的操作等,实验的综合性和创新性整体偏弱。

(2) 实验使用仪器设备种类较多,但多数属于中低值仪器设备,虽然仪器的原理和操作并不简单,但却不像仪器分析及仪器分析实验有专门的课程介绍原理和使用,实验时不得不安排时间进行仪器原理和操作教学,而物理化学实验指导书往往不得不拿出三分之一左右的篇幅介绍仪器的原理和使用,这导致物理化学实验普遍存在教学难度大、耗时长等问题。

(3) 实验测量精度要求高,但影响因素往往比较复杂,导致操作步骤多、耗时长,且测量通常存在一定的系统误差或者随机误差,需要设置校正,数据分析也相对困难。

(4) 原理与应用之间存在较大差距。物理化学实验注重原理介绍而忽视方法的真实技术实现及技术的最新发展。例如电动势测量,采用恒电位仪和电化学工作站测量电动势的原理与物理化学实验中介绍的对消法并不相同。物理化学实验原理与科技前沿和生产实际之间也存在较大差距,而且随着技术的进步,这种差距还有扩大趋势。

(5) 测量原理和方法比较多样,难以全面介绍。例如,测量迁移数就有 Hittorf 法、界面移动法、液体接界电势法等;测量液体表面张力有最大气泡法、毛细管法、拉环法、液滴形状法和液滴重量法等;测量溶液活度有蒸气压法、凝固点降低法、渗透压法、电动势法等。这些方法往往各自存在局限且原理差异显著,难以举一反三,也很难逐一列举并进行比较。

(6) 实验内容“千书一面”。由于原理的经典性和局限性以及实验仪器设备的种类、台套数和实验经费等的限制,开设特色实验和引入新实验的难度偏大,这导致学校的学科、行业和地域特色很难在物理化学实验中得到体现。虽然物理化学实验参考书种类繁多,但实验教学内容却多数大同小异。

2 物理化学实验教学改革的基本情况

上述特点和问题直接导致物理化学实验教学改革和教学建设相对缓慢,主要表现在物理化学实验教学改革的论文数量相对偏少、实验改革涉及的内容相对狭窄。之前的物理化学实验改革主要集中在以下六个方面:

(1) 引入相关软件处理实验结果。如采用 Origin、Excel、Matlab 等软件替代或者辅助手工进行数据处理和作图等。

(2) 实验绿色化。主要是替换可能危害健康和导致污染的实验设备或者试剂。如采用热电偶替代水银温度计、用温差计替代贝克曼温度计、用压差计替代 U 型汞压力计;用蔗糖替代萘做燃烧热测定实验、用环己烷替代苯做双液相图测量等。

(3) 仪器设备换代更新。如用电子天平替代光电天平,用水泵或者隔膜泵替代油泵,用陶瓷加热

棒替代电阻丝,用DSC替代DTA等。

(4) 现有方法改进。如讨论渗析方法对溶胶电动电势测量的影响、采用不同性质的迁移管和采用 Cu^{2+} 替代酸碱体系测量迁移数等。

(5) 新原理新方法的引入。如采用BET测量多孔材料的比表面积和孔径分布、采用光化学实验装置研究光催化活性等。

(6) 引入计算化学内容。如采用Matlab、Gaussian和Materials Studio等软件模拟基元反应动力学或者计算相关热力学参数等。

其中,最后两种情况对物理化学实验改革的影响较大。

3 物理化学实验教学改革经验交流

虽然受到实验原理更新不足、仪器设备种类多、价格相对较高等条件的限制,很多高校还是积极开展物理化学实验教学改革,并取得了不少经验。会议邀请了南京大学淳远教授、复旦大学刘永梅副教授、中山大学陈六平教授、华南理工大学葛华才教授、扬州大学刁国旺教授、华中师范大学原弘教授和大连理工大学田福平副教授分别介绍了各自学校在物理化学实验教学改革方面的思路、举措和成效。主要做法和经验可概括为以下五个方面。

(1) 推进目标导向的实验设计。如复旦大学明确了化学专业的人才培养目标,提出打造国际领先的实验教学,强化创新型化学人才培养的实验教学改革和建设目标,并通过信息化平台加强了实验教学管理,实现了单元操作模块化,实行菜单式选课和预约式教学。中山大学按照目标导向的原则,对实验教学的地位和作用进行了系统设计,提出了加强实验的探究性,在实验过程中和实验结束后安排讨论环节,加强教学质量评价,完善实验教学考核标准和方式等做法。

(2) 改革实验教学模式。包括设置设计实验和团队实验等。例如南京大学开设了物理化学设计实验和开放实验,以提高学生实验设计能力和创新能力,并通过物理化学实验竞赛培养学生的学习兴趣和竞争意识,取得了良好效果。复旦大学通过设置不同的参数,将单一参数实验改造为以团队形式进行的多参数实验,以深化学生对实验原理的理解,并加强学生间的沟通和交流,提高学生评价结果和思考问题的能力;陕西师范大学通过建设虚拟仿真实验,加大实验安全和实验原理教学,形成了系统经验。扬州大学强调课外教学环节,培养学生排除实验中疑难问题的能力,并提出师生共同准备实验的思路。

(3) 教学理念和教学方法改革。陈六平介绍了海内外物理化学实验教学的异同和改革的进展;刘永梅介绍了国内外物理化学实验设计理念的差异,提出体现多样性、减少框架约束、强调团队合作并重视实验报告撰写的建议。华中师范大学强调通过研讨式教学提高经典实验的教学效果。他们采取问题导向的方式引导学生思考测量的目的,列举可以采取的测量方法,而后对方法进行比较和评价,从而优选出适宜的测量原理,引导学生对实验过程进行深入分析,着力培养学生的思考能力。吉林大学压缩课内学时,建立了“一体化、二阶段、多层次”实验教学体系,做到精化实验内容、加强基础训练,通过设置选做内容,适应学生不同的发展需要。山东大学也设置了物理化学设计实验,并编写了部分英文实验。

(4) 新原理新实验的开发。南京大学通过开放实验引入低维纳米粒子制备、光催化等新型实验内容。复旦大学推进实验内容与科研的对接,安排了铈掺杂氧化镍的BET和XRD分析、 Au/TiO_2 催化氧化苯甲醇、 $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{TiO}_2$ 光催化降解罗丹明B,以及用Materials Studio模拟 H_2 在Cu上吸附的势能面等实验。华南理工大学引入Ni-Cd电池充放电实验、溶液吸附动力学实验。溶液吸附动力学实验在采用粒状活性炭吸附重金属离子并通过计算机拟合确定吸附类型的同时,开展了多参数设计和数据共享的探索。大连理工大学引入了接触角测量实验、固体表面酸性位浓度测量和银的循环伏安性质研究等新实验。吉林大学在物理化学综合设计实验中结合科研特色,引入了纳米材料表面修饰、 TiO_2 屏蔽光性能评价、光解水制氢等实验。

(5) 实验目标的达成度考核。大连理工大学利用现代工程教育的专业认证理念,对实验教学目标及其达成度考核进行了系统设计。他们通过编制实验指导手册,加强实验过程的指导;明确了各实验步骤的关键点和得分点,将学生的实验习惯、创新思维能力以及实验报告撰写的规范性等培养要素纳入考核范畴,并设置了问题分析环节,鼓励学生分析实验失败的原因。通过这些设计,较好地实现了对实验教学目标的综合考核,保证了实验教学质量。

4 实验改革的其他讨论与经验推广

无论是物理化学理论课还是物理化学实验课,其教学均具有一定的难度。让青年教师尽快掌握教学要点和技巧,是促进青年教师成长、提高教学效果的必然要求。为此,会议在就物理化学实验教学的新内容和新方法提出意见和建议的同时,还就如何凝练和推广物理化学实验教学改革经验进行了交流。

在实验教学内容改革方面,一些代表给出了一些有益的建议。有代表强调应该根据学生就业发展的需要,有针对性地设计实验内容和教学要求,并开展多元化评价;对经典实验内容要进行“扬弃”,不要一味强调创新,在批判经典实验问题的同时必须明确其优势,必须客观地看待新实验的不足,指出只有未来可以发展成为经典实验的才是真正的好实验。有代表指出当前实验教学改革的几个误区,包括将科研实验直接改编为本科实验,不考虑本科实验教学的特点和要求,对实验经济效益和安全性缺乏必要分析;有的采用新技术新方法,目标只是简化实验过程、缩短实验时间,却严重削弱了学生对实验原理的理解和掌握,与实验教学目标背道而驰。也有的代表提出,应该正确理解“综合实验”的含义,明确综合实验应注重培养和考核学生综合运用各种知识解决“复杂问题”的能力,体现的是一种高阶能力的培养,不宜将简单拼接的实验称为综合实验。有代表强调,应该明确实验教学目标,实验设计应以教学目标为导向,明确实验教学的要求和内容,不宜让实验和实验课程背负太多的任务和职能。与此同时,对经典实验进行理念和方法改革也可以得到良好的教学效果,华中师范大学的做法就是很好的例证。

从实验教学模式看,很多代表都强调了实验教学信息化的必要性,指出信息化建设的目的涉及四个方面:一是实验教学管理的信息化,包括推进菜单式选课和预约式教学,以满足学生多样化发展和自主安排学习进程的需要;二是通过实验教学内容的信息化建设推进实验翻转教学,通过建立线上线下相结合(O2O)的实验教学和考核模式,提高实验教学效率,更好地培养学生自主学习、自我发展的能力;三是通过网络资源建设将课堂实验中未涉及的实验原理和实验操作,以及实际的科研和生产仪器设备、测试原理和方法展现给学生,缩小实验室教学与科研和生产的差距,使学生能够更好地适应未来发展的需要;四是通过引入计算化学和虚拟仿真实验,培养学生利用计算机和相关软件分析和解决化学问题的能力,与化学学科的发展趋势相适应。

与会代表还认为,除了邀请具有物理化学实验教学改革与建设先进经验的高校撰写相关论文外,还可以通过举办培训班和开展实验示范教学,组织青年教师进行观摩、展示实验教学过程、聆听专家点评等方法,加深青年教师对相关实验教学要点的了解,以提高青年教师的实验教学能力和教学效果。代表们希望教指委、物理化学教学研究会和高等教育出版社能够合作开展相关活动。

张树永在会议总结时强调,各高校和物理化学实验任课教师,应以教指委制订《实验建议内容》为契机,改变以往修修补补的实验教学改革模式,探索与人才培养方案修订相适应,每隔4-8年根据新修订的人才培养目标、毕业要求和教指委的要求,对实验教学内容、实验课程、实验教学课程体系、实验教学和考核模式等进行一次较大规模、较深层次的系统重构,以推进实验原理、方法和内容的更新,使物理化学实验教学能够更好地适应科研和社会发展的需要。希望通过改革,能够产出一大批有特色的高水平实验项目,形成各具特色的实验教学体系,形成一批高水平的教学改革经验和成果,使我国的物理化学实验教学更好地适应多样化人才培养的需要和学科、社会发展的需要。