



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

化学教学论实验

(第三版)

任红艳 程 萍 李广洲 编著



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

化学教学论实验

(第三版)

任红艳 程 萍 李广洲 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分五个部分：中学化学实验教学概述、中学化学基础与演示实验研究、中学化学探究与设计实验研究、中学化学定量与测定实验研究和附录。全书的重点是训练未来的中学化学教师从事实验教学和探究性实验设计的基本技能，培养他们指导中学生开展化学综合实践活动进行专题研究的能力。

本书可作为高等师范院校化学专业本专科学生、硕士研究生有关课程的教材，也可作为课程与教学论(化学)研究生、教育硕士(学科教学·化学)和中学化学教师学习提高的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学教学论实验/任红艳,程萍,李广洲编著.—3版.—北京:科学出版社,2015.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-043217-9

I. ①化… II. ①任…②程…③李… III. ①中学化学课-化学实验-教学研究-师范大学-教材 IV. ①G633.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 022127 号

责任编辑:郭慧玲 / 责任校对:韩 杨
责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1999 年 7 月第一版 开本:720×1000 1/16

2006 年 2 月第二版 印张:16 1/2

2015 年 2 月第三版 字数:360 000

2015 年 2 月第十四次印刷

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第三版前言

自《化学教学论实验》(第二版)2006年面世以来,国内社会经济发生了很大的变化,培养中学化学教师师范性质的化学教育面临着较大的挑战。尽管中学化学(实验)具有基础性,但根据时代的发展、培养中学化学教师的实际需要以及使用者的意见,适时进行修订以体现实验教材的时代性和继承性,就是很自然的了。

在分析了兄弟院校的意见和建议并参考有关化学实验教学研究成果以后,我们对第一部分“中学化学实验教学概述”进行了改写。在介绍了“中学化学实验教学的功能”、“中学化学实验教学的内容”和“中学化学实验教学的要求”的基础上,针对中学化学实验教学的现状,就实验设计、实验教学的策略等进行了初步的讨论,编写了第四节“中学化学实验教学研究”,从而使本书能够与刘知新教授主编的《化学教学论》理论教材更好地配套。

随着时代的发展、技术的进步,人们越来越讲究工具理性、追求效率的解放。现代化学与现代技术(尤其是数字技术)紧密结合,反映了化学学科的特点;实验仪器逐渐向自动化、智能化方向迈进,反映了现代化学实验技术的发展。现代化学实验装备,如基于传感器的传感实验设备,部分原为大学的实验设备,也越来越多地出现在中学实验室,促进了中学实验教学的现代化。传感实验可以减轻实验者繁琐的操作(和计算)负担,让其“有时间”深入思考、促进其思维,从而帮助学生更好地了解现代化学,有利于其形成化学观念。因此,本书选取了四个基于传感器的实验。具体包括实验二十一“碳酸钠与碳酸氢钠水解的区别”、实验二十二“金属活动性顺序的判断”、实验三十五“乙醇与钠的反应”以及实验三十六“反应级数的测量”。这几个实验均已经过我们实验验证。当然,这样尝试的结果还有赖于使用者实践的检验。

关于有毒有害的实验,我们认为,在师范生的培养和中学生学习化学时,实验内容的选择有所侧重是正常的。化学实验教学研究关注的是如何优化实验环境,尽可能地减小伤害、减轻污染,而不是消极地回避所谓“有毒有害”的但却具有重要教学价值的实验。了解问题、正视问题,才有可能解决问题。因此,为全面培养师范生的能力,“中学化学基础与演示实验研究”部分保留了“氯气的制取与性质”和“氯化氢的制取与性质”,同时增加了“一氧化碳还原氧化铁”。

鉴于每个实验中“讨论与研究”栏目在进一步帮助使用者获得知识、联系操作、形成观念方面的作用,这次再版还对多数实验的此栏目进行了更新,尽可能地方便使用者。

总的来说,这次再版延续了第二版的基本思路和骨架,但实验内容有所调整,编入的实验总数增加到36个。全书仍然分为五个部分:第一部分“中学化学实验教学概述”;第二部分“中学化学基础与演示实验研究”选编了16个实验;第三部分“中学化学探究与设计实验研究”和第四部分“中学化学定量与测定实验研究”则各选编了10个实

验(较第二版各增加了 2 个);第五部分为必要的附录。

全书由李广洲、任红艳讨论并提出修订原则,最后由李广洲修改定稿。任红艳编写了第一部分第一节、第三节、第四节,实验四、八、十九、二十、二十二、二十六、二十九、三十、三十五、三十六;程萍编写了第一部分第二节,实验十二、十六、十七、十八、二十一、三十一、三十三、三十四;陆真编写了实验二十八以及部分附录,并和任红艳合写了实验七、九、十、十一、十三;其余的实验及附录均为李广洲编写。参加实验室工作的还有张娅、殷晓捷、王小丽、刘畅、丁志广、王良、吕咏玉等同学。

衷心感谢长期关注、使用并提出修改建议的诸多同行们,你们的意见和研究成果使我们获益良多。有未能全面反映化学教学论学科理论和实验研究的新进展之处,还请赐教。

李广洲

2014 年 11 月于休斯敦

第二版前言

承蒙国内同行的鼓励与支持,《化学教学论实验》自1999年7月第一版已数次印刷。自本书初版以来,国内教育战线的形势发生了较大的变化。

20世纪90年代后期,随着我国改革开放的深入、经济社会的进一步发展,高等教育大发展已初现端倪。伴随着世纪之交的我国高等教育大众化,国内原先的师范专科学校纷纷升格为本科师范学院;与此同时,师范大学则酝酿着或推进着目的在于脱掉师范帽子的或明或暗的“改革”。教师资格证书制度的推行,使得高等院校的培养目标有了交叉,新世纪的基础教育师资可以是来自各级各类院校的本专科毕业生、硕士研究生乃至博士研究生。可见,21世纪国内中学化学教师的来源多元化了。

在新世纪之初即轰轰烈烈开始的我国基础教育课程改革过程中,国家教育部主持制定的初高中《化学课程标准》明确了中学化学课程目标,以内容标准、活动及探究建议的形式规定了中学化学课程的教学内容及应达到的要求,并从教学、评价、教科书编写等方面给出了实施建议,从而指明了21世纪初我国基础教育的化学课程与教学改革的方向。不管《化学课程标准》以后会做怎样的修改和完善,已经从事和将要从事中学化学教学工作的人,应该而且能够从中看出新世纪基础教育的发展会对中学化学教师提出什么样的要求。初高中《化学课程标准》明确提出:“化学实验对全面提高学生的科学素养有着极为重要的作用”,“化学实验是进行科学探究的主要方式”,要“突出化学学科特征,更好地发挥实验的教育功能”。高中《化学课程标准》还规定要专门设置“实验化学”课程。显然,新世纪的基础教育对于中学化学教师的实验教学技能的要求更明确了,并且比以前更强调了。这些都是《化学教学论实验》出版以来出现的新形势。

化学教学论实验以实验者已有的化学基础知识和基本实验技能(智力技能、操作技能)为基础,着重训练和培养其独立从事中学化学实验教学工作的基本技能和研究实验教学的能力,包括演示实验、设计和改进实验、指导学生开展综合实践活动进行探究等。为适应化学教师来源多元化以及基础教育更加强调化学实验教学的实际,这次再版首先在选材上更加重视科学技术社会理念的渗透,对于人们极为关心的环境、资源(材料)、食品等问题均有涉及。重视科学技术社会理念的渗透,不仅体现在实验内容的选择,还体现于每个实验之后的“研究与讨论”部分的编写。让学生们能实实在在地体会到:化学就在我们身边,人们的生活、社会的进步离不开化学。化学不是“一个针尖上能站几个天使”之类的编造出来的应试试题,也不是由无用加歪曲了的陈述性事实堆砌而成的“圣经”!相应地,在实验目标上化学强调过程与方法的体验、情感态度价值观的养成。其次,实验操作技能的要求和初版相比较明显地提高了,增加了色谱方法、生物物质的分离、溶液的标定和滴定(含多种滴定剂)等。但是考虑到中等化学教育的基础性,大学化学教学论实验室、中学化学实验室的现状及其近期发展前景,那些涉及较先进仪器

的实验及操作暂未编入。再次,新版中每个实验之后的“讨论与研究”部分较前更加丰满:一是突出联系生产、生活、科技发展的实际,解释现象介绍进展;二是突出反应原理或机理的挖掘,同时兼顾方法的习得。这样做,从某种程度上可以体现“中级化学教学论实验”的色彩,方便不同类型院校中从事化学教学论实验教学的教师使用以及化学专业不同方向的学生查阅。

新版的《化学教学论实验》共分五个部分。

第一部分“中学化学实验教学概述”介绍中学化学实验教学的一般理论,使实验教学研究能和刘知新先生主编的《化学教学论》的理论课相衔接,同时介绍中学化学实验教学的内容体系和中学化学实验教学的基本要求;第二部分“中学化学基础与演示实验研究”选编了16个或实验仪器装置或实验操作或实验现象典型的中学化学基础实验,目的主要是训练未来的中学化学教师的实验操作及演示技能,培养其进行化学实验教学的基本技能;第三部分“中学化学探究与设计实验研究”旨在拓宽未来的中学化学教师的视野,培养他们开展中学化学探究性实验的设计和 research 的能力,对他们在中学开展专题探究或化学综合实践活动有较强的指导意义;第四部分“中学化学定量与测定实验研究”则试图在测定操作、结果的处理等方面对未来的中学化学教师的实验操作和综合实验技能作进一步的提升,对他们在中学开展科学方法、科学态度教育有参考指导价值;第五部分为必要的附录,可供使用者随时查询。

本书可以和刘知新先生主编的《化学教学论》理论教材配合使用,作为将要从事中学教学工作的大学化学专业和应用化学专业本专科学生、硕士研究生学习相关课程时的教材,也可以作为课程与教学论(化学)硕士研究生、教育硕士专业学位(学科教学·化学)研究生以及化学教学论研究生课程进修班学员相关课程的参考书。由于书中实验各有特点,内容繁简不一,所需教学时数不必也难以统一,使用者可以根据自己学校的实际开课情况作适当的调整。

全书由李广洲提出写作框架及编写原则,并最后修改定稿。任红艳编写了第一部分第一节,实验十八、二十三、二十四、二十七、二十八;程萍编写了第一部分第二节,实验十、十五、十七、二十九、三十一、三十二;陆真编写了第一部分第三节,实验六、七、八、九、十一、十二、十六、二十六以及部分附录。其余的实验及附录均为李广洲编写。参加实验室工作的还有王良、沈晓云、王伟、丁志广、吕咏玉、谈萍等同学。

编写过程中,我们参考和引用了国内外一些专家、老师的成果,在此谨表谢意。限于自身的水平,本书仍未能全面反映化学教学论学科理论和实验研究的新进展,敬请广大师生给予指正。

李广洲

2005年12月于南京师范大学随园校区

第一版前言

1992年11月国家教委师范司曾安排在北京师范大学举行了“全国理科学科教学论课程研讨会”。会议纪要指出:学科教学论课程是研究学科教学理论及其应用的一门专业课,是实现高师理科培养目标的重要课程,其设课目的是使高师学生掌握理科学科教学的基本规律并具有从事中等学校理科学科教学的初步能力。鉴于实验教学是中学化学教学的重要内容,它对于中学生的观察能力、思维能力及实验操作技能的培养有独特的作用。因此,会议纪要建议化学学科教学论的基本理论教学和实验等技能训练各为54学时左右,以培养高师学生从事中学化学课堂以及实验教学的能力。

南京师范大学化学系化学教学论教研室有着研究中学化学实验教学的好传统。孙公望、张德钧、张同文等教授都曾为提高中学化学实验教学的质量作出过令人称道的努力。为了满足高师化学教学论实验教学的需要,我们对教研室数十年来使用的实验讲义作了认真的梳理和较大的修改,并加以补充,形成《化学教学论实验》一书。为了能和刘知新先生的《化学教学论》一书相配套,作为高师院校化学教育专业学生的教材使用,本书的第一部分为中学化学实验教学的一般理论,内容包括中学化学实验教学的地位、作用、内容,中学化学教学实验的基本要求,中学化学实验教学中学生的兴趣与学习迁移等。

化学教学论实验以学生已有的化学基础知识和基本技能为基础,着重训练和培养师范生独立从事中学化学实验教学的基本技能和实验能力。本书的第二部分“中学化学演示实验研究”编入了20个实验。选择这些实验的目的是和本书的第一部分相呼应,使高师学生对中学化学实验教学的特点和基本要求能有进一步的体会,并学会和熟悉一些重、难点演示实验的操作技术及典型实验仪器装置的使用方法。此部分实验基本参照中学化学教材顺序安排,从无机到有机,再到综合性的实验设计,最后为投影实验。每个实验的讨论与研究部分都编入了较为丰富的参考研究性材料,包括实验机理、现象解释、存在问题等,具有较强的实用性。这也是本书的成书特点之一。

近年来,我国的中等教育改革不断深入。1996年颁布实行的《全日制普通高级中学课程计划(试验)》明确了今后普通高中的办学模式和课程设置,高中化学课程将分设为必修、选修和活动课3个部分。根据新的九年制义务教育教学计划,现行的初中化学教学大纲和教材也已作了相当幅度的修订和调整。为了使师范生能适应中等教育中不断推进素质教育的新形势,本书的第三部分编入了10个系列实验,以培养师范生在毕业之后指导中学生在综合实践活动中进行专题研究的能力,有关的实践活动设计多来自作者最近几年的实验室研究工作。这是本书成书的又一个特点。

本书可供师范院校本专科学生、本专科函授学生作为教材,也可作为课程与教学论(化学)硕士研究生、教育硕士专业学位(学科教学·化学)研究生及化学教学论研究生

课程进修班学员作为有关课程的参考书。由于书中实验各有特点,内容繁简不一,所需教学时数难以统一,使用者可根据自己学校的实际开课情况作适当的增减。

本书第一部分第二节、第二部分实验四、实验七至十五、第三部分系列实验 I、IV、X 以及部分附录由陆真执笔,其余均为李广洲编写,全书由李广洲修改定稿。

在成书过程中,我们参考和引用了国内外一些专家、老师的研究成果,在此谨表谢意。同时,限于作者自身的水平,恐仍未能全面反映化学教学论学科理论和实验研究的新进展,书中缺点和错误难免,敬请广大师生给予指正。

作者

1998年11月

目 录

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第一部分 中学化学实验教学概述	1
第一节 中学化学实验教学的功能.....	1
第二节 中学化学实验教学的内容.....	7
第三节 中学化学实验教学的要求	21
第四节 中学化学实验教学研究	32
第二部分 中学化学基础与演示实验研究	46
实验一 氧气的制取与性质	46
实验二 氢气的制取与性质	50
实验三 氯气的制取与性质	55
实验四 一氧化碳还原氧化铁	60
实验五 氯化氢的制取与性质	65
实验六 硫酸的制取与性质	68
实验七 氨氧化法制硝酸	71
实验八 硫酸铜晶体的制备	76
实验九 铝及其化合物的性质	82
实验十 胶体的制备与性质	90
实验十一 电解质溶液	97
实验十二 金属的电镀——铝片上涂镀铜.....	106
实验十三 甲烷 乙烯 乙炔.....	109
实验十四 乙醇氧化制乙醛.....	120
实验十五 乙酸乙酯的制取、乙酸丁酯的水解、纤维素的水解与酯化.....	123
实验十六 色谱法提取和分离天然物质.....	127
第三部分 中学化学探究与设计实验研究	131
实验十七 空气中氧气含量的测定实验.....	131
实验十八 空气中二氧化碳含量的测定.....	135
实验十九 硫酸亚铁铵的制备.....	138
实验二十 硫酸亚铁制备条件的探究.....	142
实验二十一 碳酸钠与碳酸氢钠水解的区别.....	146
实验二十二 金属活动性顺序的判断.....	152
实验二十三 化学电池.....	159
实验二十四 茶叶中有效成分的提取.....	166

实验二十五	偶氮染料的制备	172
实验二十六	废弃泡沫塑料的性质及再利用	176
第四部分	中学化学定量与测定实验研究	181
实验二十七	阿伏伽德罗常量的测定	181
实验二十八	物质相对分子质量的测定	186
实验二十九	生活污水中化学需氧量的测定	189
实验三十	食醋中乙酸含量的测定	193
实验三十一	海带中碘的测定	198
实验三十二	植物中维生素 C 的测定	203
实验三十三	中和反应过程中溶液 pH 的变化	209
实验三十四	浓度、温度对化学反应速率的影响	215
实验三十五	乙醇与钠的反应	220
实验三十六	反应级数的测定	224
第五部分	附录	231
附录 1	我国化学试剂的等级标志	231
附录 2	危险药品的分类、性质和管理	231
附录 3	常用酸、碱的浓度	232
附录 4	常用酸、碱溶液的配制	233
附录 5	气体在水中的溶解度	233
附录 6	主要干燥剂可用来干燥的气体	234
附录 7	可燃性气体的燃点和混合气体的爆炸范围(在 1atm 下)	234
附录 8	某些混合气体的爆炸极限	235
附录 9	常用试纸的制备	235
附录 10	常用酸碱指示剂的配制	235
附录 11	特种试剂的配制	236
附录 12	一些无机物质常用的俗名	237
附录 13	一些有机化合物常用的俗名	239
附录 14	灼热温度的估计	242
附录 15	莫氏硬度表、物质的硬度	242
附录 16	洗涤液的种类和配制方法	243
附录 17	实验室安全及防护知识	244
附录 18	部分常用仪器的简单绘图方法	247
参考文献		248

第一部分 中学化学实验教学概述

化学是一门实验科学,实验是化学的灵魂和生命。化学实验是化学科学产生和发展的基础,化学科学的每一次重大突破,都与实验方法的改革密切相关。任何化学的原理、定律以及规律无一不是从实验中得出的结论。

17世纪中叶,波义耳使化学从炼金术和医药学的附属下独立了出来,为化学发展成为真正的科学奠定了基础。他根据大量的实验提出了元素的概念,并且认为只有运用严密和科学的实验方法才能够把化学确立为科学。18世纪下半叶,拉瓦锡利用汞进行的定量方法研究空气的成分,建立了燃烧氧化理论,否定了统治化学达100多年的错误的燃素说,且将近代化学实验推进到了定量研究的水平。19世纪初,道尔顿以质量守恒定律等为基础提出了原子论,阿伏伽德罗以盖·吕萨克的气体反应体积关系实验为基础提出了分子假说,形成了完整的原子-分子学说。19世纪下半叶,门捷列夫发现的元素周期律和无数化学家们的元素化学实验研究结下了不解之缘。20世纪以来,尽管理论化学的研究获得了惊人的发展,数学方法等被广泛引入化学,但是理论推导和数学计算的结果是否正确,仍然需要用实验来验证,实验手段逐渐从经典的方法向仪器化、自动化、微型化发展。正如著名科学家李政道所说:“实验无论怎么强调都不能说过分。”

第一节 中学化学实验教学的功能

化学实验是化学科学研究的重要方法,也是化学教学的重要手段。教师可以通过化学实验展现化学现象,反映化学规律,验证化学理论;学生可以在化学实验过程中进行观察、质疑、思考、分析、综合、比较、抽象、概括、具体化等思维活动,在体验知识的形成和发展过程中,形成科学的思维习惯和方法。著名的化学教育家戴安邦先生曾说:“化学实验教学是实施全面的化学教育的一种最有效的教学形式。”

一、化学实验、化学教学实验和化学实验教学

化学实验是人们以化学事物为作用对象的实验活动。根据实验主体和实验目的的差异,可以将化学实验划分为两大类型:科研类化学实验和教学类化学实验。科研类化学实验的实验主体是化学学科的科学研究人员,目的是为了研究和认识人类未知的化学事物及其规律,其大部分的研究结果不仅对于研究者本人而言具有创新性,对于整个人类而言也具有创新性的贡献。除化学学科科学研究外,还存在化学教育科学研究。在化学教育教学领域进行科学研究时,人们也经常采用实验的方法来开展研究活动,并称之为“化学教育实验”或“化学教学实验”。这类实验,其实验主体是从事化学教育教

学及研究工作的人,研究对象是人(教师或学生),研究内容是化学教育教学的过程,并具有上述科学研究的基本属性。因此,科研类化学实验有上述两类之分。教学类化学实验的实验主体是各级各类化学教育教学中的教师和学生,是为化学教学目的服务的,向下一代传递人类已有化学知识和经验,其大部分的实验过程和结果是巩固或者拓展学生的认知结构,对学生而言可能是崭新的,但对人类社会而言基本不具有创新性贡献,是一种简约的、高效的、重复的再现或模拟。当实验内容为中学化学教学内容时,这种教学类化学实验也就是人们通常所说的中学化学教学实验。

由此可见,化学教学实验有广义和狭义之分。广义的化学教学实验既包含化学教育教学研究领域的化学教学实验(科研类化学实验),也包含化学教学领域中的化学教学实验(教学类化学实验)。而狭义的化学教学实验仅指后者,即等同于教学类化学实验。我们所指的化学教学实验属于狭义的概念。

化学实验教学是指教师将化学实验置于一定的化学教学情景下,为实现一定的化学教学目的而展开的一系列教学活动。化学实验教学是化学教学的重要组成部分,要服从和服务于化学教学的总体安排。需要指出的是,化学教学实验和化学实验教学是密切相关的。前者特指化学教学活动中的实验,而后者指以化学教学实验为媒介的整个化学教学活动,两者是局部和整体的关系,互为依赖。

二、化学实验的教学功能

以实验为基础的化学学科特征决定了化学实验在化学教学中发挥着不可替代的教育教学功能。2003年中华人民共和国教育部颁布的《普通高中化学课程标准(实验)》指出:“以实验为基础是化学学科的重要特征之一。化学实验对全面提高学生的科学素养有着极为重要的作用。化学实验有助于激发学生学习化学的兴趣,创设生动活泼的教学情境,帮助学生理解和掌握化学知识和技能,启迪学生的科学思维,训练学生的科学方法,培养学生的科学态度和价值观。”因此,在化学教学过程中要突出化学学科特征,加强实验教学,更好地发挥实验的教育教学功能。

1. 学习知识、培养技能

知识是学生发展之本。著名教学论专家王策三先生指出:“教学中‘注重知识传授’,根本、永远不存在‘过于’的问题,而是根本、永远不够、要不断加强的问题。”新课程改革提出的“改变过于注重知识传授的倾向”的观点其实也没有否定知识本身,而主要是针对知识的片面传授方式进行了批判。因此,我们应该坚定地认识到知识的重要性,更应该正确地认识到学习知识的最佳途径和方法,即将外在知识内化为学生认知结构的途径和过程。

化学学科中广泛使用的概念是化学基础知识的单体。化学概念的形成直接影响中学化学教学的效果。总的来说,中学生的形象思维强于抽象思维,采用化学实验这样的直观手段易于使其理解抽象的概念。换言之,化学实验是学生学习化学概念和知识的有效途径之一。例如,元素化合物是中学化学教学的一个重要内容,但学生往往在没有

任何感性经历(看不到实物)的情况下被要求去识记相关物质的性质,由此逐渐产生惧怕心理。其实如果教学中教师尽可能地利用化学实验,或许情况会大有改观。在卤族元素溴和碘的物理性质的教学中,教师可以从商店购买的最初的包装开始来吸引学生,让学生自己分析为何一点点的溴要如此复杂的包装,从而既能真实地看见溴的外观,又能加深对溴的物理性质的理解。学生通过对实验药品的观察和分析,将溴的相关信息在轻松愉快的氛围中内化到自己原有的认知结构中,形成了有效且牢固的知识^①。又如,酸和电解质是关于物质的概念,在中学化学教学中,教师就常以一定数量的、典型的化学实验所给出的感性材料为基础,再通过比较、分类、分析、综合、抽象和概括,帮助学生形成相应的概念。

技能是指运用一定的知识和经验顺利完成某种任务的活动方式。广义上说,实验技能包括操作技能(又称动作技能)和智力技能(又称心智技能或认知技能)。操作技能是运用已有的知识和经验,借助骨骼、肌肉和相应的神经活动所实现的一系列通过练习形成和巩固起来的外显动作。智力技能是指人们运用已有的知识和经验,借助内部语言在头脑中进行的认知活动的操作方式,包括感知、记忆、想象和思维等。操作技能和智力技能之间既有联系、又有区别,在实验教学过程中也是相互联系、相互促进的。外显动作是智力技能形成的最初依据,也是智力技能的体现和反映。初级的、简单的活动主要依靠操作技能来实现,而高级的、复杂的活动则要靠智力技能和操作技能的科学结合才能实现。所以有人认为,实验技能主要包括对实验操作方法、仪器装置的原理及有关数据、现象处理等方面的认识、理解。

技能属于动作经验,不同于属于认知经验的知识。通常我们可以认为:知识的学习是解决陈述性知识、程序性知识等需要掌握的问题,即知与不知的问题;而技能的学习所要解决的则是完成活动要求的动作,即会不会及熟练不熟练的问题。但是,知识和技能绝不是截然二分的,两者有密切联系。例如,关于萃取的学习,学生如果能够理解为什么分液漏斗的形状设计成这样,就能更好地理解 and 解释为什么两种互不相溶的液体可以利用分液漏斗进行分离,才能在此基础上进行有意义的萃取操作练习,并逐渐达到动作定位,最后形成熟练的实验技巧。学生通过对基本操作的准确理解、协调训练,从而达到自动化的程度,操作技能也得以熟练掌握。因此,教师应该认识到“实验是手段,思维是核心”。在实验技能的培养过程中,要防止过分强调操作技能训练,导致学生不理解技能要领而只能机械模仿的现象出现。作为教师,不仅要注重学生的实验技能本身的形成,更应该提示学生思考为什么要这样操作,即要让学生知其然,也能知其所以然。

2. 经历过程、体验方法

美国著名的科学教育学家布鲁纳认为:“所谓求知,是过程,不是结果。”在进行化学实验教学活动时,要兼顾实验的过程和实验的结果,因为实验的过程价值并不亚于实验

^① 南京师范大学附属中学保志明老师教学案例。

结果的本身价值。

能否实现实验的过程价值,教师的教学观念至关重要,教师所具备的教育观念将直接决定其会采取怎样的实验教学设计并进而采用相应的实验教学活动,从而产生不同的教学效果。如果教师对知识持客观主义态度,即认为知识是客观存在的,将知识等同于信息,知识就是权威,那么该教师在进行实验教学时很可能会侧重于结果而忽视实验过程,往往会将其兴趣集中于验证性实验,在较短时间成功获取实验结果,以此来“强化”学生对知识的“识记”,从而达到所谓的“理解”。如果教师对知识持建构主义的观点,即认为知识是由学习者主动内在建构的,而不是由教师单向传授的;知识的意义不是客观存在的,而是由学习者自主建构产生的,不同的学习者对于同样的外来信息将会产生不同的理解,那么该教师往往会进行探究式教学设计,努力寻找和创设适宜的实验情境帮助学生进行积极良好的建构,实验过程也将可能多以学生的讨论、师生间和生生间的思维碰撞为主要形式,学生成为实验教学活动的真正主体。

因此,在实验教学过程中,教师要能够给予学生主动地位,切实转变学生的学习方式,让学生能够主动地参与、主动地思考。如果仅让学生“照方抓药式地做实验”,或者“看实验”,甚至于“听实验”,而不让他们根据实验情境进行设计并亲手“做实验”,那么学生只能是“隔岸观花”而无法“身临其境”。心理学的有关研究成果表明:听和看虽然可以帮助学生获得一定的信息和学识,但远不如动手操作给人的印象深刻,不如动手操作掌握得牢固,不如动手操作更能将有关知识转化为实践行为和能力。国际学习科学研究领域中也有句名言:听来的忘得快,看到的记得住,动手做更能学得好。也就是说,仅仅是听到的很容易忘记,如果是看到的则记忆比较深刻,但是通过亲手操作甚至相互争论后得出的结论更会让人刻骨铭心。在实验教学中,要尽可能创设情境和机会,让学生由“旁观者”变为真正的“参与者”,使学生的学习方式从认知走向体验。体验,是一种鲜活的化学实验教学方式,是认知内化的催化剂,突显了学生的主体地位。没有体验,感知不会深刻;没有体验,就不会有自我建构;没有体验,就没有真正意义上的学习;没有体验,就不会有创造的发生。而过程性的体验和结果性的体验都具有巨大的学习功效。

通过体验,不仅可以“学会”,而且能够“会学”,还可以“愿意学”。结果性的体验侧重的是知识,即“学会”;过程性的体验侧重的是方法,即“会学”。通过实验,可以体验化学科学研究的基本方法,如观察、测量和误差分析、控制变量和条件等。实验的控制是实验成败的关键,在实验设计阶段要反复思考成熟之后方可开展实验,在实验过程中要按照实验设计方案进行合理操作,在此不再详细介绍。下面我们以观察为例加以阐述。

化学实验离不开观察,观察是认识事物的开始,是进行积极思维的触角。由于不同学生的认知结构和个体经历都有所差异,不同学生面对同样的实验现象也将会产生不同的兴奋点和兴奋程度,同样的外在实验现象经过不同学生的个体建构在其脑海中产生的图像也将会是不完全相同的。作为教师,要引导学生逐步学会有的放矢、全面而又层次清晰地观察实验,要引导学生把观察和思维结合起来,对物质及其变化的现象进行分析比较,找出特点,区分异同,并透过现象认识事物变化的本质和规律。化学实验中

的观察能力主要有：会观察演示实验过程中的实验步骤、仪器使用及规范化操作的技能；会观察实验对象的颜色、大小、状态、气味等稳定的外部属性；会观察稍纵即逝的或者微弱缓慢的实验现象，观察实验过程中产生的颜色变化、沉淀或气体的生成、放热或发光等各种化学现象和事实；会观察实验中的图表，实验数据的变化等。实验中的现象无论巨细，都是极为重要的，有时一个极为细小的细节往往会产生一个重要的结论。因此，进行化学实验观察时，一定要做个有心人，要学会观察且敢于提出实验中所产生的各种“异常”现象，这些“异常”现象中蕴含着很多的化学奥妙。化学科学发展史上的许多事例也证实，只有那些思维活跃、求知欲望强烈、又有良好实验习惯和动手能力并能注意观察现象的人，才有可能成为化学科学研究的成功者。这样的道理同样存在于化学教学实验中。例如，在电解水的实验中，细心的同学会发现氢气和氧气的体积比不是等于而是大于2:1，由此提出问题而展开讨论，并提出各种可能的解释。有同学提出氢气和氧气在水中溶解度不同，氧气的溶解度要大于氢气的溶解度；有同学提出气体在管内所承受水压不同等。又如，实验过程中也有同学提出不同浓度的氯化铜溶液颜色不同，在稀溶液中呈蓝色，浓溶液中呈绿色，却无法解释原因。但经过查阅资料才发现是形成不同配离子的缘故， $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 呈绿色，而 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 呈蓝色。可见，一方面观察离不开知识，另一方面观察又可以促进新知识的生成和巩固。

3. 发展兴趣、养成态度

化学实验兴趣是个体对化学实验特殊的活动倾向，是为了获得关于化学实验的知识、经验、体验或者解决化学问题而带有情绪色彩的意向活动。兴趣是形成学习动机的重要因素，是主动学习的前提。我国古代著名教育家孔子曾说：“知之者不如好之者，好之者不如乐之者。”泰勒也曾说过：“当学习是被迫的，不是从学习者真正的兴趣出发时，学习往往是无效的。”国内外教育界问卷调查的统计结果表明，学生因喜欢做实验而喜爱学化学的人数占被调查人数的70%以上，不少化学家就是在中学学习阶段受教师的感染和被化学学科特有的魅力吸引，而走上化学科学研究之路的。因此，在化学教学过程中，教师要充分发挥实验的激趣功能以发展学生学习化学的兴趣。

我国心理学家潘菽把学习兴趣分为四种类型：直观的兴趣、操作的兴趣、探求原因的兴趣和概括的兴趣。之后，也有学者将兴趣按水平高低分为：感觉兴趣、操作兴趣、探究兴趣和创造兴趣。两者可谓异曲同工，都反映了化学学习兴趣的形成和发展。相比较而言，感觉兴趣和操作兴趣都属于直接兴趣，在化学实验教学中表现出不稳定、不持久的特征。探究兴趣属于间接兴趣，具有稳定、持久的特点，是推动学生发挥实验能动性的最基本和最重要的动力。而创造兴趣是实验兴趣的最高水平，是推动和促进学生充分发挥实验能动性的最强劲的动力。

在化学实验教学中，为了有效地激发学习兴趣，教师应该针对不同的教学内容选择不同的化学教学实验。对于初学化学者，如初三学生，要注重直观兴趣和操作兴趣的培养，从化学和生活、生产的联系，从化学实验的直观、生动等角度来激发学生的兴趣（如利用镁带燃烧的耀眼白光，氨气、氯化氢等气体的喷泉实验等特殊现象；又如利用“魔棒

点灯”、“水底火花”、“白糖变黑面包”、“滴水生烟”、“烧不坏的手帕”、“白纸显字”等趣味实验)。对于高中学生,则不能再一味地拘泥于直观和操作兴趣。这是由于高中学生已经具备较好的抽象和逻辑思维能力,外部的刺激是暂时的,往往无法培养学生的兴趣,只有内在的思维所带来的乐趣才是持久的。因此,对于高中学生的化学实验教学,要注重学生探究兴趣和创造兴趣的培养。例如,可以通过实验设计、实验探究验证假设来获得结果(如废弃泡沫塑料的回收、海带中碘元素的测定、生活污水中化学需氧量的测定、茶叶中咖啡因的提取、湿木材干馏、驾车司机是否饮酒的分析检测、肥皂的制备、不同洗涤剂洗涤能力的比较等多种和生活联系密切的探究课题)。

态度是指人对事物的看法和采取的行动。化学实验不仅可以激发学生的化学兴趣,还可以帮助学生养成科学的态度。

首先,可以帮助学生养成实事求是、严肃认真的态度。实事求是、严肃认真,就是要尊重事实,如实反映实验中观察到的现象和事实,即使是和预期的现象相比有出入,数据有偏差,也绝不允许臆造或修改。科学来不得半点虚假,如不严格按照规程进行实验,不仅有可能导致实验失败,还往往会引起事故。科学发展史上的很多重大发明都是科学家谨慎实验、认真操作的结果。中学化学教学实验不是为了创立新理论、发现新现象或是制备新物质,多数实验都只是一些已知化学知识的运用。但实验者必须认真对待,不论是仪器的使用和装配、药品的取用和添加,还是操作步骤和手法、现象和数据的记录等,均必须实事求是、严肃认真。

其次,可以培养学生勤学好问、勇于探索的科学精神。我国的古代著作《中庸》就指出教学要“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之”。其中的“审问之”就包含了学与问之间的关系。古人就把学与问联系在一起,称为“学问”,专门指某人的文化修养水平,可见学习与问题之间自古就有密切联系。化学实验一般包含三大原理:反应原理(为什么能做)、装置原理(用什么去做)、操作原理(怎样去做),学生在实验之前要问问自己明白与否。在化学实验过程中,学生更要善于思考、敢于提问。例如,实验现象说明了什么?为什么会产生?有相关的理论知识来解释吗?实验成败的关键是什么?还要注意些什么?为什么?实验失败的原因是什么?出现异常现象的原因又是什么?实验数据为什么会有误差?如何减少误差?这次实验成功吗?实验中可能有哪些改进和完善之处?能不能尝试做做看看?在实验开展前、实验过程中和实验结束后不断地提出问题、分析问题和解决问题,可以将理论和实践较好地联系起来,也可以不断优化和拓展学生的认知结构,并提高学生科学探究的意识和能力。

再次,可以培养学生团队合作的愿望和意识。联合国教育、科学及文化组织(简称联合国教科文组织)提出要“学会相处”。在教学中存在多种关系的合作,即合作主体有多个维度(包括师生之间的合作和生生之间的合作等),而且合作形式多样化。合作学习是一种较为新型的学习方式,包括同伴互助合作学习、小组合作学习、全员合作教学三种主要形式。同伴互助合作学习通常是指同桌两位同学之间的合作,常发生在两人一个小组的合作实验过程中;小组合作学习通常是按照预先组成的小组成员进行小组学习,化学实验课堂教学中通常是前后两排四位学生之间的合作;全员合作教学是指在