

高等学校教材

化学实验课程 与教学论

郑长龙 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

化学实验课程 与教学论

郑长龙 主编

高等教育出版社

内容提要

本书以培养师范生化学实验教学的基本从教能力为主旨,以实验课程与实验教学相整合、教学实验研究为实验教学服务为指导思想,紧密结合我国基础教育中化学实验课程、教材与教学改革的实际,在吸收和借鉴化学教学实验和化学实验教学最新研究成果的基础上,构建了“化学实验课程与教学论”的新体系。

全书分为3大部分,共15章。第1部分是科学视角下的化学实验研究,在阐述了化学实验的发展和价值的基础上,论述了化学实验的含义、特点、构成、分类及主要的实验方法。第2部分是课程与教学视角下的化学实验研究,对化学实验课程与教学目标和内容、化学实验学习与评价,化学实验教学及改革等基本理论问题进行了探讨。第3部分是作为实验教学载体的化学实验(也就是化学教学实验)研究,共选取了32个实验。

本书可作为化学教育专业本科教材,也可供相关专业和研究人员选用。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验课程与教学论/郑长龙主编. —北京:高等教育出版社,2009.8

ISBN 978-7-04-024548-6

I. 化… II. 郑… III. ①化学实验-教学研究-师范大学-教材②化学实验-教学研究-中学 IV. G633.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第103212号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京明月印务有限责任公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2009年8月第1版
印 张	22.25	印 次	2009年8月第1次印刷
字 数	410 000	定 价	28.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24548-00

前 言

本书是为高等院校化学教育专业本科生编写的教材,也可列为各类教育学院和教师进修学院开展化学教师新课程培训和继续教育的阅读书目,还可供化学课程与教学论专业的研究生和化学教育理论与实践研究人员参考。

“化学实验课程与教学论”是研究中学化学实验课程、中学化学教学实验和中学化学实验教学一般规律的一门学科,是以培养高等学校化学教育专业本科生化学实验教学基本从教能力为目标的一门必修课程。化学实验教学从教能力是中学化学教师的基本能力之一,具有较为丰富的内涵,概括起来主要包括以下4方面能力:

- 中学化学实验课程与教材的驾驭能力。
- 中学化学实验教学的设计与实施能力。
- 中学化学教学实验的研究能力。
- 中学化学实验教学的研究能力。

这4方面能力的培养,实际上也就是化学实验课程与教学论课程的基本功能。以往的课程和教材,更多关注的是中学化学教学实验研究能力的培养问题,而对本课程其他3方面功能或没有体现,或体现不够。

明确课程的功能定位,对于确立本课程的名称具有重要作用。长期以来,本课程名称不一,称谓较多。例如,“中学化学实验研究”、“化学实验教学研究”、“化学教学论实验”等等。从已正式出版的教材来看,多数是只(或主要)涵盖了“中学化学教学实验的研究能力培养”的功能,对“中学化学实验教学的设计与实施能力的培养”功能虽略有涉及但欠全面,而对本课程另外两方面功能则较少涉及。因此,本教材在对实验课程与实验教学、教学实验与实验教学、教学实验研究与实验教学研究相区分的基础上,通过“化学实验课程与教学论”的名称概括,来体现本课程的功能。

为了落实课程的功能,本教材在内容的选择、组织和呈现上,力求有所突破、有所创新。全书共15章,分为3大部分。

第1部分,科学视角下的化学实验研究(第1章)。主要是从本体论维度叙述了化学实验的发展,从价值论维度阐述了化学实验使化学成为一门科学,从认

识论维度论述了化学实验的含义、特点、构成及分类,从方法论维度介绍了主要的实验方法。

第2部分,课程与教学视角下的化学实验研究(第2章~第5章)。基于课程与教学整合的思想,对化学实验课程与教学目标的发展、类型、区别、构成及表述(第2章),化学实验课程内容、化学实验教科书内容和化学实验教学内容的选择与组织(第3章),化学实验学习的类型、特点、学习方式和评价(第4章),化学实验教学形式、化学实验探究教学、化学实验教学改革和化学实验教学研究(第5章)等基本理论问题进行了探讨。

第3部分,作为实验教学载体的化学实验(也就是化学教学实验)研究(主要是第6章~第14章)。在探讨了化学教学实验的类型、确定要素及其功能的基础上(第5章),选取了32个实验作为教学实验研究内容。这些实验主要包括3个方面:按照化学科学实验的内容逻辑,选取了“物质的制备实验”(第6章)、“物质的分离实验”(第7章)、“物质的检测实验”(第8章)和“物质的性质及变化规律实验”(第9章)等4类研究内容;依据化学教学实验改革的趋向(趣味化、生活化、绿色化和数字化),选取了“趣味化学实验”(第10章)、“生活化学实验”(第11章)、“微型化学实验”(第12章)和“手持技术实验”(第14章)等4类研究内容;此外,针对中学教学实验中经常出现的“异常”实验现象,选取了“‘异常’化学实验现象研究”(第13章)内容。

在体系和内容创新的基础上,本教材还力求在呈现形式上有所突破。在理论部分,为了便于读者理解有关理论和观点,设计了“资料卡片”和“案例”等栏目;在实验部分,设计了“研究背景”、“研究目的”、“研究方法”、“研究方案”、“研究资料”和“问题与建议”等栏目。

本课程2学分,40学时。其中,理论部分20学时。教学时,各学校可根据实际情况,选择理论和实验部分的教学内容。由于化学教学实验研究的目的是为了更好地开展化学实验教学,因此,在本课程教学中,还应安排一定课时的化学实验模拟教学,将化学教学实验研究与化学实验教学有机地结合起来。

参加本书编写的有:东北师范大学郑长龙教授、王秀红教授、周仕东副教授、盖立春博士、李艳梅博士、姜鹏博士、刘瑞博士和秦丽丽老师,山东师范大学毕华林教授、亓英丽老师,陕西师范大学杨承印教授,西南大学李远蓉教授,华南师范大学钱扬义教授、肖常磊老师,安徽师范大学江家发教授、熊言林副教授,天津师范大学靳莹副教授,渤海大学王淑娟教授,鞍山师范学院孙小媛教授。东北师范大学化学基础教学实验中心贺庆林教授审读了第6~14章内容,并提出了修改意见。全书由郑长龙教授统稿和定稿。在书稿撰写过程中,编写人员参考了国内外有关的文献,有的还直接作了引用,在此深表谢意。

本书的出版得到了高等教育出版社的大力支持,鲍浩波和郭新华同志为此

付出了辛勤劳动；书稿由潘鸿章教授主审，并提出了宝贵意见，在此，一并表示衷心的感谢。

本书虽经作者认真编写与修改，但由于水平有限，缺点和错误在所难免，还望广大读者提出宝贵意见。

郑长龙
2008年12月

目 录

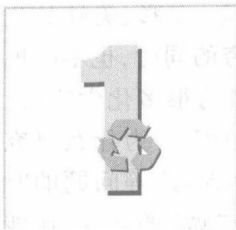
第 1 章 化学实验与实验方法论	1
§ 1.1 化学实验使化学成为一门科学	2
一、化学实验的发展	2
二、化学实验的价值	4
§ 1.2 认识化学实验	7
一、化学实验的含义	7
二、化学实验的特点	7
三、化学实验的构成	9
四、化学实验的分类	11
§ 1.3 实验方法论	13
一、实验问题的确定方法	13
二、实验方案的设计方法	17
三、实验条件的控制方法	19
四、实验观察与记录方法	20
五、实验结果的处理方法	21
思考题	23
第 2 章 化学实验课程与教学目标	25
§ 2.1 化学实验课程与化学实验教学	26
一、化学实验课程	26
二、化学实验教学	29
§ 2.2 化学实验课程目标	31
一、化学实验课程目标的发展	31
二、化学实验课程目标及类型	35
§ 2.3 化学实验教学目标	38
一、化学实验教学目标与化学实验课程目标	38
二、化学实验教学目标的构成及表述	39
思考题	42
第 3 章 化学实验课程与教学内容	43

§ 3.1 化学实验课程内容	44
一、传统化学实验课程内容存在的问题	44
二、化学实验课程内容的选择依据	46
三、化学实验课程内容的组织与呈现	48
四、“实验化学”课程内容体系	50
§ 3.2 化学实验教科书内容	52
一、化学实验教科书内容体系	52
二、化学实验教科书内容的选择与组织	55
§ 3.3 化学实验教学内容	60
一、化学实验教学内容的含义	61
二、化学实验教学内容的类型	64
思考题	77
第4章 化学实验学习与评价	78
§ 4.1 化学实验学习特点	79
一、化学实验学习类型	79
二、化学实验学习特点	81
§ 4.2 化学实验学习方式	84
一、化学实验学习方式的基本特征	84
二、常见的化学实验学习方式	87
§ 4.3 化学实验学习评价	90
一、化学实验学习评价的基本要求	91
二、化学实验学习评价方式	92
思考题	96
第5章 化学实验教学与改革	97
§ 5.1 化学教学实验的类型	98
一、基于实验主体的分类	98
二、基于实验内容的分类	99
三、基于实验活动方式的分类	101
四、确定中学化学教学实验的三要素	101
§ 5.2 化学教学实验的功能	103
一、化学教学实验的认识论功能	104
二、化学教学实验的方法论功能	105
三、化学教学实验的教学论功能	106
§ 5.3 化学实验教学形式	109
一、演示实验教学	110
二、随堂实验教学	112

三、实验室实验教学	114
§ 5.4 化学实验探究教学	115
一、探究实验与实验探究	115
二、化学实验探究教学的内容	118
三、化学实验探究教学的模式	119
四、化学实验探究教学的策略	124
§ 5.5 化学教学实验及其教学改革	126
一、化学教学实验改革	126
二、化学实验教学改革	130
§ 5.6 化学实验教学研究	133
一、化学实验教学研究的主要内容	133
二、化学实验教学研究的基本方法	136
三、化学实验教学研究方法的改革	139
思考题	140
第 6 章 物质的制备实验研究	141
实验 1 纯碱的制备	142
实验 2 氢氧化铝的制备	146
实验 3 氨的催化氧化制硝酸	149
实验 4 硫酸亚铁铵的制备实验	153
第 7 章 物质的分离实验研究	159
实验 5 菠菜中色素的提取与分离	160
实验 6 纸上层析分离甲基橙和酚酞	164
实验 7 海带中碘的提取	169
实验 8 茶叶中咖啡因的提取	171
实验 9 食盐的精制	175
第 8 章 物质的检测实验研究	180
实验 10 茶叶中某些元素的检验	181
实验 11 食醋中醋酸含量的测定	186
实验 12 抗贫血药物中铁含量的测定	192
实验 13 阿司匹林药片中有效成分含量的测定	196
实验 14 酸碱滴定曲线的测绘	201
实验 15 污水中化学需氧量的测定	206
第 9 章 物质的性质及化学反应规律实验研究	212
实验 16 金属镁、铝、锌化学性质的比较	213

实验 17 胶体的性质	216
实验 18 电浮选凝聚法处理污水(自制化学电池)	220
实验 19 亚甲基蓝的振荡反应	223
实验 20 温度、浓度对化学反应速率影响的探究	227
第 10 章 趣味化学实验研究	230
实验 21 火系列实验	231
实验 22 水系列实验	239
第 11 章 生活化学实验研究	247
实验 23 香烟烟雾中毒物的检验	248
实验 24 豆腐中钙质和蛋白质的检验	252
实验 25 含氯消毒液性质、作用的探究	256
实验 26 饮料总酸含量及维生素 C 含量的测定	262
第 12 章 微型化学实验研究	267
实验 27 微型气体发生器的制作与性能研究	269
实验 28 乙酸乙酯制备的微型化研究	272
第 13 章 “异常”化学实验现象研究	276
实验 29 自来水遇酚酞变色现象的探究	277
实验 30 过氧化氢实验“异常”现象的探究	282
第 14 章 手持技术实验研究	287
实验 31 利用手持技术测定胃药制酸力	288
实验 32 用手持技术测定中和热	293
第 15 章 中学化学实验室的建设和管理	298
§ 15.1 中学化学实验室的建设	299
一、中学化学实验室建设的基本要求	299
二、化学实验室主要设备的建设	301
三、掌上实验室的建设	303
§ 15.2 中学化学实验室的管理	306
一、化学试剂的管理	306
二、化学仪器的管理	309
三、化学实验室的“三废”处理及综合利用	310
四、化学实验中常见事故的预防与急救	315

附录	318
附录 1 实验室常用酸、碱溶液的密度、浓度及配制方法	318
附录 2 几种常见的酸碱指示剂	319
附录 3 常用有机溶剂沸点和相对密度表	320
附录 4 常见离子的颜色	320
附录 5 常见无机化合物的特征颜色	321
附录 6 部分物质的溶解性表	321
附录 7 常用实验仪器介绍	322
附录 8 实验室安全守则	337
参考文献	338



第1章 化学实验与实验方法论

通过本章学习,你应该:

学习目标

- ◆ 了解化学实验的发展史,体会化学实验在促进化学科学发展方面的重要价值。
- ◆ 知道化学实验的含义、特点、构成及类型。
- ◆ 初步学会实验问题的确定方法、实验方案的设计方法、实验条件的控制方法、实验观察与记录方法和实验结果的处理方法。

内容要目

- ◆ 化学实验使化学成为一门科学
- ◆ 认识化学实验
- ◆ 实验方法论

一谈起化学课,可能给你印象最深的就是化学实验。神奇、多彩、美妙的化学实验现象曾深深地吸引了你,在感叹化学物质世界奥妙无穷的同时,也不时地使你产生探寻化学物质变化原因的冲动。尽管观察了老师做的很多化学实验,自己也亲自做了一些化学实验,然而,当问你“什么是化学实验”、“为什么研究和学习化学时必须要进行实验”、“怎样科学地开展化学实验活动”等问题的时候,你还能较为准确地回答出来吗?其实,化学实验不仅仅是“做”的问题,还涉及“为什么做”和“怎么做”的问题,也就是有关化学实验的认识论和方法论问题。

§1.1 化学实验使化学成为一门科学

化学实验与化学科学紧密地联系在一起,这是几乎所有学过化学的人们都能达成的共识。化学实验既是化学科学的重要组成部分,同时,也为化学科学的形成与发展作出了重要贡献。化学实验发展的历史,在一定意义上说,就是化学科学发展历史的一个缩影。因此,要想认识化学实验在化学科学发展过程中的独特价值,非常有必要了解化学实验的发展历程。

一、化学实验的发展

资料卡片

1.1 化学实验发展的分期

化学实验是化学科学赖以产生和发展的基础,从其发展过程来看,大致经过了早期的化学实验(从远古时代到17世纪)、近代化学实验(17~19世纪)和现代化学实验(20世纪~至今)等3个发展时期。

摘自梁慧妹,郑长龙.化学实验论.南宁:广西教育出版社,1996:1.

1. 早期化学实验

从远古时代到17世纪,人们从事了许多与人类的生产、生活有关的化学工艺性实践活动,这些活动可以看做是早期的化学实验。

制陶、冶金和酿酒是人类最早从事的化学工艺性实践活动。原因之一是源于人类在100万年前对火的利用,“火”成为从事这些化学工艺性实践活动的基本的和主要的手段。“炼金术”^①可以称作化学实验的原始形式。从事炼金活动

^① “炼金术”在中国也称“炼丹术”。

的作坊,具有了化学实验室的雏形;炼金活动中,炼金家们认识了许多天然矿物,积累了一些化学实验操作的经验,发明了多种化学实验器具。炼金术由于缺乏科学基础,屡遭失败,所以在15~16世纪变得声名狼藉,而化学实验则开始在医学和冶金等一些实用工艺中发挥作用并得到发展。

2. 近代化学实验

17~19世纪,是近代化学实验时期。随着欧洲机器大生产方式的诞生和工业革命的进行,以及天文学、物理学等学科的重大突破,化学实验终于冲破了炼金术的桎梏,找到了自身科学的发展轨道。

化学实验之所以在近代成为科学实验,是与波义耳(R. Boyle)和拉瓦锡(A. L. Lavoisier)这两位伟大的化学实验家分不开的。他们亲身进行化学实验研究,并在此基础上提出了很多科学的化学实验理念,总结、提炼和概括了很多化学实验的认识论和方法论思想。波义耳认为,只有运用严密和科学的实验方法才能够使化学确立为科学;“化学,为了完成其光荣而庄严的使命,就不能认为到目前为止的研究方法是正确的,而必须抛弃传统的思辨方法”,只有这样,化学才能像“已经觉醒的天文学和物理学那样,立足于严密的实验基础之上”;^①“不应该把理性放在高于一切的位置,知识应该从实验中来,实验是最好的老师”,^②“没有实验,任何新的东西都不能深知”,“空谈无济于事,实验决定一切”。^③波义耳的这些思想较为全面和科学地阐述了化学知识的来源、化学实验与化学知识的关系、化学知识的检验标准等认识论问题。拉瓦锡是“明确提出把量作为衡量尺度,对化学现象进行实验证明的第一位化学家”,^④他特别善于发挥天平在化学研究中的作用,重视对化学物质及其变化进行定量研究,他通过定量实验揭示了“水变成土”以及“火粒子”学说、“燃素说”的谬误,并建立了氧化学说,确立了“质量守恒定律”。他指出:“在任何情况下,都应该使我们的推理受到实验的检验,除了通过实验和观察的自然道路去寻求真理以外,别无他途。”^⑤拉瓦锡的定量实验研究思想,极大地丰富和发展了化学实验方法论,对化学实验从定性向定量的发展产生了重要而深远的影响,成为近代化学实验发展史上的里程碑。

正是在化学科学实验认识论和方法论的影响下,近代化学家们进行了一系列为后人所赞叹的经典实验,极大地促进了化学科学的发展。道尔顿(J. Dalton)通过实验发现了倍比定律,这一实验定律成为道尔顿提出化学原子论的重

① 山岗望. 化学史传. 东京:日本内田老鹤圃新社,1979:19.

② 袁翰青,应礼文. 化学重要史实. 北京:人民教育出版社,1989:23.

③ 赵匡华. 化学通史. 北京:高等教育出版社,1990:64.

④ 丁绪贤. 化学史通考. 北京:商务印书馆,1935:79.

⑤ 拉瓦锡. 化学纲要序言. 自然科学哲学问题丛刊,1984(4):24.

要基石;盖·吕萨克(J. L. Gay-Lussac)通过实验发现了气体化合体积定律,阿伏加德罗(A. Avogadro)为解释这一实验定律,提出了“分子”的概念,创立了著名的“分子假说”;维勒(F. Wohler)通过实验用无机物合成出了尿素,动摇了“生命力论”的基础,开辟了用无机物合成有机物的新天地;伏打(A. Volta)通过实验发明了电池,化学家应用这一新的实验手段来引发化学反应,导致了电化学的诞生和发展。此外,近代化学家通过实验还开辟了化学热力学和化学动力学两大研究领域。

3. 现代化学实验

19世纪末20世纪初,以电子、X射线与放射性元素等震惊整个自然科学领域的3大发现为标志,化学实验进入了现代发展阶段。在这一时期,化学实验无论是研究内容、研究方法与手段,还是研究规模等方面,都得到了快速的发展。

1897年,英国科学家J. 汤姆生(J. J. Thomson)对阴极射线进行了定性和定量的研究,测定了阴极射线中粒子的荷质比,并将比原子还小的粒子命名为“电子”,从而动摇了“原子不可分”的传统化学观;1901年,卢瑟福(E. Rutherford)和英国化学家索迪(F. Soddy)进行了一系列的合作实验研究,发现了镭和钍等放射性元素具有蜕变现象,并据此提出了著名的“元素蜕变假说”,从而打破了“元素不能变”的传统化学观。电子、放射性和元素蜕变理论奠定了化学结构测定实验的理论基础,结构测定实验成为现代化学实验的重要研究内容。

化学实验手段和方法是制约化学实验研究水平的一个非常重要的因素。近代化学实验手段的特点主要体现在形成了一套比较完整的化学实验常规仪器和设备,尤其是玻璃仪器;而现代化学实验手段的特点更多地体现在应用了很多灵敏、精确和快速的分析测试仪器,如红外光谱、核磁共振、质谱、X射线衍射、光电子能谱、扫描电镜、电子探针、四圆衍射仪等。与化学实验手段相适应,近代化学实验方法主要是使用玻璃仪器的一些方法,如系统定性分析法、重量分析法、滴定分析法等;而现代化学实验方法更多的是使用现代分析测试仪器的一些方法,如光学分析法、极谱法、色谱法、质谱法等。

化学实验手段的现代化也为化学实验研究内容的发展奠定了基础。化学合成实验之所以成为现代化学实验的重要研究内容之一,一个很重要的原因是得益于现代化学实验手段的广泛应用。

二、化学实验的价值

通过回顾化学实验的发展历程可以发现,没有化学实验,就不可能有近、现代化学,正是化学实验,打开了近代化学之门,使化学成为一门科学;正是化学实验,为化学科学奠定了坚实的基础,极大地推动了化学科学的发展。

1. 化学实验使得人们对物质及其变化的认识具有深刻性

探索物质及其变化的一般规律是化学科学的重要使命。在古代,人们运用观察方法从整体上、外观上获得了一些有关物质及其变化的规律性,例如,早在商周时期人们通过观察就发现炭是比木柴更好的燃料,因而运用这一发现逐步学会了用木炭来冶炼金属。然而,这些发现还只是一些自然状态下粗浅、表面的认识,相对于物质及其变化的本质来说,还不甚深刻。

同观察相比,化学实验可以创设和控制实验条件,使得物质及其变化显露出通过自然观察所不能得到的一些特征和规律。例如,稀有气体存在于空气中(除氦外),要认识每一种稀有气体的性质,就需要把它们一个一个地从空气中分离出来,分别进行研究,以排除氮、氧和二氧化碳等物质可能产生的干扰。为此,人们发明了空气液化装置,在低温和 20 MPa 条件下制得液化空气,再经过分级蒸馏、继续蒸馏以及一系列的化学处理,制得了以氩为主的稀有气体;然后,再采用低温分馏或低温选择性吸附的方法,从混合的稀有气体中将其组分分离出来。低温、高压,就是人为创设的实验条件,正是在这样的条件下,实现了对稀有气体较为深刻的认识。

2. 化学实验使得人们对物质及其变化的认识具有精确性

精确性是科学的一个重要属性。所谓精确性是指一个事物在质和量两个方面所具有的非常明确、确定的属性。例如,对于水分子来说,水是由氢、氧两种元素组成的,水是极性分子,这是对水分子从质的方面的明确描述;而一个水分子含有两个氢原子和一个氧原子,氢氧两种元素的原子个数比为 2 : 1,质量比为 1 : 8,水分子中 H—O 键的键能是 460 kJ/mol,键角是 104.5°,这是对水分子从量的方面的明确描述。正是有了对水分子在质和量两个方面的较为确切的描述,才使得人们对水分子的认识具有了一定的精确性。当然,精确性也是化学家孜孜以求的一个重要目标,精确、再精确、更精确……正是在这样的目标导引下,化学家不断地追求超越、追求卓越,从而达到对物质及其变化的本质更为精确的认识。

那么,如何达到对物质及其变化的本质更为精确的认识呢?化学实验,尤其是定量化学实验是达到这一目的的根本途径和手段!化学家正是运用实验方法获得了对物质及其变化的精确认识。例如,英国科学家雷利(Rayleigh)利用两种不同的方法(物理方法和化学方法)制取氮气,测定出来的氮气密度并不相同,两者相差 0.006 4 g/L。雷利在百思不得其解的情况下,只好在 1892 年 9 月 29 日的《自然》杂志周刊上公开征求答案。拉姆塞(S. W. Ramsay)欣然与雷利合作,他们除去了空气中的氧气、氮气、二氧化碳和水蒸气,最后残留的未知气体的体积为原来空气体积的 1/80。通过对未知气体进行光谱分析,确认它是一种新元素。这种新元素后来被命名为 Argon(氩)。基于对 0.006 4 g/L 的微小差

异的定量实验探究,导致了一种新的化学元素的发现,从而使人们对稀有气体有了更为精确的认识。

3. 化学实验使得人们对物质及其变化的认识具有真理性

在自然界中时时刻刻都在发生着丰富多彩的化学变化,这是客观存在的,是不以人的意识为转移的,具有客观性。而各种各样的化学知识是人们对丰富多彩的化学变化的认识而获得的,具有主观性。主观的东西是否真实地反映了客观,在多大程度上反映了客观,这些问题实质上就是作为人们认识物质及其变化的成果——化学科学知识的真理性问题。

任何科学知识都存在真理性的确认问题,化学科学知识也是如此。那么,如何确认化学科学知识的真理性呢?在化学科学研究领域中,化学实验是确认化学科学知识“真理性的客观标准”^①。化学史上无数化学知识的产生过程都可以为化学实验的这一独特功能和价值作出诠释。例如,电池的发现。

1780年意大利生物学家伽伐尼(L. Galvani)为给妻子治病,遵医嘱买了不少青蛙。当用解剖刀除去青蛙腿皮时,已死去的青蛙竟然发生了抽搐。他联想起以前做静电实验时不慎触电而使身体肌肉发生颤抖的情形,断定青蛙的抽搐可能是受到电击的结果。为了探索触电与青蛙腿抽搐的关系,伽伐尼做了3个实验:将避雷针与死青蛙相连,当打雷时,青蛙的大腿发生颤抖;用一枝铜钩插入死青蛙的脊髓中,再挂在铁栏杆上,当青蛙腿碰到铁栏杆时,就发生颤抖;将青蛙放到铜制的解剖盘里,当解剖刀接触蛙腿时,蛙腿发生抽搐。他根据上述实验得出:青蛙腿抽搐与外电源无关;青蛙自身肌肉和神经里的“生物电”是导致抽搐的原因。1791年,伽伐尼发表了《论肌肉中的生物电》论文,引起广泛关注。善于质疑的化学家伏打,对伽伐尼的研究提出了两点疑问:死去的青蛙怎么还能产生“生物电”;为什么只有青蛙腿和铜器、铁器接触时才会抽搐?于是,伏打开始了实验研究。将青蛙腿放在铜盘里,用解剖刀去接触,蛙腿抽搐;将青蛙腿放在木盘里,用解剖刀去接触,蛙腿不动。经过大量的实验,伏打推翻了伽伐尼的结论,认为,蛙腿抽搐与否,不是与所谓的“生物电”有关,而是与金属有关。

“可错性是人的本性,同时也是科学的属性”。^②正如著名科学哲学家波普尔(K. Popper)所说:“科学是可以有错误的,因为我们是人,而人是会犯错误的”。^③化学科学知识作为科学知识大厦的重要组成部分,同样也具有真理性 and 可错性。化学实验通过“证否”来纠正化学科学知识中的“错误”部分,通过“证

① 梁慧姝,郑长龙. 化学实验论. 西宁:广西教育出版社,1996:97.

② 刘瑞,郑长龙. 展现科学探究个人的一面——波普尔科学知识增长论的视角. 化学教育,2008(5):9.

③ 卡尔·波普尔. 猜想与反驳:科学知识进化论:波普尔科学哲学选集. 纪树立编译. 北京:生活·读书·新知三联书店,1987:43.