

· 竞赛园地 ·

doi: 10.3866/PKU.DXHX201609016

www.dxhx.pku.edu.cn

编者按:“第10届全国大学生化学实验邀请赛暨化学实验教学研讨会”于2016年7月6日至10日在南京大学仙林校区举行。本刊特邀请该次竞赛的主办方南京大学张剑荣教授总结了竞赛中的考试情况,分析了其中存在的问题,并对未来的实验教学改革提出了思考与建议。此外,代表北京大学化学与分子工程学院参加本次比赛的冉隆豪、于位之、宋思成三位同学均取得了一等奖的优异成绩,在此也一同分享了他们各自的参赛体会。

第10届全国大学生化学实验邀请赛情况分析思考

赵 斌 章文伟 张剑荣*
(南京大学化学化工学院, 南京 210023)

摘要:总结了第10届全国大学生化学实验邀请赛考试情况,分析了在竞赛中所反映出的当前实验教学中存在的一些问题,对实验教学基本内容和实验规范化操作提出了若干改革思路。

关键词:大学生实验竞赛; 实验教学; 教学改革
中图分类号: G64; O6

Examination Analysis and Problem Thinking on the 10th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament

ZHAO Bin ZHANG Wen-Wei ZHANG Jian-Rong*
(School of Chemistry & Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, P. R. China)

Abstract: This paper summarizes the 10th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament, analyzes the problems existing in current experiment teaching which are reflected in the tournament, and gives some reform suggestions on the basic contents of experiment teaching and the standardization of experiment operation.

Key Words: Undergraduate chemistry laboratory tournament; Experiment teaching; Teaching reform

由教育部高等学校化学教育研究中心主办、国家自然科学基金委员会支持,南京大学承办的“第10届全国大学生化学实验邀请赛暨化学实验教学研讨会”于2016年7月6日至10日在南京大学仙林校区举行。共有来自北京大学、清华大学等43所高校的135名化学类专业本科生和200余名化学实验教学教师参加了此次竞赛活动。邀请赛旨在检验我国高等学校化学实验教学改革成果,加强交流,推动化学实验教学模式、教学内容及教学方法改革,探索培养创新型化学人才的思路、途径和方法,提高我国高校本科化学实验教学总体水平。为了加强国际交流,了解国际化学实验教学改革趋势以及我国化学实验教学和国外名校相比的优势、特点与不足,此次大赛还特邀美国密西根大学和英国谢菲尔德大学师生前来参赛和交流。

*通讯作者, Email: jrzhang@nju.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金会人才培养项目(J1103310)和支撑条件建设(J1210030); 江苏省高校品牌专业项目(2015–2019年)

本文就此次化学实验竞赛过程中发现的问题,以及对未来实验教学改革与建设的指导意义进行分析,并对实验教学研讨会的交流研讨情况进行简要介绍。

1 命题思路(试题下载网址: <http://chemlabs.nju.edu.cn/>)

此次竞赛的实验知识测试和实验操作考试的命题原则与前9届基本相同,注重考查学生掌握实验基本知识、基本原理、基本技能的情况,以及运用这些知识和技能规范完成实验操作的能力。

除了通过设计适当的考题数量和考题难度,以检查学生对知识掌握的熟练度之外,为了体现我们在实验教学中对学生“多动脑、多思考”的要求,借以提高学生综合运用所学知识和技能解决实际问题的能力,在本次物理化学实验的2个考题中,都要求考生首先自己设计实验方案。其目的是检验学生在平时学习时是“照方抓药”地做实验,还是通过“动脑”理解了实验原理,再“思考”教材上实验步骤的合理性和可改进之处后做实验的。

为了检验我们在实验教学中要求学生“自主学习知识、灵活运用知识”的教学效果,本次有机化学实验考查的是一个Suzuki偶联反应(铃木-宫浦反应,获得2010年度诺贝尔化学奖),我国大部分院校对这个反应和相关实验操作介绍不多,我们设计了科研实验常用的“无氧合成”和“加压快速柱层析分离”两个基本操作,只给出了操作说明和注意事项,要求学生基于自学掌握并顺利完成这两个基本操作;在乙酸乙酯皂化反应速率测定实验中,实验设计了溶剂对化学反应速率的影响。相信通过这次实验,学生认识化学反应动力学的视野会更加宽广,对通过实验学习和创造新知识的方法有更深的体验。

为了检验学生“学以致用”的能力,在无机化学实验考试中,设计合成了一个具有溶剂变色和热变色效应的镍配位化合物。通过对这个化合物的合成和性质研究,将基本操作与基础研究、实际应用进行有效的结合。

综上所述,本次实验命题在考核“三基”的基础上,增加了部分反映“知识学习和应用能力”方面的考查元素,符合实验教学改革的整体趋势。

2 考试情况

本次实验竞赛的理论考试规定时间为2小时,考生均在要求的时间内完成了答题。

理论考题由无机及分析化学、有机化学和物理化学三部分组成,题型为选择题和简答题,总分为100分,其中无机及分析化学、有机化学和物理化学分别占30分、40分和30分。理论考试题各部分考分及总分的分析统计结果如图1所示。从图1可知,无论是各部分的得分,还是整体总得分均呈现较好的正态分布。相比较而言,物理化学平均得分率为47%,低于无机及分析化学(平均得分率为57%)和有机化学(平均得分率为53%)。这在一定程度上反映了物理化学实验的理论难度较高,实验课程对实验仪器要求较高,学生对于物理化学实验知识掌握相对偏弱。

无机及分析化学实验和有机化学实验规定竞赛时间均为6.5小时,总分100分。完成较快的考生仅用时5.5小时即完成实验操作、数据分析及实验报告处理,其他考生也都在规定时间内完成了实验。物理化学实验考试题由2个独立的实验组成,每个实验规定时间为3.5小时,共7小时,得分为100分,考生们也都在要求的时间内完成了全部实验考试内容。

无机及分析化学实验、有机化学实验和物理化学实验的得分统计如图2所示。从图2可知,各门实验的考分也均呈现正态分布。虽然如此,从图2(B)可知,与其他2个实验(图2(A)、图2(C)和图2(D))相比较,有机化学实验得分较高,而且分值分布相对集中。这一方面反映出各院校学生的自主学习能力和实验能力有了明显的提高;另一方面也反映出学生对有机化学实验掌握得相对较好。物理化学实验二要求学生通过实验考查溶剂效应对乙酸乙酯皂化反应速率常数的影响。虽然考生学习过有关化学

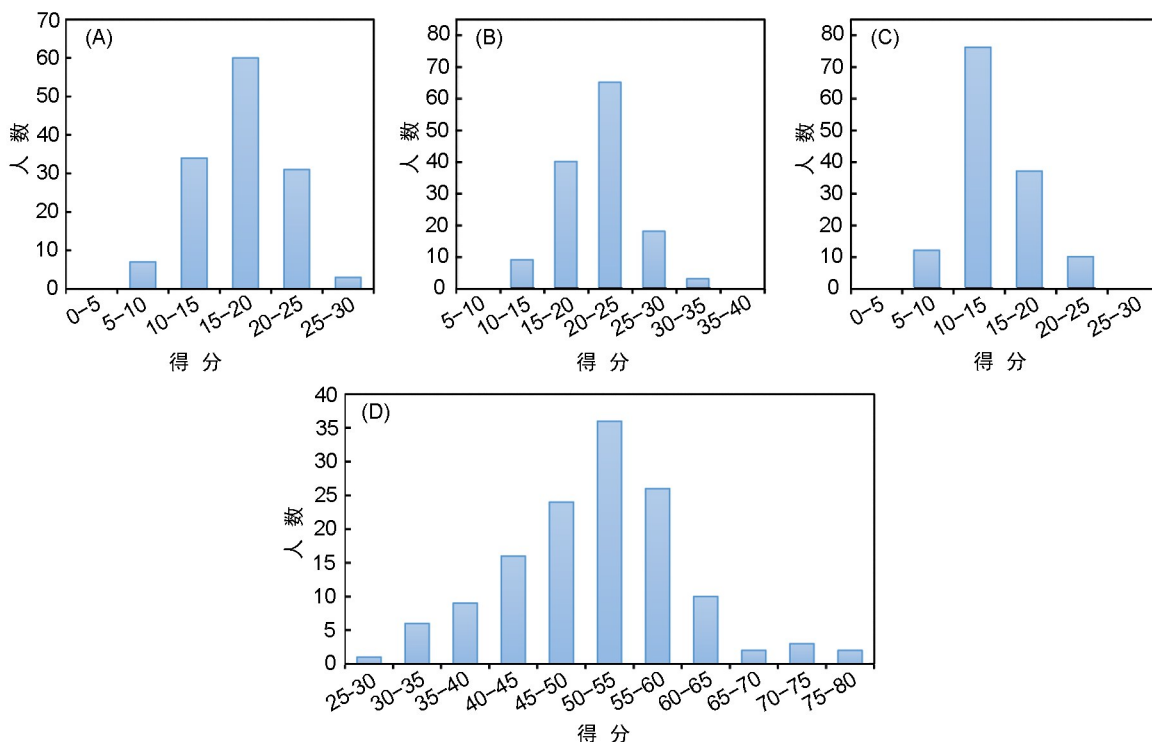


图1 理论考试分数分布

(A) 无机及分析化学; (B) 有机化学; (C) 物理化学; (D) 理论测试总分

动力学理论,但对本科生来说,研究动力学介质效应,无论是考查视角还是实验体系都是全新的。尽管如此,从图2(D)可见,考生得分还是比较理想的。这也同样反映出各院校在学生能力培养方面所取得的明显效果。

我们在4类高校中各选择了几个生源素质相近的高校进行了比较。表1列出了不同类型院校之间考生的得分情况。可以看出,理科院校和师范院校的理论考分相当,实验考分则有一定差距,表明了师范院校在化学实验理论教学方面做得不错,但是实验方面相对较弱。而工科院校由于化学理论课和实验课学时普遍较少,导致得分弱于理科院校和师范院校。值得注意的是,相对于国内考生普遍都有10天培训时间,欧美参赛院校在没有经过任何培训且对我国竞赛考题完全不了解的情况下,实验得分还高于工科院校和师范院校,接近理科院校,反映出欧美高校学生“能力”培养的较高水平。

表1 不同类型院校得分情况对比

对比内容	理科院校 (5所学校)	工科院校 (5所学校)	师范院校 (4所学校)	国外院校 (2所学校)
理论测试平均分	51	47	51	35
实验测试平均分	62	53	56	59

3 实验操作中出现的問題

3.1 审题不仔细、自主学习能力有待进一步加强

不详细看实验注意事项和实验内容,不注意听监考老师特别强调的说明。没有全局观念,对时间安排无统筹规划,时间安排不合理;无机及分析实验中进行了不必要的仪器洗涤,导致试剂不够用。有机实验操作中,三通阀的使用有附录,但很多人把旋钮方向搞反,致使氮气气球中的氮气被抽

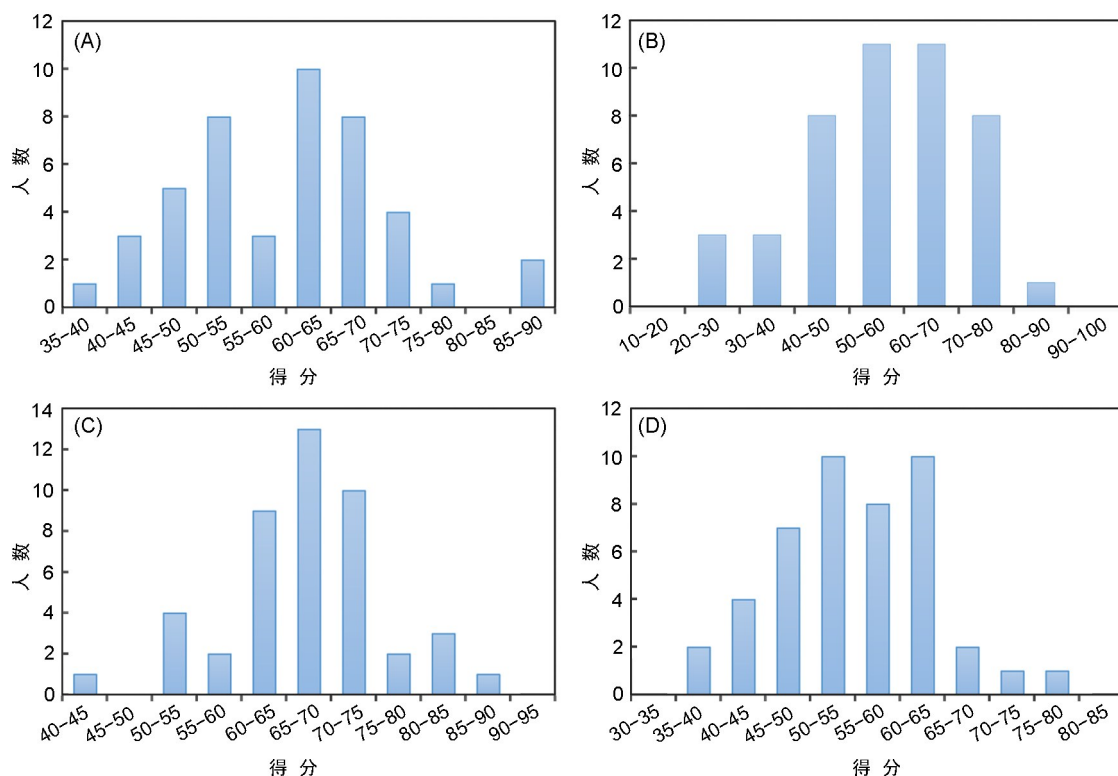


图2 实验考试分数统计结果

(A) 无机及分析化学实验; (B) 有机化学实验; (C)和(D)分别为物理化学实验一和物理化学实验二

走; 加压柱的操作方法试卷上也有附注, 层析柱接口处应该用卡子卡住, 很多学生加压时是用一只手按住; 另外, 多功能搅拌器贴有说明书, 有个别学生没仔细阅读, 温控探头不会用, 反应温度控制不准。部分学生阅读和理解能力有待提高。在无机合成实验中, 实验室提供了移液枪和旋转蒸发仪的使用说明, 可是绝大多数学生不仔细看仪器使用说明, 有的学生看了说明仍不会操作仪器, 虽然使用要求在仪器使用说明中已用黑体特别强调, 但绝大多数学生移液枪使用完毕后仍没有复原。

3.2 基本操作不规范

移液管使用不规范。调整移液管中液面高度或者吸放溶液时, 移液管不垂直, 移液管嘴未靠着容器壁, 使移液管嘴挂液滴; 不少学生用湿移液管直接从容量瓶中移取溶液; 移液管普遍伸入溶液太深。

部分学生不会用差减法称量固体样品, 不会使用称量瓶; 即便知道用差减法称量, 操作也不规范。例如: 不在盛接样品的容器上方打开或关闭称量瓶盖; 倒出一定量样品后, 直接合上称量瓶盖, 导致样品粘在瓶口。

不会正确选择和使用玻璃仪器。当反应体系为有机体系, 反应和接收有机溶液的玻璃仪器一般应选择圆底烧瓶、茄形瓶、锥形瓶等小口仪器, 以防溶剂挥发。可是, 很多学生没有这方面的常识, 用烧杯来接收常压过滤的滤液。并且, 当反应体系为有机体系时, 引入水对实验是不利的, 很多学生不去思考这方面的问题, 在过滤有机反应液时用水来润湿滤纸。

过滤操作不规范。如漏斗嘴与承接容器隔空放置或与承接容器未贴壁; 在无机合成中, 实验过程中有3次过滤, 2次常压、1次减压。常压过滤后不洗涤, 导致中间产品转移不完全, 致使产品收率偏低; 在最后一步减压过滤时, 很多学生洗涤方法不当, 导致产品纯度较差。

大部分学生在有机实验操作中都没有用固体漏斗或长颈漏斗加反应原料; 薄层板在层析杯中展开时基本都没有衬滤纸; 不会使用水泵安全瓶, 产生倒吸现象; 分液漏斗不检漏, 操作方法不规范; 用

层析柱纯化有机产品时,实验室提供的层析柱本身带有砂芯,配备的石英砂是用来封盖硅胶固定相的,但有一半左右的学生在空柱子中先加石英砂。

滴定操作问题较多。不少学生在临近终点时不冲洗杯壁,不会加半滴控制终点,不会通过颜色变化准确判断滴定终点,导致终点判断不准确,或提前或滞后。

操作习惯不好。玻棒随便放在桌面上,不带实验记录本去称量,直接用手拿称量瓶;不贴标签,导致取错溶液。

3.3 学生缺乏“量”的概念

定量分析时,待分析固体样品须准确称量,标准溶液须准确移取。在返滴定测试Ni含量时,已告知学生须准确加入一定量的标准EDTA溶液,但没有告知通过什么仪器加入。有不少学生就用量筒量取溶液,准备直接加入,被监考老师制止。测pH时,玻棒和pH试纸所沾溶液不吹入待测液中。

不会判断产品是否析出完全。在良溶剂中加入不良溶剂是常用的一种获得产品的方法,但很多学生不会判断产品是否析出完全,也没有这个意识,导致产品产量偏低。

3.4 安全意识还不够

进入实验区进行实验时,有些女学生虽然把头发扎起来了,但是没有按要求扎短至肩部以上;不少学生还不习惯戴防护眼镜和手套做实验,这种现象在物理化学实验中表现尤为突出。做有机实验的不少学生习惯把头伸进通风橱观察或操作;很大一部分学生溶胀硅胶(溶剂为石油醚、乙酸乙酯)用大烧杯,未用准备好的250毫升锥形瓶。无机合成部分,反应液为有机体系,反应体系不能密闭,但很多学生加塞进行反应,这样操作极其危险,说明学生没有意识到安全方面存在的隐患。挥发性有机废液长时间在敞口烧杯中放置,没有及时倒入具盖废液瓶。

4 实验教学研讨会情况

竞赛期间举行了实验教学改革研讨会,由邀请专家和参赛带队教师共18位教师做了精彩报告。教育部高等学校化学教育研究中心主任段连运教授回顾了全国大学生化学实验邀请赛的发展历程,指出化学实验教学找到了一条“一体化、多层次、开放式”的实验课程体系建设路径,实验教学改革成为了化学教学改革中力度最大的一环。大学生化学实验邀请赛已成为广大教师总结经验、交流思想的平台,也是一个发现问题、解决问题的平台,对激发学生学习化学的兴趣和热情起到了重要的推动作用。来自美国密西根大学的Brian P. Coppola教授为近500名参赛师生做了题为“New Ideas for Chemistry Education”的大会报告。他指出,化学教育正在发生显著的变革。教师和学生拥有不断变革的技术、便利的沟通手段和开放的信息资源,应思考如何将这些技术和手段进行整合,建立基于研究的实验教学课程以及以学生为中心的教学材料;Coppola还对比了中国和美国大学的实验教学特点,及其对学生能力形成的影响。英国谢菲尔德大学的Julie Hyde博士做了题为“Undergraduate Laboratory Teaching and Practical Outreach Events at Sheffield University, UK”的报告,主要介绍了谢菲尔德大学在3种教育模式中的实验教学及其要求的差异,介绍了他们在向中小學生及社会推广化学实验功能方面所做出的努力。山东大学张树永教授做了关于“未来化学实验教学改革的整体规划与重点工作”的报告,主要围绕实验教学存在的问题、目标导向的教学设计理念与未来改革与建设重点3方面进行了讨论,报告以12个发人深省的问题结尾,引起了在场实验教育工作者的深思。其他报告人就各自学校实验教学体系、教学内容、教学方法改革的经验进行了交流。

5 对未来实验教学改革和竞赛安排的思考

全国大学生化学实验邀请赛已举办10届,取得了有目共睹的成绩。具体体现在以下几个方面:
(一)通过搭建竞赛平台,推动广大教师不断交流思想、总结经验,使得教育部化学类教学指导委员会

所倡导的“一体化、多层次、开放式”实验教学改革理念深入人心并被很好地贯彻落实,实验教学改革成为了化学教学改革中力度最大的一环;(二)通过竞赛发现和解决问题,促进了实验教学条件改善、加快了实验课程建设、规范了实验基本操作和实验室安全设施、加强了实验室管理和建设。对开阔学生视野、激发学生学习化学的兴趣和热情也起到了重要作用;(三)锻炼和培养了骨干实验教师队伍,形成了老中青相结合的指导教师梯队,对稳定骨干实验教师队伍起到了积极的作用;(四)扩大了国际影响和交流。美国化学会非常关注我国举办的全国大学生实验竞赛,为了了解本次竞赛的目的、组织方式、竞赛内容,以及所反映出的中美化学实验教学各自的特点,全额资助密歇根大学师生参加了此次竞赛活动。Coppola教授也将把这次竞赛活动的报告发表在*J. Chem. Edu.*杂志上,向全世界化学教育界同行进行介绍。这次竞赛也给我们留下了许多思考。

5.1 坚持竞赛指导思想

坚持竞赛考查内容的基础性。竞赛的目的是为了考查和了解我国化学实验基础知识和理论、基本技能、基本技术等方面的教学情况。本次竞赛暴露的问题提醒我们,当把目光集中在学生创新能力培养的时候,不能削弱实验的“三基”训练。另一方面,我们也要清楚地认识到,竞赛成绩仅仅反映了学生知识和技能掌握和使用的程度,并不能全面反映学生的综合素质和能力。在坚持竞赛内容基础性的基础上,如何把反映学生“手脑并用、自主学习、活学活用”能力的内容融入到考题中,是今后竞赛命题面临的挑战^[3-6]。

5.2 与时俱进,重新检视“三基”内涵

随着科学技术的发展,大量新知识、新理论、新方法、新技术不断涌现,“三基”的内涵必然会相应发生改变。例如,各种快速、安全和高效可控的加热技术的发展,使得煤气灯加热技术的重要性大大下降;电子天平因其称量快速准确、灵便轻巧等优势全面替代了光电机械天平和托盘天平;定量移液枪使移液管的应用机会减少了一半;原子发射光谱、离子色谱技术已经取代了传统的阴、阳离子鉴定方法;在有机化合物及其官能团鉴定技术方面,质谱、核磁、红外和紫外光谱已成为通用技术,元素分析和传统有机官能团鉴定技术的重要性已经明显降低;先进材料合成及其功能界面技术的发展,使得电镜、显微成像技术应用逐步成为常态化。另外,随着社会公众安全、环保意识的提高,化学合成和制备实验的设计朝无害化、绿色化和综合化发展已成为化学实验教学改革的必然趋势。所以,重新研究和规范“三基”内涵、修订实验教学基本内容是非常有必要的^[7-11]。

5.3 出台“实验操作技术”的规范性指导文件

化学实验技能和操作方法很多都是长期经验的积累。对化学实验的初学者来说,按照这些方法进行规范操作能够保证他们安全、顺利地完成任务并获得准确、重复性的实验结果,这对定量分析操作尤其重要。诚然,对于个别实验操作究竟怎么做才最合理,不同学校之间可能存在争议,这恰恰体现了实验操作技能和方法的经验性特征。另外,有些做科研的教师声称,在科研实验室中有时没有按照基础实验所教的方式操作,也没有发生什么问题,从而质疑规范操作的必要性。这种质疑显然是不可取的。此次竞赛中暴露出的实验操作不规范问题有些非常触目惊心,如果任其发展,将会导致实验教学质量严重下滑,并可能导致严重的安全事故。此外,近十多年来,新实验技术和方法不断涌现,如何总结和规范这些新的实验操作,编写新的实验操作规范和相关指导书,具有紧迫和现实的意义。

5.4 进一步提高安全意识,养成防护习惯

近年来,随着国家投入的大幅度增加,我国高校实验室的建设水平与国外著名高校间的差距迅速缩小,化学实验室的安全设施建设也已接近国际标准^[12],但不可否认,我国高校实验室在安全意识教育、安全制度建设、安全管理方面与国际一流大学仍有较大差距。此次竞赛,英国谢菲尔德大学的Julie Hyde博士和美国密西根大学的Brian P. Coppola教授特别强调,在欧美大学实验室,实验者必须要穿戴好安全防护装备才能进入化学实验区,否则将给予相应的处罚。而反观我们,不仅是学生,甚

至我们的教师,也包括那些在欧美等高校留学或进修过的教师,整体的实验室安全意识都很薄弱,对于物理化学实验室等以仪器为主的实验室,大部分教师和学生没有穿戴安全防护装备的习惯。这表明,我们的安全意识教育还必须大力加强,应该进一步强化安全防护要求和考核,使实验室安全深入人心,变成每位教师和学生的自觉行动。各化学实验教学中心还应注重细节和落实,制订应急预案,配备急救措施,建设报警条件等。另外,实验服应由实验中心统一回收洗涤,不得由实验人员带出实验室。

参 考 文 献

- [1] 朱亚先,张树永,陆 靖,郑兰荪. 中国大学教学, **2015**, No. 2, 31.
- [2] 段连运. 大学化学, **2002**, No. 5, 64.
- [3] 张树永,张剑荣,陈六平. 大学化学, **2009**, *44* (4), 24.
- [4] 张树永. 中国大学教学, **2015**, No. 3, 55.
- [5] 曾秀琼,赵华绒,谭桂娥,蔡吉清,方文军. 实验技术与管理, **2015**, *32* (4), 179.
- [6] 夏春兰,邓立志,刘欲文,龚淑玲,黄 驰. 大学化学, **2011**, *26* (4), 17.
- [7] 陈六平,邹世春,石建新,刘 鹏,杨洋溢. 大学化学, **2007**, *22* (1), 14.
- [8] 沈永雯,俞 娥,梁永民. 大学化学, **2014**, *29* (1), 26.
- [9] 雷 杰,高 翔,马 林,张晋芬,庄继华. 大学化学, **2012**, *27* (1), 16.
- [10] 苏碧云,李 磊,刘 祥,孟祖超. 大学化学, **2012**, *27* (2), 34.
- [11] 李爱峰,孙爱玲,柳仁民. 大学化学, **2012**, *27* (6), 29.
- [12] 王 燕,殷 馨,孙学芹,熊 焰. 实验技术与管理, **2015**, *32* (2), 208.