

化学演示实验

化学教师手册

Chemical Demonstrations:

A Handbook for
Teachers of Chemistry

〔美〕 巴萨姆·Z. 沙哈施利 主编
(Bassam Z. Shakhashiri)

王冠博 马玉国 译



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

06-3
261

. 013030791

化学演示实验

化学教师手册

[美] 巴萨姆·Z. 沙哈施利 主编
(Bassam Z. Shakhashiri)

王冠博 马玉国 译



06-3
261



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



北航

C1636361

215080810
著作权合同登记号：图字 01-2012-0599 号

图书在版编目(CIP)数据

化学演示实验：化学教师手册/(美)沙哈施利(Shakhashiri, B. Z.)主编；王冠博，马玉国译. —北京：北京大学出版社，2013.3

ISBN 978-7-301-22146-4

I. ①化… II. ①沙…②王…③马… III. ①化学实验—教学参考资料 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 028385 号

Peking University Press edition of Chemical Demonstrations, Vol.3 by Bassam Z. Shakhashiri is published in China by arrangement with the University of Wisconsin Press. © 1989 by the Board of Regents of the University of Wisconsin System. All rights reserved.

Published as volume 3 of the five volume set. (本书作为五卷系列中的第 3 卷出版)

书 名：化学演示实验——化学教师手册(Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry)

著作责任者：〔美〕巴萨姆·Z. 沙哈施利(Bassam Z. Shakhashiri) 主编 王冠博 马玉国 译

责任编辑：郑月娥

标准书号：ISBN 978-7-301-22146-4/O·0915

出版发行：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址：<http://www.pup.cn> 新浪官方微博：@北京大学出版社

电子邮箱：zye@pup.pku.edu.cn

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62767347 出版部 62754962

印刷者：北京飞达印刷有限责任公司

经 销 者：新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 22.25 印张 510 千字

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价：58.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子邮箱：fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

演示实验是一种充分体现直观性和实用性的重要教学手段,它可以通过直观的现象阐释科学原理,解答与生活密切相关的问题,有效地激发观众对于科学的探究热情。

本书原著是作者花费多年精力、潜心研究和总结出来的针对从中学到大学各阶段理科教师的演示实验参考书,自问世之初一直深受美国师生的好评,为目前美国化学教师准备化学演示实验的首选参考资料。

本书涉及酸与碱,液体、固体和胶体两大主题,共 80 个演示实验。每个演示实验涵盖 7 个板块:概要,实验所需材料,详细操作步骤,危险品说明,试剂储存及后处理,现象及原理讨论以及参考文献。每个演示实验都可呈现显著且有趣的实验现象,易于引发观众的兴趣和思考;并且实验材料易得,操作简便。操作者只需按部就班即可保证演示的成功及最佳效果,而无需摸索优化实验条件。着力解答诸如“实验安全性如何”“演示结束后如何进行后处理”等实际问题,以及在“讨论”小节中将相关实验原理与日常生活联系起来以传播更具深度和广度的科普知识,也是本书的重要特色。

本书可作为大学低年级和中学化学教师及科普工作者的教学工具书,也可作为学生的学习参考书以及化学爱好者的兴趣读物。

作 者 简 介

本书原作者 Bassam Z. Shakhashiri 教授是世界知名的化学家、科普教育家,现为美国威斯康辛大学麦迪逊校区(University of Wisconsin-Madison)化学系教授,被该校授予首任 William T. Evjue 特聘教席,并自 2012 年起担任美国化学会(the American Chemical Society, ACS)主席。他将职业生涯中的大部分精力投入到设计并发展化学演示实验中,并长期在多种场合进行演示实验,向公众传播科学知识。《不列颠百科全书》将其誉为“美国课堂演示实验的领军人物”。

本书的合著者及合作者

JERRY A. BELL(博士)

西蒙斯学院(Simmons College)化学教授;威斯康辛大学麦迪逊校区(University of Wisconsin-Madison)化学教育中心主任(自1986年)

GLEN E. DIRREEN(博士)

威斯康辛大学麦迪逊校区化学教育中心主任

FREDERICK H. JUERGENS(教学文学硕士)

威斯康辛大学麦迪逊校区课堂实验演示员

RONALD I. PERKINS(教学理学硕士)

康涅狄格州格林尼治市格林尼治中学(Greenwich High School, Greenwich, Connecticut)高级教师;威斯康辛大学麦迪逊校区客座讲师(1983年暑期);威斯康辛大学麦迪逊校区化学教育中心常驻研究员及助理主任(1984年6月至1985年7月;1986年暑期;1987年暑期;1988年暑期)

RODNEY SCHREINER(博士)

威斯康辛大学麦迪逊校区化学教育中心专案副理;常驻研究员

EARLE S. SCOTT(博士)

瑞普学院(Ripon College)化学教授;威斯康辛大学麦迪逊校区客座教授(1980年6月至12月;1981年暑期;1982年暑期;1984年暑期;1987年暑期;1988年暑期)

DAVID B. SHAW(博士)

麦迪逊地区技术学院(Madison Area Technical College)教师;威斯康辛大学麦迪逊校区荣誉研究员(1985年);威斯康辛大学麦迪逊校区客座助理教授(1986年暑期;1987年暑期;1988年暑期)

WORTH E. VAUGHAN(博士)

威斯康辛大学麦迪逊校区化学教授

献 给

课堂演示实验领域的国际级大师

及可爱的化学普及家

Hubert N. Alyea

本书所含的演示实验及关于化学品与实验器材的使用描述由截至 1988 年的资料汇编而成,这些资料被认为内容可靠或就相应主题表述了最佳观点。然而,作者或威斯康辛大学出版社对此中任何信息的准确性和详尽性不作任何保证或评述。作者或出版方均不对此中信息承担责任或义务,也不保证本出版物中已包含所有必要的警告及预防措施。当处于特殊或异常的条件或环境下,或由于法律的制订或修改,读者可能必须使用或更适于使用其他资料或补充信息。教师及实验演示者必须根据当地的法规和要求制定并遵守对化学品的安全操作、使用和清理流程。

译者序

化学究竟是什么？

是绚丽夺目的焰火，还是慑人心魄的炸雷？是流光溢彩的液体在科学怪人的实验室里伴着袅袅白烟吱吱作响，还是游侠手中的银针在酒杯里骤然变黑？是工厂周遭刺鼻的烟气、污浊的河流，还是藏匿在海鲜中的甲醛、豆制品中的硫磺、调味品中的苏丹红？

每个人心中的印象或许千差万别，一个标准化的答案也无益于改善人们对于化学的认知。但作为化学工作者，我们希望公众眼中的化学不应仅仅是教科书中黑体书写的定义，不应仅仅是冰冷的习题、苍白的试卷，以及或许不堪回首的成绩单，不该是环境污染和食品安全问题的替罪羊，更不该是一个遥不可及的传说……化学在推动社会进步的同时，也背负着世人沉重的误解和偏见；事实上，缺乏科学常识的谣言的大肆流传、报章中不时出现的对科学概念的误传或对专业人士言论的曲解、大众对专家学者的妖魔化等等乱象已然暗示着这些误解和偏见并非化学一家的尴尬。2011年某国核泄漏事故期间在我国发生的抢购食盐风潮已经向我们发出了警示：科学素养问题不仅关乎民生，也影响着社会的健康运行。

倘若人与科学的亲密接触单纯依靠考试成绩的压力而维系，那么一旦压力得以解除，科学知识便难免沦为使命既尽的敲门砖，难以指导生活实践。而倘若相关学科的基础教学单纯依照本宣科的方式，即便学生存有心向往之的意愿，科学知识也难于跃出纸面生动地呈现在人们眼前，科学自身的魅力也势必大打折扣。知识本身是否实用、其传递方式是否直观往往决定着知识的传授效果。美国马萨诸塞州现行的驾驶员手册(驾驶员考试必读材料)中规定，为保证行车安全，“轮胎胎纹需有至少 2/32 英寸深的凹槽”，否则应予更换。该段文字下方另附有一条贴士：“美分硬币上林肯头像顶端与硬币边缘的间距即约 2/32 英寸。可将美分硬币插入轮胎凹槽中以快速检查胎纹。如可见完整的林肯头像，则表明轮胎磨损严重，应予更换。”^①2/32 英寸对于无尺随身的普通驾驶员来说并不是一个易于掌控的概念，但美分硬币却唾手可得，“硬币法”简单易行。这条长度不及三行的贴士以小号字体印刷，却为阅读至此的驾驶员们熟记于心。此等不拘一格的教学实例在美国的社会生活中比比皆是，收效显著，它们体现着突破教条陈规以及重视直观性和实用性在知识传播中的重要作用。

课堂或课外演示实验就是一种充分体现了直观性和实用性的重要教学手段，它可以通过直观的现象阐释科学原理，解答与生活密切相关的问题，有效地激发观众对于科学的探究热情。然而目前我国的基础教育中演示实验的使用频率仍普遍偏低，原因不难理解：一方面当前对于

① 参考文献: *Commonwealth of Massachusetts Driver's Manual*, Registry of Motor Vehicles, Commonwealth of Massachusetts, Boston, MA, USA (2012).

教师业绩的评价体系往往更注重可量化的学生成绩或个人学术成果,较少涵盖对教学形式生动性的要求,更难以考察对学生兴趣培养的程度,这使得在课堂上安排演示实验等活动难以带来直接的教学收益;另一方面,任何表面简单的实验背后都包含着大量复杂的细节,如实验原理、体系选择、药品用量、仪器选择、实验条件、安全性评估、药品后处理等等,对此进行的探究无不需要耗费一定的时间、精力和物力,这使得很多有志于此的教师有心无力。假使我们可以找到一本详细介绍科学演示实验的参考书,相信能为更多的教育工作者提供更便利的条件、更丰富的机会在甚至非专业场地利用易得的材料为学生进行演示实验。

他山之石或可攻玉。笔者在美国攻读博士学位期间曾参与过一些由大学组织、针对周边小学生和家长的科普活动,以化学演示实验为主,场面着实令人振奋感动:不论面貌青涩的年轻学生,还是耄耋之年的老教授,往往轮番上阵操作;各种奇趣的实验现象总能引来孩子甚至家长们的阵阵欢呼,现场掌声不断。在互动中,每当演示者提出实验涉及的科学问题时,场下总有密布的小手踊跃举起。孩子们的回答有对有错,但无不展示着他们对科学的向往;稚语中不时冒出的术语更暗示着他们平时所受的科学熏陶。然而最让人惊异的尚不是活动现场的火爆热烈,而是组织者在活动准备过程中的轻车熟路:教授以及学生们并不需要讨论丝毫的实验细节,而只需在一个写有备选演示实验名称的清单上稍作增减,确定哪些实验更适合活动主题和场地要求,讨论非常高效。这表明,清单上的实验早已为师生们熟知。交谈中笔者得知美国学生对这种科普活动熟稔已久,甚至一些学生本人也有过多次表演演示实验的经历。这一个个演示实验都是业已成型、被全国上下无数次重复的经典示例,在准备时无需优化条件、顾虑实验成功率或安全性,只需按照参考书所示按部就班即可达到预期效果。他们的首选参考书,便是本书的英文原版:《化学演示实验——化学教师手册》(*Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry*,以下简称《化学演示实验》)。

《化学演示实验》是由 Bassam Z. Shakhashiri 教授编写的一套针对从中学到大学各阶段自然科学学科教学的教师参考书,自 1983 年至 2011 年共出版五卷,自问世以来一直深受美国师生的好评。Shakhashiri 教授与他的合作者们自 1974 年起开始收集整理并开发化学演示实验,从中精心选择并详细描述了三百余个经典实验,分类归入 5 卷书的十余个章节中,其内容涉及热化学、化学发光、高分子聚合、变色反应、气体的物理化学性质、化学振荡反应、酸碱反应、溶液与胶体、时钟反应、电化学等不同主题。每个演示实验都可呈现显著的、有趣的实验现象,易于引发观众的兴趣和思考;并且实验材料易得,操作简便。书中对每个实验的叙述各自涵盖 7 个板块:概要,实验所需材料,详细操作步骤,危险品说明,试剂储存及后处理,现象及原理讨论,以及参考文献。操作者只需按图索骥即可保证演示的成功及最佳效果,而无需摸索优化实验条件。着力解答诸如“实验安全性如何”“演示结束后如何进行后处理”等实际问题,以及在“讨论”小节中将相关实验原理与日常生活联系起来以传播更具深度和广度的科普知识,也是该书的重要特色。1981 诺贝尔化学奖得主 Roald Hoffmann 教授评价此书为“有史以来最完备的化学演

示实验手册(The most comprehensive set of chemical demonstrations handbooks ever created)”。^①

本书原作者 Bassam Z. Shakhashiri 教授是世界知名的化学家、科普教育家,现为美国威斯康辛大学麦迪逊校区(University of Wisconsin-Madison)化学系教授,被该校授予首任 William T. Evjue 特聘教席,并自 2012 年起担任美国化学会(the American Chemical Society, ACS)主席。他从事化学教学逾五十年,获得过三十余个重量级教学奖项,曾受邀在各国进行过 1300 余场演讲,多次被《纽约时报》(*The New York Times*)、美国有线电视新闻网(CNN)等知名媒体报道,并长期在当地广播节目中担任嘉宾。他将职业生涯中的大部分精力投入到设计并发展化学演示实验中,并长期在学校、展览会乃至在非专业场地(如博物馆、会展中心、购物广场及养老院等)进行演示实验,向公众传播科学知识。《不列颠百科全书》将其誉为“美国课堂演示实验的领军人物”。^②

经过笔者的亲身体验和专业人士的论证,我们认为如能将此书译成中文并在我国发行,将可为我国的教育和科普工作者提供一本权威、专业、详实的参考书,有望使公众有更多机会接触到有趣的化学演示实验,拉近科学与日常生活的距离。同时,直译成熟著作也可省去研究开发实用性演示实验所需的时间、人力以及物力成本,借鉴他国已然经过几十年实践检验的先进经验。结合我国目前的化学学科基础教学内容,我们优先选择了原著第 3 卷(以酸碱及液体、溶液、胶体为主题的卷目)进行翻译。

本书除可作为教育及科普工作者的教学工具书外,也可作为学生的学习参考书以及化学爱好者的兴趣读物:书中在实验操作之余述及的大量科学原理和生活常识能够作为课堂教学的有力补充,丰富阅读者的科学知识,加深读者对化学原理的理解。

为保证译文的学术及翻译质量,笔者试邀北京大学化学与分子工程学院马玉国教授合译本书,幸得马老师欣然应允。北京大学是笔者母校,化学学院严谨治学的传统中也素有热心科普的旁骖,远有叶永烈先生创造出经典科幻小说人物“小灵通”(一种曾风行一时的移动通信设备即以此命名)并倾力参与打造了我国经典科普丛书《十万个为什么》;近有本科生课余自发集体创作的科普文集《分子共和国》、《元素的世界》出版面世。马玉国老师于北大本科、硕士研究生毕业后赴美国名校深造,在长期的教学科研工作中对中西方精华兼收并蓄,拥有丰硕的科研成果和丰富的教学经验,并曾参与翻译了《化学与社会》等科普名著,统筹编纂过《分子共和国》、《元素的世界》等科普书目。在本书的翻译过程中,马老师和笔者一起字斟句酌,他的学术水平和经验成为了本书翻译质量的坚实保障。

本译本出版方北京大学出版社秉承了北京大学“心怀天下”的优良传统,毅然同意立项并倾力支持本书的翻译出版工作。出版社郑月娥老师自始至终事无巨细不遗余力,为我们提供了巨大的精神和业务支持,让我们不胜感激。

① 见威斯康辛大学出版社网页 <http://uwpress.wisc.edu/books/0197.htm>

② 本段信息来源于 Bassam Z. Shakhashiri 教授的个人网站“SCIENCE IS FUN”: <http://scifun.org>

本书的翻译工作也得到了 Shakhashiri 教授本人的大力支持。在译本筹备过程中,原书出版方美国威斯康辛大学出版社 Anne T. McKenna 女士在信息层面为我们提供了热情帮助,黑龙江省牡丹江市第一高级中学化学教研室朱丽杰老师等优秀一线教育工作者结合国内化学学科基础教育的现状为文本材料的取舍提出了有益的建议。在翻译过程中,吉林大学外国语学院研究生黄莹莹在翻译理论和技巧方面与我们分享了大量宝贵的专业知识和经验。北京大学的严宣申教授通读并审阅了译稿,并提出了很多宝贵的意见和建议。在此谨向他们致以由衷的感谢。

同时,也要感谢美国麻省大学阿莫斯特校区(University of Massachusetts Amherst)化学系 Edward G. Voigtman Jr. 教授、Igor A. Kaltashov 教授、Raina K. Kittilstved 女士、Biatrisia Luzgin 同学等人,正是由于他们对于科普活动的热情和投入,笔者才得以参与一系列科普公益活动并接触本书,进而萌生刊译之念。

纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。希望能有越来越多的人经由演示实验感受到化学的魅力,对科学产生更加浓厚的兴趣和更加深切的感悟。也希望我们的微薄之力能够成为引玉之砖,我国的教育及科普领域能诞生更多优秀的译著和著作。更希望我国的全民科学素养节节攀升,带动整个社会健康高效地发展。

希望有一天,当我们的孩子被问起“化学是什么”,他们脑海中浮现的不再是教科书中黑体书写的定义,不再是冰冷的习题和苍白的试卷,不再是环境污染和食品安全,而是一排溶液宛若彩虹,一个试管塞弹射出丈,一块晶体晶莹剔透,一串灯泡霎时点亮,一股细流神奇攀升,一束喷泉溢彩流光,火焰上的纸杯竟不燃烧,奇怪的石头在瓶中往复升降,烧杯里也能再现桂林山水,空白的画幅转瞬间丹青飞扬……它们的背后,正是我们身处的精彩世界变幻有常。

王冠博

思乡中信笔于美国马萨诸塞州

2013 年 1 月

卷首语

本丛书旨在为所有教育阶段教授自然科学科目的教师提供有关的详实资料和背景信息,用以在课堂上或公益活动中进行化学演示实验。这本书是本丛书的第3卷。第1卷和第2卷中演示实验涉及的领域包括“热化学”、“化学发光”、“聚合物”、“金属离子的沉淀和络合”、“气体的物理性质”、“气体的化学性质”以及“化学振荡反应”。本卷书中演示实验涉及的主题为“酸和碱”以及“液体、溶液和胶体”。目前正在编纂中的后续卷目将涵盖关于“电化学”、“时钟反应”、“光谱和颜色”以及其他主题的演示实验。

本卷书每章中绪论所含的材料可对使用者的基础知识起到强化和拓展作用。我们坚信在任何场合下的演示实验中,演示者都需要就实验现象对观众进行适宜程度的讨论和解释。本卷书中出现的不少实验会牵涉比较复杂的化学概念,而章节绪论中提供的数学处理也可能会使部分读者望而生畏。不过这些内容面向的人群是教师以及有意对实验中出现问题深入钻研的学生。我们热切希望大、中、小学教师能够充分利用本卷书中的演示实验,因为这些实验中的大部分是为向公众普及日常生活中的化学知识而设计的。

本丛书的第1卷和第2卷获得了强烈反响,其实用性得到了化学及其他自然科学学科教师们最为积极的评价。读者对于我们的工作质量做出了肯定,我们在对此深感快慰的同时,也继续投入了足够时间和精力以期将优良的水准保持下去。我们将一如既往地重视原始资料的可靠性和有效性,以及对如何用演示实验传播化学知识进行合理的评判。

在此我要感谢本书的几位合著者,表达与这几位专家合作之幸。主要合著者 Rod Schreiner 居功至伟,本卷书得以完成多有赖于他的专业技能和判断力。David Shaw 是一位在两年制专科学校任教的优秀教师,他对本卷书的两个章节均有贡献。Fred Juergens 设计了几个全新的演示实验,并参与了“A 酸和碱”(以下简称篇 A)的编写工作。Worth Vaughan 的敏锐和经验促成了“B 液体、溶液和胶体”(以下简称篇 B)的出炉。杰出的高中教师 Ron Perkins 为本卷书目的完成做出了重要贡献;他的热忱感染着每一位同事,他对高质量的坚持更是难能可贵。

我也要向全国各地许多同事提出的意见和建议表达感激之情。特别地,我要感谢西蒙斯学院(Simmons College)的 Jerry A. Bell、威斯康辛大学麦迪逊校区(University of Wisconsin-Madison)的 Glen E. Dirreen 和 Lee R. Sharpe 以及康涅狄格州格林尼治市格林尼治中学(Greenwich High School, Greenwich, Connecticut)的 Robert Becker 对篇 A 做出的贡献;感谢佛罗里达州坦帕市薇薇安·盖瑟中学(Vivian Gaither High School in Tampa, Florida)的 Jeanne Dyer、波士顿科学博物馆(Boston Science Museum)的 Valerie Wilcox、威斯康辛大学斯蒂文斯波恩特校区(University of Wisconsin-Stevens Point)的 C. Marvin Lang 和 Donald L.

Showalter 以及纽约州半空山中学(Half Hollow Hills High School, Dix Hills, New York)的 Alfred A. Rottino 对篇 B 做出的贡献;感谢布莱德利大学(Bradley University)的 Doris K. Kolb、卡尔顿学院(Carleton College)的 Richard W. Ramette 以及北卡罗来纳州格林斯博罗市本·L. 史密斯中学(Ben L. Smith High School in Greensboro, North Carolina)的 Helen Stone 对篇 A 的审阅;感谢北卡罗来纳州立大学(North Carolina State University)的 Henry A. Bent 对篇 B 的审阅;感谢 Jerry Bell 和 Ron Perkins 对篇 B 的审阅。他们的建议和贡献使我们获益良多。

威斯康辛大学麦迪逊校区的许多同事也为本书做出了宝贵的贡献: Vince Genna 测试了很多实验流程;Edwin M. Turner 协助设计了篇 B 的实验流程;Patti Puccio 参与了校对以及其他一些与成书有关的事务;文字编辑 Robin Whitaker 以其精准的建议为文本进行了润色;威斯康辛大学出版社(University of Wisconsin Press)Gardner Wills 的工作大大加快了本卷书的出版进度。

我还要向威斯康辛大学出版社助理社长 Elizabeth A. Steinberg 致以特别的谢意,感谢她的辛勤付出、她的专业水准以及她的热情帮助。

美国国家自然科学基金会科学与工程教育部助理主任

Bassam Z. Shakhashiri

美国哥伦比亚特区华盛顿市

1988 年 11 月

引言^①

Bassam Z. Shakhashiri

课堂演示实验有助于引起学生对于化学现象和化学性质的关注,更能丰富学生在化学方面的知识和认知。如果在演示实验中我们只是单纯展示显著的化学变化或是仅仅使学生留下化学很“神奇”的印象,就无法把握好演示实验的机会以将科学概念以及化学体系的描述性属性授予学生。课堂演示实验应该是一个整体过程,而不是孤立的活动。

在课堂演示实验中,教师对有关化学体系行为和性质所掌握的知识是教学成功的关键,操作一个化学体系所起的示范作用不仅表现在技术上,更在于态度。教学的目的决定着 we 究竟是要通过一系列实验展示某种现象,还是建立起一个概念。有些教师把课堂演示(lecture demonstration)称为课堂实验(lecture experiment),通常多让学生参与其中,并且更依赖于问题和建议,如“如果再多加入些……会发生什么现象”等问题。即便是在课堂演示中,教师即使能够完全掌控活动全局,也可以提问同类的“如果……会怎样……”的问题,并对化学体系进行更进一步的操作。无论是在原则上还是实践中,每个课堂演示实验都可被教师用于传达其对于化学实验原理的态度,因此能够激发学生对深入实验的兴趣,使他们对理论与实验之间的关系产生更深的认识。

当然,课堂演示实验是无法取代实验室实验的。在实验室中,学生可以按自己的步调来操作化学品和仪器,并独立观察实验现象。而在报告厅里,化学体系由教师操作,学生来观看各种化学变化。教师控制着实验的节奏,并对每一步的目的做出解释。这两种教学方式都是我们教学中不可或缺的部分。

在对化学的教与学中,教师和学生都参与到一系列的智力活动中。这些活动可按复杂性递增的顺序分成如下几个层次:

- (1) 观察现象,了解事实;
- (2) 理解模型和理论;
- (3) 训练逻辑思维能力;
- (4) 探究化学的认识论。

这样的层次关系为实现包括课堂演示实验在内的各种化学教学目的提供了合理的架构。

在第一阶段,我们观察实验现象,了解事实情况。例如,我们可观察到氯化钠在室温下为白色晶体,并可溶解于水中生成具有独特性质的溶液。导电性就是其中的一个性质:将与灯泡和

① 引自本丛书第1卷,略有修改。

电源相接的两个电极浸入水中,就能很容易地观察到这种性质。此时我们还可对其他现象和事实进行介绍:白色固体具有非常高的熔点;此物质不溶于乙醚;其化学式为 NaCl 等。

在第二阶段,我们可以通过一定的模型和理论对这些现象和事实进行解释。例如,我们可以教给学生 NaCl 是一种固体离子化合物,其水溶液含有水合离子:钠的阳离子 $\text{Na}^+(\text{aq})$ 和氯的阴离子 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 。可认为,由 Na^+ 和 Cl^- 微粒构成的固体中含有离子键,即带相反电荷的颗粒之间的静电力。这些离子在固体中有规律地排列为一种叫做面心立方(face-centered cube)的三维阵列。教师可在此处引入关于离子键模型、键能、键距等概念的讨论。类似地,也可讨论水分子的共价键。就此可对离子键和共价键模型进行比较,并以此对我们观察到的多种化合物的性质做出解释。

在第三阶段,我们需要对一些技能展开训练,包括对数学工具的利用以及逻辑思维。例如,我们可以使用对平衡的计算方法来设计一个针对无机物的定量分析方案。我们可将溶度积常数、弱酸解离常数和络合常数合并到一起,来分析处于竞争反应平衡中的离子混合物。这些步骤的逻辑顺序建立的基础是以平衡的角度理解溶解现象。

在第四阶段,我们要考虑的是化学认识论。我们用提问的方式来检验我们的化学基础知识,例如,“我们如何得知钠的阳离子是一价的而不是二价的”以及“我们如何得知氯化钠的晶体结构可由 X 射线衍射的数据得出”等。在这一阶段,我们关注的是自己化学基础知识的局限性以及知识的正确性。

在所有四个阶段中,教师和学生的态度与积极性都至关重要。教师的态度是与学生进行成功互动的核心。我们对教学的积极性不仅反映在我们的所为上,也反映在所不为上;既反映在教室内,也反映在教室外。我们与学生的交流模式影响着学生学习的积极性。我们所作所为的任何方面都会影响到学生的信心以及学生对我们所授内容的信任。如何使用化学品、如何遵守安全规程、如何解决化学问题、如何解释并演示化学原理……这些行为都会反映出我们自身对于化学品和化学学科的态度。在我看来,课堂最重要的目的只有一个,那就是为教师提供机会,用以把我们对化学的态度传递给学生,使他们体验到化学的多样性和实用性、化学作为核心科学的凝聚力和 value,以及化学对聪明才智的激发作用。

提升演示实验的效果

在筹划课堂演示实验时,我往往从对演示原因的分析开始。无论演示实验的效果华丽还是普通,我都试图使用相应的化学体系来实现一定的教学目标。我要决定对于演示实验应该说些什么,以及适宜的表达时机。在课前,我会对演示实验进行演练。事前演练中观察到的化学变化常常能帮我得出可在课堂上使用的陈述或问题。

演示实验的目的之一是提高学生的观察能力,因此我尽量避免使用“现在我要把等体积的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钡溶液和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸钠溶液混合在一起,来演示硫酸钡是难溶于水的”这样的语句;而会说“现在让我们来把等体积的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钡溶液和 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸钠溶液混合在一起,看看会发生什么现象”。我会强调对所有变化进行观察的重要性,而

不会把将要发生的现象宣布出来。在进行下一步操作之前,我通常会请两三个学生向全班描述他们观察到的现象。有些实际存在的现象可能未必与这个演示实验的主旨有关。例如,将前述两种溶液混合后,学生可能会观察到溶液的体积是可加和的,而这个现象与展示硫酸钡不溶性的主旨并无密切的联系。但是,如果将讲授液体的可加和性并入到教学目标中,那么这个现象就与主旨有关了。

我在课堂上展示的每一个实验都旨在增强学生对于化学行为的理解。任何时候化学本身的表达都要比我的语句、板书或者幻灯片上的措辞更富有表现力。

瑞克斯学院(Ricks College)的 Wesley Smith 曾在 1974 至 1977 年间担任威斯康辛大学麦迪逊校区(University of Wisconsin-Madison)的客座教职。他认为,最能促进学生理解的有效演示实验应该具有六个特点:

(1) 演示实验必须适时并且得当。演示实验的进行需要符合具体的教学目标。为达到最好的效果,演示实验应该与课堂内容紧密相关。仅出于实验自身考虑而进行的演示实验效果相当有限。

(2) 演示实验必须经过充分的准备和排练。为保证实验的成功,演示者需要进行周密的准备。所有必需的材料和设备需要提前收集齐全,以期能在上课时就绪。演示者需要将实验从头至尾进行完整的排练,不要仅走过场或仅作虚拟的演练。要实际完成溶液混合、开关调节、加热等操作,以检查实验是否按预期运行。只有如此,才能确定所有设备已经就绪,所有溶液已配制正确。任何时候都要对实验的展示进行练习。^①

(3) 演示实验必须有足够的规模和可见度。只有当学生亲历演示实验,实验才能对学生起到作用。因此,演示者需要设置出所有观众均能观察到的效果。如有必要,可以安装一个高于桌面的平台,以利于观众的观看。

需要考虑的各种因素当中最重要的恐怕就是展示的规模了。只有班额极小时,学生才有可能观察到毫克或毫升尺度上的现象。很多情况下,我们需要使用超大尺寸的玻璃仪器或特殊设备。在演示溶液和液体时需用升以上的体积尺度,演示固体时用量要在摩尔量级以上。

能形成强烈对比的背景有助于突出化学变化的效果。在烧杯或其他仪器后放置一些白色或黑色卡片对演示实验非常有帮助。这些辅助器材成本较低、使用方便,且能为演示实验增色。

(4) 演示实验必须简单且不凌乱。引起学生注意力分散的一个常见原因是讲台的杂乱。要确保演示区域的整洁,避免出现无关的玻璃仪器、散乱的纸张及其他杂物。应使观众所有的注意力都集中到演示实验本身上。

(5) 演示实验必须直接并且生动。一个好的演示实验最重要的部分是动态效果。能使演示实验有效吸引观众的注意是演示实验成功的要素。学生热切盼望看到现象的发生,但如果在几秒钟内没有发生明显现象,就会失去学生的关注。学生等待结果所需的时间越长,演示实验就越难实现最佳教学效果。

① Fred Juergens 常说:“事先练习,能避免临场拙劣的展示。”

(6) 演示实验必须富有显著性和震撼性。演示实验的效果往往可因展示模式的改进而得到提升。在 Alfred T. Collette 看来,课堂演示实验就像一个表演的舞台。“‘制作’一个演示实验就好像制作一出剧目。我们必须要考虑很多舞台导演需要考虑的因素:能见度、可闻度、注意力的单一中心、观众的参与、反差、高潮等。”有效地展示演示实验对于成功的教学至关重要,“不能发挥出(演示实验)这一工具最大潜能的教学者是不够称职的”。

如何使用本书

每个章节的绪论涵盖了与相应演示实验有关的化学背景知识。对相关术语和概念的讨论仅会出现在绪论中,而不会在各实验的“讨论”小节中重复出现。因此,教师在阅读任何具体实验的“讨论”小节时,可能有必要就背景知识参阅该章节的绪论。我们也在每章的绪论后列出了一些文献资料以便于教师查阅额外的信息。

每个演示实验都包含七个小节:实验概要、所需材料清单、分步的操作流程、对所涉及危险品的解释、有关如何将化学品储存或弃置的信息、对实验现象和原理的讨论、参考文献列表。“实验概要”是对演示实验的简明描述。“所需材料清单”指明了各个实验流程需要使用的设备和化学品。当实验要用到一些溶液时,我们将给出这些溶液储备液的配制方法,按此可配制出超过实验所需量的溶液。应为练习和实际演示分别配制多少体积的溶液需要由教师自行决定。溶液配制的体积也可能取决于化学品存量和成本。

“操作流程”小节常常包含不止一种实验展示方法。在所有这些情况中,作者最倾向于使用第一个流程。然而其他的流程也同样具有教学效果。

“危险品”和“废物处理”小节所含的信息汇编自被认为可靠的文献资源。我们在此列举出了很多对健康的潜在危害,并提请读者注意很多化学品只能在通风良好处使用。任何情况下教师都应咨询并遵守当地的废物处理规范,并以负责任的态度来处理可能有害的物质。我们确认有些化学品如银、汞等可回收并重复使用,并就回收和分离流程为读者列出了相应的参考文献。