



高等院校化学实验新体系系列教材

化学实验教学论

刘一兵 沈 翥 主编



HUAXUE
SHIYAN
JIAOXUELUN



化学工业出版社

高等院校化学实验新体系系列教材

化学实验教学论

刘一兵 沈 黉 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是“高等院校化学实验新体系系列教材”之一，也是高校化学专业师范生必须要学习的一门重要课程。本书是为培养师范生实验教学能力、实验技能综合训练及实验研究能力而编写的。全书主要包括化学实验教学原理、化学实验设计及其教学、微型化学实验研究和传感技术在化学教学中的应用等。教材具有系统性、探究性、创新性和量化的一些特点。其中，成套微型化学实验研究的汇集，是本书编写者最新的原创性研究成果，已获三项国家专利，在国内处于领先水平，对于中学化学课程资源的开发具有重要价值。

本书不仅可作为高等师范院校化学专业化学实验教学论课程的教材，也可作为化学课程与教学论硕士生、化学教育硕士生及在职中学化学教师的实验设计、实验教学与研究课程的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化学实验教学论/刘一兵, 沈戮主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.1
高等院校化学实验新体系系列教材
ISBN 978-7-122-15997-7

I. ①化… II. ①刘…②沈… 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 (2012) 第 295524 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 蒋宇

文字编辑: 向东
装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 290 千字 2013 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

前 言

早在 20 世纪 90 年代,刘知新先生在《化学教学论》前言中建议各师范院校开设“化学教学论”课程,同时开设“化学实验教学研究”课程。时至今日,“化学实验教学论”学科经历理论研究和教学实践的探索,正处于充实和发展时期。该课程是普通高等师范院校的化学教师教育类必修课程之一,对于职前化学教师的实验教学、实验研究的培养,对于其教师专业化发展具有不可替代的作用。

关于化学实验教学论,我们有四点基本认识:一是化学实验教学蕴含着丰富的教学理论和基本规律,有其坚实的理论基础;二是科学探究已成为化学实验教学研究的核心;三是化学实验教学中的微型实验日益引起重视;四是化学实验从定性到定量发展的趋势比较明显。

基于上述认识,参考国内各师范院校编写的有关化学实验教学的教材,我们编写的《化学实验教学论》教材具有以下几方面的特征。

1. 实验教学理论的系统性。教材的第一章明确了“化学实验教学论”学科的研究对象和方法,梳理了该学科发展历程。第二章按照美国泰勒的课程与教学原理,系统地构建了化学实验教学目标、化学实验教学内容、化学实验教学模式和化学实验教学评价的基本框架。它有利于学习者从整体上把握化学实验教学理论及其应用。

2. 实验教学及实验设计的探究性。教材的第三章选编了化学演示实验教学与实验设计。演示实验教学的编写通过学习者自行进行“实验方案的设计”和“实验教学方案的设计”,从而完成实验学习任务。学习者既是探究者,又是讲授者。第四章介绍了化学探究性实验的设计。所选的探究性实验突出了问题、实验设计、探究、验证、问题解决等过程。上述编写有利于训练和培养师范生实验探究技能、实验创新能力,从而转化为组织和指导中学生进行以实验为主的探究学习活动。

3. 实验的创新性。实验的创新性集中体现于教材的第五章,即微型化学实验教学研究。该研究荟萃了本书的编写者之一——湛江师范学院沈黠副教授的研究成果,涵盖初、高中课程的主要微型化学实验,实验设计新颖、美观和精巧,效果明显,为中学微型化学课程资源的开发和利用,提供了范例,也可为师范生如何开展实验创新,展现了一条重要途径。

4. 实验的现代化和定量化。本书第六章是基于传感技术的化学定量实验,按照中学化学课程的不同内容,将传感技术引入化学实验,使信息技术与化学课程进行了有效的整合,对中学化学实验教学的定量化进行了探索。

本书各章编写分工:刘一兵编写第一章、第二章、第四章及第三章的实验一、实验八~实验十八,沈黠编写第五章,席艳丽编写第六章,骆进保编写第三章的实验二~实验七。全书由刘一兵统稿。

本书的出版,得力于教育部第六批高等学校国家级特色专业建设的资助及化学工业出版社的大力支持,在此特致以诚挚的感谢!

由于编者学识与水平所限,书中肯定存在疏漏、偏颇之处,诚望读者批评和指正。

编 者

2012 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 “化学实验教学论”学科的研究对象	1
第二节 “化学实验教学论”学科研究的基本方法	1
一、化学实验问题的确立	2
二、化学实验设计的基本方法	3
第三节 “化学实验教学论”学科发展历程、特征及设课目的	5
一、“化学实验教学论”学科发展历程	5
二、“化学实验教学论”学科特征	7
三、“化学实验教学论”设课目的	7
第二章 化学实验教学的基本原理	9
第一节 化学实验教学目标	9
一、化学实验教学目标的分类	9
二、化学实验教学目标的确定	11
第二节 化学实验教学内容	13
一、化学实验课程内容、教材实验内容和实验教学内容概念辨析	13
二、化学实验教学内容的选择与处理	15
第三节 化学实验教学模式	17
一、化学实验教学模式的构成要素	17
二、化学实验教学模式的形成	18
三、化学探究性实验教学模式及教学策略	19
第四节 化学实验教学评价	22
一、化学实验教学评价的内容与指标	22
二、化学实验活动表现评价的方法	24
第三章 化学演示实验教学与实验设计	27
第一节 化学演示实验教学	27
实验一 常用化学仪器的规范操作技能训练	27
实验二 氧气的制取和性质	32
实验三 氢气的制取和性质	36
实验四 氯气的制取和性质	40
实验五 二氧化硫的制取和性质	43
实验六 胶体的制备和性质	46
实验七 甲烷的制取和性质	49
实验八 乙醛的氧化反应	52
实验九 过氧化氢的催化分解	56
第二节 常见化学实验设计	60
实验十 硝酸钾溶解度的测定	60

实验十一	阿伏伽德罗常数的测定——单分子膜法	62
实验十二	钠及其化合物的性质	64
实验十三	铝及其化合物的性质	67
实验十四	氨的制备及性质实验	69
实验十五	电解质溶液	71
实验十六	乙酸乙酯的合成及乙酸丁酯的水解	74
实验十七	石油的催化裂化	76
实验十八	水果电池的设计	78
第四章	化学探究性实验的设计	80
第一节	化学探究性实验中变量的控制	80
一、	化学探究性实验中变量控制的基本模式	80
二、	基于化学探究性实验中变量控制的问题解决	82
第二节	化学探究性实验条件的优化——正交实验法	83
一、	正交实验设计的基本概念	83
二、	正交实验设计的基本步骤及实验安排	84
三、	正交实验结果的直观分析	86
第三节	化学探究性实验的研究案例	86
实验一	不同价态硫元素间的转化	86
实验二	氢氧化亚铁制备实验的探究	88
实验三	蓝瓶子实验最佳反应条件的探究	90
实验四	纤维素水解制备葡萄糖的最佳实验条件探究	94
实验五	碳酸钠、碳酸氢钠固体与盐酸反应过程热效应的实验探究	97
实验六	H ₂ O ₂ 使含酚酞的氢氧化钠溶液红色褪去的原因探究	99
第五章	微型化学实验教学研究	102
第一节	微型化学实验仪器及其教学	102
一、	配套微型实验仪器	102
二、	仪器组装与使用	102
三、	微型化学实验课堂教学简介	107
第二节	化学典型教学微型实验研究	107
实验一	氧气的制备及性质微型实验	107
实验二	氢气的制备及性质微型实验	110
实验三	空气中氧气含量测定的微型实验	112
实验四	二氧化碳的制备及性质微型实验	113
实验五	碳跟氧化铜反应的微型实验	116
实验六	一氧化碳的制备及性质微型实验	117
实验七	灭火的原理和方法微型实验	119
实验八	可燃性粉尘爆炸的微型实验	120
实验九	钠与水反应的微型实验	121
实验十	铁与水蒸气反应的微型实验	123
实验十一	碳酸钠和碳酸氢钠热稳定性比较的微型实验	124
实验十二	氯气的制备及性质微型实验	125
实验十三	二氧化硫的制备及性质微型实验	127

实验十四	浓硝酸、稀硝酸跟铜反应微型实验	131
实验十五	电解食盐水的微型实验	132
实验十六	喷泉微型实验	135
实验十七	乙烯的制备及性质微型实验	138
实验十八	乙炔的制备及性质微型实验	139
实验十九	乙酸乙酯的制备和水解微型实验	141
第六章	传感技术在化学实验中的应用	144
第一节	传感技术实验操作指南	144
一、	传感器	144
二、	数据采集器	145
三、	实验数据处理程序	146
四、	注意事项	147
第二节	利用传感技术感受物质变化中的能量转换	147
实验一	锌粉与硫酸铜溶液反应	147
实验二	碳酸氢钠与柠檬酸反应热效应的研究	148
第三节	传感技术在化学平衡中的应用	150
实验三	反应条件对化学平衡的影响	150
实验四	化学反应平衡常数的测定	152
实验五	浓度、催化剂对双氧水分解速率的影响	155
实验六	氢氧化钠溶液的浓度对酯的水解反应速率的影响	156
实验七	镁与盐酸反应速率的测定	158
第四节	利用传感技术研究溶液的导电性和酸碱性	160
实验八	测定溶液的导电性	160
实验九	温度、浓度、盐等对冰醋酸电离度的影响	161
实验十	绘制酸碱中和滴定曲线	163
实验十一	酸碱指示剂及自制指示剂变色范围的测定	164
第五节	利用传感技术研究离子反应的实质	166
实验十二	稀硫酸与氢氧化钡在水溶液中的反应	166
第六节	传感技术与探究性实验	167
实验十三	酒精灯火焰温度的测定	167
实验十四	探究简易化学电池	169
参考文献		172

第一章 绪 论

“化学实验教学论”作为高等师范院校教师教育的学科之一，是师范生走上中学化学教学岗位之前的一门实验技能综合训练和实验教学能力培养的必修课。它在提高学生从教技能、技巧和综合教学能力，实现培养目标方面具有独特的作用。作为一门学科，首先，要明确研究什么，这就需要建立学科研究对象范畴；其次，要明确用什么方法去研究，这就需要有学科方法范畴；再次，要了解该门学科的发展历程及课程目的。

第一节 “化学实验教学论”学科的研究对象

任何一门学科都有自己特定的研究对象和所要探索的领域，正如王策三教授（1985）所言：“对于一门学科来说，生死攸关的一个问题就是明确自己的研究对象和任务。”那么，化学实验教学作为一门独立学科，它的研究对象是什么呢？目前，人们的看法并不一致。

有种观点认为，化学实验教学研究的对象是中学化学实验教学，包括化学实验研究和化学实验教学研究。另有种观点认为，化学实验教学主要通过研究中等学校化学实验和化学实验教学的原理、过程、内容和方法，使师范生掌握它们的基础知识和基本技能。我们认为，前者观点没有区分研究内容和研究对象之分，后者观点体现实验教学的基本任务，没有反映矛盾的特殊性。

“化学实验教学论”在其研究对象的确定过程中应确立问题意识，即以化学实验教学实践中的问题为对象，并通过问题的研究，抽象、概括而揭示出化学实验教学的本质和规律。因此，我们提出：“化学实验教学论”的研究对象，就是研究化学实验教学实践中的一般问题，揭示实验教学过程、本质、规律及其具体运用。

从“化学实验教学论”研究的对象和基础教育化学实验教学实践，可以概括化学实验教学研究的基本任务为：①在总结化学实验教学实践的基础上，研究探讨化学实验教学基本理论和基本规律问题，包括化学实验教学目标、功能、分类、内容、模式、策略、评价等。②系统总结和发掘前人化学实验研究成果，总结中学化学实验研究的一般规律，并且探索新的化学实验技术和方法，设计方法科学、构思巧妙，有利于实验教学的新方案；③研究运用现代教学论，如何利用实验教学促进学生思维能力、元学习能力，让学生学会如何学习。

第二节 “化学实验教学论”学科研究的基本方法

“化学实验教学论”学科的研究方法与该学科的研究对象有关，由于“化学实验教学论”是一门以化学实验为载体的交叉科学，因此，化学实验教学研究必须综合运用各种方法才能真正取得突破性成果，从而建立起一个比较完整、合理的体系。我们认为，从宏观上看，

“化学实验教学论”研究方法包括两个层面，其一，化学实验研究方法；其二，化学实验教学研究方法。化学实验教学研究方法以一般教育科研方法为指导，可参考有关教育科学研究方法的专著。鉴于化学实验教学的实践品格，化学实验教学研究方法要突出课堂观察研究法、课堂“深描”解释法、实验教学案例法、实验教学行动研究法等。

化学实验研究方法可以划分为概括性和通用性程度不同的若干层次，例如，适用于一切科学的最普遍方法，适用于各门自然科学的一般研究方法，只适用于化学实验研究的特殊方法。由于实验研究方法的多样性，以下仅介绍如何确立化学实验问题以及化学实验设计的基本方法和策略。

一、化学实验问题的确立

化学实验问题的寻找是一个化学实验思维的过程。化学实验思维是指在化学实验问题发现和解决过程中，具备一定化学知识和理论的实验者对实验要素如实验手段、实验对象及其之间关系的反映。它包括物质的性质、反应机理或反应原理、实验条件、实验装置、实验现象、实验数据、实验结果等的本质属性、内部规律以及要素之间相互关系的间接的、概括的、能动的反映。这种反映集中体现为明确所研究的实验问题，收集和应用已有知识和信息，设计合理、有效的实验方案，实施实验并监控实验过程，解释实验现象，得出实验结论并对结论进行分析的思维行为。有的研究者将化学实验思维的内容表征为如图 1-1 所示，为寻找化学实验问题提供了依据。

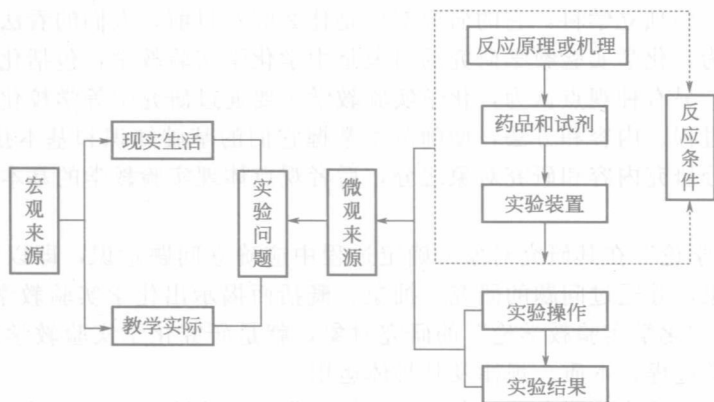


图 1-1 化学实验思维的内容表征

化学实验问题是化学实验主体在某个给定的化学实验中的当前状态与所要达到的目标状态之间存在的差距。“当前状态”是指实验主体目前已知的知识或理论；“目标状态”是指实验主体目前未知但准备去探索的新知识或新理论。因此，化学实验问题是已知与未知之间的桥梁和纽带。此处的化学实验主要是指课程与教学中的实验，而不是科研中的实验。确立化学实验问题可以结合化学课程与教学，从上述图 1-1 中各个要素及相互关系的矛盾中探寻。我们认为实验问题的研究价值不仅在于实验选题是否新颖，更重要的是在实际教学中能否充分发挥实验的价值，以达到启迪学生的科学思维、培养学生能力的目的，以下提出的实验问题值得教师研究：

- ① 基于化学抽象知识学习的新实验的研究；
- ② 常规实验反应条件改进的研究；
- ③ 常规实验微型化的研究；
- ④ 化学实验“异常”现象的研究；

- ⑤ 化学实验的创新设计；
- ⑥ 基于实验设计方法寻求的研究；
- ⑦ 从社会生活中寻找与化学知识有关的实验研究；
- ⑧ 趣味化学实验研究。

二、化学实验设计的基本方法

化学实验设计是指实验者在实施化学实验之前，根据一定化学实验目的和要求，运用有关的化学知识和技能，对实验的仪器、装置、步骤和方法在头脑中所进行的一种规划。广大化学教师对化学实验设计进行了许多探索，取得了丰富的设计方法、技巧和经验。

1. 目标优化的方法

在构思、设计实验前，通常先要把教学需求译解为研究目标。化学实验可以满足多方面的要求，但是，对实验的教学需求常常只突出某些方面。例如，要求配合某一内容的教学，而对其他方面没有明确地、强烈地提出要求。因此，研究者对实验技术研究的目标要进行筛选和优化，可以采用如下方法。

(1) 优点综合法 优点综合法是指在设计或者改进实验之前，先进行创造性想象，对要开发的实验提出各种希望。此时，研究者可以通过思考“如果这个实验……该多好！”来一一列出优点，然后从化学科学原理和实验技术基础方面判断这些优点实现的可能性，把有可能实现的实验综合起来，设定为技术目标域。它的一般步骤为：①定课题；②列出希望点；③制订具体实施方案。例如，在“黑面包实验”（即浓硫酸与蔗糖的混合实验）中，我们希望进一步检验反应的产物，并且保护环境，沿着这一目标，可以设计出利用多孔并穴板串联检验的微型实验。

(2) 缺点排除法 缺点排除法是指在改进某实验前，先去努力寻找原方案的缺点，思考“还有什么缺点需要克服？”然后按轻重缓急顺序一一列出需要排除的缺点，在此基础上设定实验的技术目标。它的一般步骤为：①选定化学实验（可以是整体，也可以是局部）；②确定与该实验有关的信息种类，如材料、功能、结构等；③根据确定的信息一一列出缺点；④针对缺点（可以是全部，也可以是其中的一个或几个）研究改进方案。例如，多年来，已经有不少人对 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 制备实验进行了改进，主要有两种方法：其一，使用苯、煤油、石蜡油等有机溶剂液封从而隔绝氧气；其二，使用 Fe 与 H_2SO_4 反应生成的 H_2 作为保护气，在还原性气氛下反应。这两种方法确实可行，但也存在一些不足：前者，有机溶剂易挥发，气味较大或有毒，对环境不友好；后者，由于 Fe 与 H_2SO_4 反应往往使用过量 Fe 粉，当 H_2 气体压 Fe^{2+} 溶液进入 NaOH 溶液时，过量的 Fe 粉容易随溶液转移，对实验现象产生干扰。为了克服这些缺点，我们又可以进行该实验的创新设计。

2. 构思、设计的技巧和方法

(1) “物化”技法 这里的“物化”是指将有关的化学概念、定律或原理（尤其是抽象的概念或原理等）借助实验手段直接复原为实验这种具体的物质形态的一种思路。“物化”实验就是运用该思路将化学知识“物化”所设计的实验。例如，取 10mL 0.1mol/L 醋酸溶液，使用 pH 试纸测定溶液的 pH。向其中加入少许固体醋酸钠，待完全溶解后，再测定溶液的 pH，发现 pH 增大。为什么加入醋酸钠后醋酸溶液的 pH 会增大？可以有 2 种假设。假设①：醋酸钠溶液呈碱性，中和醋酸电离出来的 H^+ ，使溶液 $c(\text{H}^+)$ 降低；假设②：加入固体醋酸钠后，溶液中 CH_3COO^- 浓度增加，使醋酸电离平衡向左移动， $c(\text{H}^+)$ 降低。为此，可以设计实验方案：在 0.1mol/L 醋酸溶液中加入少量醋酸铵固体，测定混合溶液的 pH。实验结果是溶液 pH 增大。实验结论：醋酸铵溶液呈中性（因醋酸和一水合氨的电离

常数接近,故醋酸铵水解结果呈中性),却同样使醋酸溶液的pH增大,说明假设①错误,假设②正确。该实验给我们的启示是:教学中可选择一些抽象的理论作为实验研究的对象,以验证实验或探究实验形式将这些理论“物化”后,生动地展示在学生面前,以深化学生对该知识的认知。

(2) 组合技法 组合技法是把一些相关的化学实验按照某种关联因素或特征进行新的组合,构成新的实验方案的设计。爱因斯坦说过,为了满足人类的需要而找出已知装置的新的组合的人就是发明家。同样,将已有的化学实验按一些共同特征或功能进行合理组合,使其具有某种新的功能,也是对化学实验的一种创新。例如,典型化学反应与喷泉实验的优化组合——“铜和浓硝酸的反应——蓝色喷泉实验”。该实验的步骤是在烧瓶中滴加4mL浓硝酸,并在靠近橡皮塞(预先将石蜡熔融均匀涂抹在橡皮塞上)的长导管上缠上螺旋状粗铜丝,缓缓倒置烧瓶,接上一个盛水的塑料瓶,塑料瓶上连接一气球。现象是铜与浓硝酸即开始反应,红棕色气体由下而上充满烧瓶,空气被排出,塑料瓶中有气体逸出,逸出的少量气体被收集在气球中。当整个烧瓶充满二氧化氮气体时,用手挤压塑料瓶,使少量水进入烧瓶,立即形成美丽的蓝色喷泉。实验结束,烧瓶中剩余气体的体积约占烧瓶体积的1/3。这个组合创新实验的效果是实验将铜与浓硝酸反应的实验、二氧化氮与水反应的喷泉实验巧妙地组合在一起,装置简单、仪器少;两个反应连贯性强,一气呵成;操作简便,无污染(少量从水瓶中逸出一氧化氮被收集在气球中);实验现象明显,趣味性浓;既有定性的展示,又有定量的呈现。

运用组合技法设计化学实验应注意下列问题:①组合并不是几个化学实验的简单连接和共同演示,经过组合的实验应具有原先实验所不具有的教学功能,能获得 $1+1>2$ 的教学效果;②组合应是在对原先实验进行变形的基础上再将它们进行有机融合,切忌将一些不相干的实验生搬硬套地拼凑在一起;③组合的实验应易操作、仪器装置应简单明了。目前,有些通过组合而改进的实验有往“高、大、长”发展的趋势,组合的实验很复杂,分散了学生的注意力,这种做法不值得提倡。

(3) 强化(或弱化)技法 强化(或弱化)技法是强化(或弱化)某些实验条件,即增加关键的需要感知部分的强度(称正强化),或排除一些无关和次要的现象(称负强化)。例如,换用温度更高的热源、换用浓度或活性更大(或更小)的反应试剂,减小某些干扰因素的影响,改变试剂用量等,使实验的成功率更高,实验现象更加鲜明。

(4) 变换输出技法 变换输出技法是通过变换信息输出形式,使得实验现象更加鲜明、直观、观测更加方便。例如, CO_2 气体与NaOH溶液反应没有明显现象,为现象鲜明、直观地说明二者发生了化学反应,可设计如图1-2所示的四种实验装置,使“无”现象的反应转化成有现象的反应。

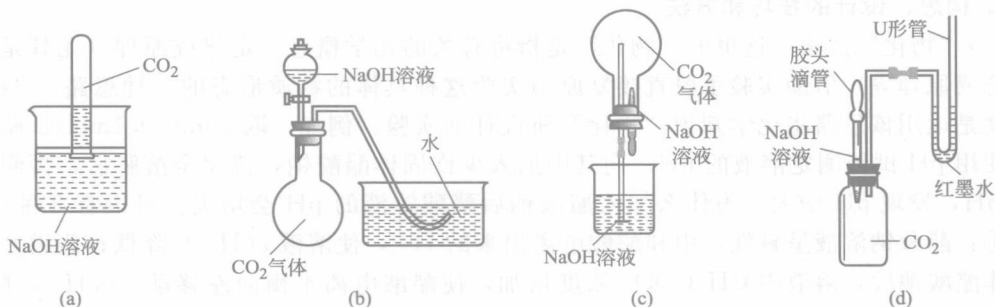


图1-2 CO_2 气体与NaOH溶液反应装置

(5) 技术置换技法 技术置换技法是通过某些技术要素的置换,达到使实验效果更佳,或者使实验更加简便等目的。被置换的技术要素可以是:①仪器或装置;②反应试剂;③条件和控制措施(例如用电加热技术代替常规灯加热技术)等。如实验室制 C_2H_2 ,教材上选用 CaC_2 与饱和食盐水反应,其反应速率难控制,且有 PH_3 和 AsH_3 等有毒气体产生,污染了环境。现可采用 16% 的 $NaOH$ 溶液代替饱和食盐水,一次性投入反应器就能达到满意的效果,且无 PH_3 、 AsH_3 逸出。同时,我们也欣喜地看到,新版初中化学教材中制氧气实验,反应原料已由 H_2O_2 取代 $KClO_3$,克服了 $KClO_3$ 分解有少量 Cl_2 产生的缺点,这也是绿色化设计得以应用的良好体现。

(6) 技术移植技法 技术移植技法是把某些比较成熟的实验构思、设计移植到类似的实验中,这实质上是一种类比迁移策略。例如,把加热的铂丝伸入盛有少量浓氨水的锥形瓶中,可以演示氨的催化氧化。仿照这一构思,把擦亮的铜丝在氧化焰上灼烧,在铜丝表面生成黑色氧化铜后,趁热伸入盛有 CO 或 H_2 的集气瓶,可以形成演示 CO 或 H_2 的还原性的新方案。

(7) 逆向技法 逆向技法是指沿着事物的相反方向,用反向探求的思维方式对现有的实验设计进行逆向思考,从而提出新的实验设计。例如,稀释浓 H_2SO_4 时,我们一般喜欢正向强调安全的实验操作,即将浓 H_2SO_4 沿器壁缓缓加入水中,且应边加边搅拌。但是,若反过来设计一个实验,将水加入浓 H_2SO_4 中这一违规操作造成的后果展示给学生,必将大大提高学生的安全意识(参见图 1-3)。

又如在演示用完碳棒(惰性电极)电解 $CuCl_2$ 溶液的实验,引导学生弄清电解原理后,将原实验中阴、阳两根电极(此时电极上已经附着红色的铜)调换再进行电解,一段时间后阳极的碳棒上附着的铜消失。显然将阴、阳两极调换后,可以为非惰性电极做阳极时的电解原理的学习设置探索情境。

(8) 化学实验仿真技法 “仿真”技法就是利用计算机多媒体系统进行模拟化学仿真实验。常规的、传统的化学实验不可避免地消耗许多药品和大量的水资源,尤其是对一些试剂昂贵、实验中容易引起爆炸或必须采用有毒、有害的试剂。如苯、苯酚、砷化物、重金属等的实验,并在整个实验中排放较多的有毒气体、有毒废水、给师生身体健康带来极大的危害,且对环境造成较大的破坏实验,采用计算机多媒体系统进行仿真实验显得尤为重要。

在实践中,化学实验设计的方法是灵活多变的,经常是多种方法的交叉与综合。而且,各种方法间没有绝对的界限,往往是互相渗透。上述实验设计方法和策略的概括,是为了启发思维,开拓探究的路径,而不应该成为思维的桎梏。

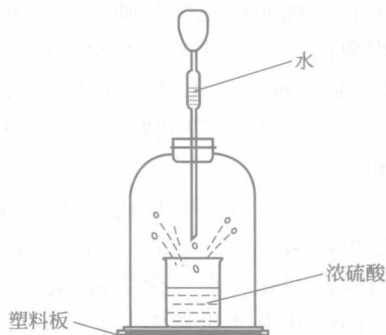


图 1-3 水加入浓硫酸的爆沸现象

第三节 “化学实验教学论” 学科发展历程、特征及设课目的

一、“化学实验教学论” 学科发展历程

学科产生和发展的过程实际上是学科的分化过程,高师“化学实验教学论”正是从“化学教学论”中逐步分化出来的一门学科。“化学教学论”学科发展经历了“中学化学教材教

法”、“中学化学教学法”到“化学教学论”几个阶段，而“化学实验教学论”和这些阶段的学科发展紧密相连。

我国的化学教育始于1865年。纵观这一百多年的历史，化学实验和化学教育、教师教育是密不可分的，这是因为化学是一门以实验为基础的学科，实验是化学学习的载体，在化学教与学中起着举足轻重的作用。

1932年，北京师范大学化学系正式开设了“中等学校化学教材教法”课程。1952年高师院校化学系均开设了“中学化学教材教法”课程。1957年北京师范大学、河北师范学院等编写和出版了《化学教学法讲义》一书，该书较系统地介绍了化学教学法的原理、专题研究和实验等内容。这是“化学教学论”学科发展的初创时期，“中学化学教材教法”学科中蕴含的一些化学实验研究的经验总结，也是“化学实验教学论”学科发展的萌芽时期。

20世纪80年代，《中学化学教材教法》、《中学化学教学法》、《中学化学教学论》等多部教材问世。1988年11月，原国家教委在北京师范大学化学系召开了“高等师范院校本科专业化学学科基本要求审订会。”与会的化学教育组的教授、专家学者在审订《高等师范院校化学系本科化学教学法课程基本要求（草案）》时，一致认为改用“化学教学论”这一名称代替“中学化学教学法”或“中学化学教材教法”、“化学教学法”等学科名称是必要的。此时，“化学教学论”学科名称得到了初步的统一，标志着该学科的确立。这一时期，有的师范大学开设的“化学教学论”课程，其中包含了“中学化学实验教学研究”内容，它主要是训练职前化学教师的实验基本操作，熟练掌握中学化学演示实验的技能，认识实验异常现象的原因，并进行实验改进等。例如，掌握“氧气的制取和性质”实验的方法，并探讨“氧气是一种无色无臭的气体，但用氯酸钾分解制得的气体常呈烟雾状，同时还带有刺激性气体，为什么？”等问题。典型化学实验的研究为“化学实验教学论”学科奠定了坚实的基础。

进入20世纪90年代，刘知新主编的《化学教学论》由高等教育出版社出版（1990），其后出版第二版（1997），获得国家教委优秀教材二等奖，该教材中包括化学实验及教学研究内容。刘知新在《化学教学论》（第一版）前言中建议各师范院校开设“化学教学论”课程，同时开设“化学实验教学研究”课程，以替代并加强原有课程中的实验部分。为与“化学教学论”教材配套使用，王希通（1990）主编《化学实验教学研究》；西南师范大学化学系（1991）编写《中学化学教学法实验》；梁慧妹，郑长龙（1996）著《化学实验论》；李广洲，陆真（1997）编写《化学教学论实验》；毕华林（1998）等主编《化学实验教学研究》，这些教材内容主要是从“化学教学论”课程中拓展延伸出来，多数涉及化学实验教学理论、化学实验研究，化学实验室的建设与管理等，上述多本教材面世，标志着“化学实验教学论”作为一门独立学科的初步确立。

随着21世纪初，第八次基础教育课程改革以来，“化学教学论”学科建设处于历史转型时期，日趋活跃。为适应基础教育新课程改革的需要，学界力图实现由“移植”研究转向“本体”研究，实现由“演绎”研究转向“归纳”研究，构建“化学教学论”学科理论的新体系，拓宽理论研究的新领域。这一时期，新版“化学教学论”教材中，有的仅仅含“化学实验教学研究”一章内容，有的完全省去这部分内容。“化学实验教学论”学科完全从“化学教学论”学科中分离出来，“化学实验教学论”学科也处在逐步深化发展，学科体系得到了较为完整的确立。例如，文庆城（2003）主编《化学实验教学研究》；郑长龙等（2003）编著《化学实验教学新视野》；李广洲，陆真（2006）编著《化学教学论实验》；肖常磊，钱扬义（2008）主编《中学化学实验教学论》；郑长龙（2009）主编《化学实验课程与教学论》；王磊（2009）主编《中学化学实验及教学研究》等。这些教材的编写在吸收和借鉴化

学实验和化学实验教学最新研究成果的基础上,大幅增加联系生活实际的实验、探究性实验、基于传感技术的实验及微型化学实验等,尤其是郑长龙(2009)率先提出了化学实验的课程理论,构建并拓宽了“化学实验教学论”学科的新视野,标志着“化学实验教学论”学科处于充实和发展时期。

“化学实验教学论”学科的形成和发展,大体上经历了四个阶段:“化学实验教学论”学科的萌芽期;“化学实验教学论”学科的依附期;“化学实验教学论”学科的初步确立期;“化学实验教学论”学科的充实和发展期。

目前,该学科的多个名称如“化学实验教学论”、“化学教学论实验”、“化学教学实验论”、“中学化学实验教学法”、“中学化学实验教学研究”,基本上是指同一门学科。同一学科,名称不一,反映学科学术性不严谨。我们认为,化学教学论是一门学科,其后,加上实验二字,逻辑上不够通顺;教育学中的教学实验是一种探讨教学因果规律的科学方法,而“化学教学实验论”中的教学实验和前者含义不同,同名歧义应当避免。因此,我们建议高等师范院校本科化学专业的有关学术共同体规范“化学实验教学论”作为该门学科的统一名称。

二、“化学实验教学论”学科特征

“化学实验教学论”课程既不同于大学化学基础实验课,又不同于中学化学实验研究课。其他化学实验课着重帮助学生认识和掌握本门学科的基础知识和基本技能。“化学实验教学论”学科特征表现为:一方面,它是以无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验为基础,以中学化学实验为研究载体,但绝不是单纯地去重复中学化学实验,而是师范生在熟练掌握典型中学化学实验操作的基础上,形成一定的实验设计和研究能力,初步掌握中学化学实验基本的教学方法和实验探究教学的基本能力,因而具有“教学性”;另一方面,由于“化学实验教学论”课程更多考虑的是实验的教学方法的因素,即如何成功地将化学实验运用于化学教学中。这就经常会遇到设计或选择实验的最优化方案,寻求实验仪器、药品的代用品或实验方法的改革与创新等问题,因而必须引导学生进行实验的设计及实验研究与探索等。因此,“化学实验教学论”课程具有明显的研究和探索的性质,具有探究性。除此之外,与其他化学实验课程比较,概括地说,还有如下几个方面不同:

- ① 实验课的目的和任务不同;
- ② 实验课的性质不同;
- ③ 学生对实验课内容熟悉程度不同;
- ④ 学生实验操作方式不同;
- ⑤ 学生学习方式不同。

三、“化学实验教学论”设课目的

“化学实验教学论”作为高等师范院校化学教育专业的一门必修课,其设置首先要符合学校人才培养的总目标——立足于基础教育的师资培养;其次要与时俱进,符合社会发展对师资培养的要求;最后是目标本身要切实可行,既不能高不可攀,也不能陈旧落后。为此,我们将“化学实验教学论”的设课目的概括如下:

- ① 理解化学实验教学目的和要求,熟悉中学实验教学内容及其知识体系;
- ② 掌握中学化学实验教学的特点、分类和功能;
- ③ 掌握中学化学实验教学的一般原理和主要教学模式,学会演示实验和探究实验教学的基本策略;

- ④ 了解化学实验教学评价的标准与方法；
- ⑤ 认识常用的化学仪器，并知道其用途，熟练掌握中学化学实验的基本操作技能和实验装置图的规范画法；
- ⑥ 掌握中学化学典型实验的操作，了解中学化学实验中的“异常”现象和疑难实验并能进行分析和解释；
- ⑦ 初步具备中学化学实验改进、优化和实验设计的基本能力；
- ⑧ 熟悉传感实验和微型化学实验的设计和制作，并能运用于化学实验教学；
- ⑨ 形成化学实验教学的能力。包括：观察能力、实验操作能力、设计实验教学的能力；根据教学目标，选择实验教学方式的能力；实验语言引导、讲解和演示进行实验教学的能力；组织和指导学生进行实验探究的能力；改进化学实验及实验教学研究的能力。

第二章 化学实验教学的基本原理

美国课程论专家泰勒的课程与教学的基本原理是围绕着4个中心问题运转的。他认为,如果我们要从事课程编制活动的话,就必须回答以下这些问题:①学校应该达到哪些教学目标?②提供哪些教育经验才能实现这些目标?③怎样才能有效地组织这些教育经验?④我们怎样才能确定这些目标正在得到实现。参照这一架构,我们将化学实验教学的基本原理确立为由化学实验教学目标、化学实验教学内容、化学实验教学模式及化学实验教学评价组成的体系。

第一节 化学实验教学目标

化学实验教学目标是对实验教学活动预期结果的标准和任务的规定或设想。实验教学活动的效果主要体现在学生的身心发展变化上,实验教学目标是通过一定的教学活动准备在学生身上实现的预期变化。它表现为对学生学习成果及其终结行为的具体描述,是在化学实验教学中所预期应该主动获得的全部经验,是化学教学目标的重要组成部分。

一、化学实验教学目标的分类

20世纪50年代以来,人们提出了不同的教学目标分类设想,影响较大的有美国布鲁姆的教学目标分类理论,加涅的学习结果分类,奥苏伯尔的教学目标分类等。依据布鲁姆的教学目标分类学,中学化学实验教学目标应包括认知、操作和情感三个领域的内容。

20世纪80年代以来,科学课程培养学生科学素养的宗旨得到国际科学教育的普遍重视。如何应对科学素养相匹配的化学实验教学目标?我国化学教学目标的内容一般地被确立为知识与技能,过程与方法,情感、态度与价值观的3维目标。与之相对应,化学实验教学目标的内容构成,也分为3个维度,即实验知识,实验能力和实验情感、态度与价值观。

1. 实验知识目标的内容及水平

化学实验知识目标的内容主要包括:化学实验事实知识;化学实验原理知识;化学仪器和药品方面的知识;化学实验安全方面的知识。

(1) 化学实验事实知识 主要指学生通过化学实验所获得的直接实验事实和通过查阅文献、上网、访问他人等其他方式获得的间接实验事实。通常,化学实验事实知识包括反映物质的性质、存在、制法和用途等多方面内容的元素化合物知识。例如,二氧化碳气体能使澄清的石灰水变浑浊是实验事实,是一性质判断。

(2) 化学实验原理知识 是指化学实验过程所遵循的化学理论依据。例如,酸碱中和滴定实验,其遵循的化学原理是酸碱中和反应的实质,即酸和碱反应时,酸溶液中的氢离子和碱溶液中的氢氧根离子相结合,生成水。实验操作不仅仅是一个“做”的问题,要想主动地做和能动地做,必须首先明白为什么要这样做,也就是要弄清楚有关操作的原理。因此,操

作原理知识也是重要的化学实验原理知识。

(3) 化学仪器和药品方面的知识 主要指常见化学药品的颜色、状态、浓度、主要化学性质以及存放、取用等知识；常见化学实验仪器的名称、构造、规格、用途、操作、连接等知识。

(4) 化学实验安全方面的知识 主要包括化学实验中易燃、易爆、有毒和腐蚀性药品的使用、贮存，以及一些安全操作和防止事故发生的知识。例如，氢气、一氧化碳、甲烷等混合气体的安全点燃操作；稀释浓硫酸等。

上述目标主要分为三级水平（见表 2-1）：了解、理解、应用。

表 2-1 化学实验知识目标的水平

水平	含义	对应的行为动词
了解	再认和回忆知识；识别、辨认事实或证据；举出例子；描述对象的基本特征等	知道、记住、认识、说出、列举、描述、找到等
理解	把握内在逻辑关系；与已有知识建立联系；进行解释、区分和扩展；提供证据；收集、整理信息	看懂、辨认、识别、区分、能表示、比较、理解、解释、说明、判断、预期、分类、归纳、概述等
应用	在新情境中使用抽象的概念、原则；进行总结、推广；建立不同情境下的合理联系等	评价、优选、使用、解决、检验、证明、设计

2. 实验能力目标的内容及水平

操作技能，主要包括仪器、药品的使用 and 选择，仪器的洗涤、气体的收集、过滤、蒸发、加热等基本操作。物质的制取（或合成）实验、物质的分离与提纯实验和物质的表征（检验、鉴别与鉴定）实验等综合操作。

基本过程技能，指观察、推断、预测、分类、测量、交流等技能。

化学实验技能目标的水平见表 2-2。

表 2-2 化学实验技能目标的水平

水平	含义
初步学习	在教师指导（讲解或示范操作）下进行实验操作。该层次的操作主要表现为机械模仿，规范性与协调性比较差，参与意识不强
初步学会	在教师指导下，能够正确地进行操作。该层次的操作表现为学生动作基本规范、协调，基本能做到会拿、会放、会接、会调、会测

例如，初中化学课程标准（2011年版），规定了初中学生的化学实验技能应达到如下要求：

- ① 能进行药品的取用、简单仪器的使用和连接、加热等基本的实验操作；
- ② 能在教师指导下根据实验需要选择实验药品和仪器，并能安全操作；
- ③ 初步学会配制一定溶质质量分数的溶液；
- ④ 初步学会用酸碱指示剂、pH 试纸检验溶液的酸碱性；
- ⑤ 初步学会根据某些性质检验和区分一些常见的物质；
- ⑥ 初步学习使用过滤、蒸发的方法对混合物进行分离；
- ⑦ 初步学习运用简单的装置和方法制取某些气体。

实验探究能力，主要包括：发现和提出问题、猜想与假设、实验设计、控制实验条件与操作、收集证据、得出结论、反思与评价、讨论与交流等能力。

化学实验探究能力目标的构成要素及目标水平见表 2-3。