

中学化学实验 研究导论

吴俊明 编著

江苏教育出版社

中学化学实验研究导论

吴俊明 编著

江苏教育出版社

中学化学实验研究导论

吴俊明 编著

责任编辑 王瑞书

出版：江苏教育出版社
(南京市马家街 31 号, 邮政编码: 210009)

发行：江苏省新华书店

印刷：江苏苏中印刷厂
(泰州市南门鲍徐, 邮政编码: 225521)

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10.375 字数 250,000
1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-5343-3177-3

G · 2891

定价: 13.60 元

江苏教育版图书若有印刷装订错误, 可向承印厂调换

前 言

化学实验是中学化学教学的重要基础。积极推行和改进中学化学实验研究,有利于搞好中学化学教学,进一步提高中学化学教学质量,适应社会主义现代化建设需要。

一个高水平化学教师应该具备较强的实验教学和实验研究能力。在即将到来的 21 世纪,人才竞争将更加剧烈,高水平教师将更加紧缺。这必将推动中学教师进修出现新的高潮,推动师范院校本科生课程进一步深入改革,推动学科教育研究有较大的新发展。

为了促进中学化学实验研究,满足中学化学教师进修、提高以及化学教育专业研究生和本科生教学需要,作者编写了本书。1987 年初,作者曾经编写过一本《中学化学实验研究》讲义供中学教师进修培训使用。该讲义着重阐述实验研究的方法论问题,取得了较好的效果,以后曾被多次加以修改。这本《中学化学实验研究导论》以此为基础,作了较多的增补和变动:把中学化学实验研究分为系统研究、认知性研究、技术性研究、教学研究和发展研究等类型,分别加以讨论,尝试按照新分类体系来编写。本书仍着重阐述中学化学实验研究的方法论问题,内容既有经验的概括、总结,又有理论的探索、讨论以及基础知识的介绍;除了一般的方法以外,还分章简要地介绍试验设计方法、控制和测量以及数据处理方法。

评价问题是实验研究的重要课题之一。本书把不同类型评价问题分散在各有关章节中,未集中于一章,只是为了叙述的方便。为了说明某些内容,书中列举了一些研究实例。它们大多是作者从身边资料中信手撷取供读者参考的,不表明作者对研究结果的肯定,更不表明对研究领先地位的认定。

本书承刘知新先生审稿,并给予很多帮助。在此,谨向刘先生以及被引用文献资料的作者表示谢意。

化学实验研究的涉及面很广,许多问题有待于深入开展研究。这本《导论》以中学化学实验研究为讨论的主要对象,具有探索性质,“抛砖引玉”是其编写意图之一。作者水平有限,本书中错误和不足之处尚祈读者不吝批评指正。

吴俊明

1996 年春于上海

目 录

绪言	1
一、中学化学实验研究需要提高科学水平	1
二、提高中学化学实验研究科学水平的途径	3
三、要学习和研究中学化学实验研究方法论	4
第一章 中学化学实验系统研究	7
第一节 中学化学实验的意义	7
一、科研中的化学实验与教学中的化学实验	7
二、“黑板实验”和“叙述实验”问题	8
三、中学化学教学尤其离不开化学实验	10
第二节 中学化学实验的形成	17
一、化学作为实验科学的形成	17
二、早期的化学实验教学	19
三、中学化学实验和中学化学实验教学的形成	20
四、中学化学实验的渊源	22
第三节 中学化学实验的特点和基本要求	26
一、中学化学实验的特点	26
二、中学化学实验的基本要求	28
第四节 中学化学实验的分类	30
一、根据实验内容和教学目的分类	30
二、根据实验主体进行分类	32
三、根据实验场所进行分类	32
四、根据实验手段分类	34
五、根据实验在教学过程中的作用分类	34
六、其他分类方法和综合分类	35
第五节 中学化学实验的系统分析	36

一、中学化学实验的要素	36
二、中学化学实验的科学基础和技术基础	38
第二章 中学化学实验研究的一般方法	41
第一节 中学化学实验研究的目的、分类和一般过程	41
一、中学化学实验研究的目的和分类	41
二、中学化学实验研究的一般过程	43
第二节 课题的选择和确定	46
一、意义	46
二、问题是孕育课题之源	47
三、课题选择的标准	48
四、课题的确定	49
五、寻找题材的系统方法	51
六、课题创新与新领域开拓	52
第三节 有关文献及其检索	53
一、意义	53
二、中学化学实验研究文献的分布	54
三、中学化学实验研究专门文献的类型	55
四、中学化学实验研究文献的检索	57
第四节 研究工作及其结果的表述	60
一、意义和一般要求	60
二、形式和基本格式	62
三、对某些项目的说明	66
第五节 研究者的心理调控	72
一、热情和冷静	73
二、自信和反思	73
三、兴趣的稳定与转移	74
四、环境、时间和合作	75
五、研究结果的“最佳”与优化	76
第三章 中学化学实验的认知性研究	77
第一节 中学化学实验的认知性研究及其过程	77

一、中学化学实验的认知性研究及其特点	77
二、中学化学实验认知性研究的过程	78
第二节 中学化学实验认知性研究的基本类型	83
一、关于实验化学反应原理的研究	83
二、关于实验现象和结果的认知性研究	85
三、关于实验装置和仪器原理的研究	87
四、关于实验试剂的认知性研究	88
五、关于实验条件的研究	89
六、关于实验操作原理的研究	90
七、关于实验安全原理的研究	91
八、关于实验的科学性和某些认知问题的研究	91
第三节 中学化学实验认知性研究的策略和方法	93
一、研究策略和研究方法	93
二、认知性研究的常用策略	94
第四节 事实材料的获得方法	98
一、获得事实材料的基本方法——实验和观察	98
二、获得事实材料的其他方法	102
第五节 事实材料的加工整理方法	103
一、思维加工的逻辑方法	104
二、思维加工的非逻辑方法	107
三、数据处理方法	109
第四章 中学化学实验的技术性研究	112
第一节 中学化学实验的技术性研究及其过程	112
一、中学化学实验技术性研究的特点	112
二、中学化学实验技术性研究的一般过程	114
第二节 中学化学实验技术性研究的类型	117
一、关于实验试剂的研究	117
二、关于实验装置和仪器的研究	118
三、关于实验操作的研究	122
四、实验结果表现方式的研究	123
五、实验安全和污染防治的研究	124

六、对实验的综合、全面研究	125
第三节 中学化学实验技术性研究的策略和方法	126
一、目标优化的策略和方法	126
二、技术预测的策略和方法	127
三、构思、设计的策略和方法	129
四、创造性思维的策略和方法	132
第四节 中学化学实验技术性研究中的设计活动	133
一、实验试剂的选择和加工	133
二、实验装置的设计	134
三、实验操作方案的制订	136
第五节 实验方案的基本结构和评价	137
一、对中学化学实验方案的基本要求	137
二、中学化学实验方案的基本内容和格式	138
三、实验方案的评价	140
第六节 有效数字与实验设计	141
一、有效数字及其运算规则	141
二、有效数字运算规则与实验结果评价和实验设计	142
第五章 试验设计方法	145
第一节 正交设计法	145
一、全面试验法、简单比较法和正交试验法	145
二、正交表	147
三、正交设计的步骤	148
第二节 正交试验结果的直观分析	152
一、单指标正交试验的直观分析	152
二、多指标正交试验的直观分析	154
三、涉及交互作用的直观分析	157
第三节 均匀设计法简介	158
第四节 优选法简介	160
一、0.618 法	160
二、对分法	162
三、分批试验法	163

第六章 控制和测量	165
第一节 中学化学实验及其研究中的条件控制	166
一、固定控制、随动控制和自动控制	166
二、常见的控制及其方法	168
第二节 中学化学实验及其研究中的科学测量	173
一、基本的科学测量	173
二、测量的精确度和允许误差	175
三、直接测量与间接测量	178
第七章 实验研究中数据的统计处理	181
第一节 数据的统计描述和取舍	181
一、实验研究中的数据	181
二、数据的统计描述	182
三、离群值的检验与取舍	184
第二节 误差和实验精确度	188
一、系统误差、随机误差和失误	188
二、系统误差的检验与校正	191
三、误差传递规律及其初步应用	193
第三节 总体参数估计与实际结果的表示	198
一、总体参数估计	198
二、实际结果的表示	201
第四节 统计检验与效果确认	203
一、统计假设检验	203
二、样本总体平均数的假设检验	205
三、样本总体方差的假设检验	207
四、样本总体比率的假设检验	208
第五节 差异显著性检验与效果比较	208
一、平均数差异的显著性检验	209
二、 2×2 列联表 χ^2 检验	212
第六节 方差分析及其应用初步	214
一、方差分析的意义和基本原理	214

二、多种方式分组的方差分析——多因素的比较	215
三、正交试验结果的方差分析	218
第七节 回归分析及其应用初步	222
一、一元线性回归方程的求法和检验	222
二、应用回归方程检查和校正系统误差	223
第八章 中学化学实验教学研究	227
第一节 中学化学实验教学系统的组成、结构和功能	227
一、中学化学实验教学系统及其组成	227
二、中学化学实验教学系统的结构和功能	228
第二节 中学化学实验教学的目、要求、内容、体系和运行	234
一、中学化学实验教学的目和要求	234
二、中学化学实验教学的内容和体系	236
三、中学化学实验教学系统的运行和控制	239
第三节 化学实验能力的培养	240
一、我国学生实验动手能力的现状及其原因分析	241
二、要全面地认识化学实验能力	242
三、要把化学实验能力的培养贯串于全部教学过程	245
第四节 中学化学实验考核	250
一、应该重视化学实验考核及其研究	250
二、要全面地进行化学实验考核	251
三、化学实验考核的形式和类型	252
四、化学实验考核试题的编制	254
五、化学实验考核的评定	255
六、化学实验考核制度的建立	257
第五节 中学化学实验教学中的一些心理学问题	258
一、感觉	258
二、知觉	262
三、注意	264
四、化学实验技能和化学实验操作技能	268
五、化学实验兴趣	270
第九章 中学化学实验发展研究	274

第一节 中学化学实验的新发展	274
一、家庭化学实验	274
二、密闭式实验	276
三、微型化学实验	278
四、系列化学实验	279
五、仪器设备的改进更新和新技术、新材料的应用	281
第二节 中学化学实验发展趋势	282
一、中学化学实验发展趋势	282
二、我国中学化学实验的发展与化学课程教材改革	285
主要参考文献	288
附录一 常用正交表	290
附录二 均匀设计表	297
附录三 随机数表	302
附录四 正态分布表	303
附录五 χ^2 的数值表	310
附录六 t 的数值表	312
附录七 F 的数值表	313
附录八 积差相关系数显著性临界值表	319

绪 言

一、中学化学实验研究需要提高科学水平

科学技术研究是一种效率极低而消耗极大的活动,常常会遇到失败和挫折。因此,人们在进行研究活动、探索未知的客观规律以及应用客观规律进行技术探索活动时,总是自觉或者不自觉地寻求运用有效的研究方法,来避免失败、减少挫折和提高效率。一门科学或者技术的发展历史,同时也是它的研究方法的发展史和进化史,其间充满了正确方法和错误方法、科学方法和落后方法之争。

科学的方法是经过实践检验和证明,能够使科学技术研究活动准确、迅速地取得成果的有效工具。从事科学技术研究的人们历来十分重视对研究方法的研究。著名的俄国生理学家巴甫洛夫曾经指出:“初期研究的障碍,乃在于缺乏研究法。无怪乎人们常说,科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步,我们就更提高一步,随之在我们面前也就开拓了一个充满着种种新鲜事物的、更辽阔的远景。因此,我们头等重要的任务乃是制订研究法。”^①这段话生动地说明了改进研究方法对于科学技术进步的

① 巴甫洛夫选集,科学出版社,1955. 49

重要性。

中学化学实验研究也是一种研究活动。为了搞好中学化学实验研究,有必要对中学化学实验研究方法进行研究,努力改进现有的研究方法。

目前中学化学实验研究活动比较普遍,但其科学水平总的看来并不尽如人意:方法科学、构思巧妙、效率较高、成果颇丰者固然不少,然而,随意而为、缺少理性和自觉、方法笨拙、技术落后,甚至违反科学、结论错误或者劳而无功者也不鲜见。存在的问题主要有:

(1) 课题选择缺乏系统性,存在着重复和偏废现象,研究的资源配置不合理。有些在多年前已经研究解决并且公开发表成果的课题后来又被重复研究和发表(其水平甚至倒退),有些方面的研究则比较少。这不但造成人力、物力浪费,而且有可能造成知识产权纠纷。

(2) 对实验方案的评价标准尚未形成合理的和比较普遍、稳定的共识。故而有的方案十分繁杂、不便于实施和推广,有的却过于简单、难以保证实验成功;有的追求现象强烈、“刺激”,安全保证不够,有的不适当地夸大了实验的危险性……使得一些研究结果难以得到广泛的认可。

(3) 应用科学理论指导不够,不善于应用化学和其他科学已有的成果来解决实验中的问题,有的甚至违反科学规律、得出不符合客观实际的结论。

(4) 方法粗放、手段落后、缺少计划。有的盲目地用尝试—错误法寻找最佳实验条件,效率低下,或者对影响因素的研究停留在简单比较的水平(甚至于不进行比较),试验点分布不合理;有的囿于个人经验,带有较大的局限性和随意性;定性研究多、定量研究少;“毛估估”多、精确测量少;技术手段多数还停留在 50 年代、60 年代水平,甚至 30 年代、40 年代水平。

(5) 实验研究成果表达形式各异、尚未形成规范;有的表达过于简单,或者不完整,使别人看了不得要领;研究结果的复核、鉴定、评价、交流制度尚未形成;等等。

这些情况表明,目前的中学化学实验研究方法多数还停留在直觉和经验的水平。没有理论指导的实践是盲目的实践,缺乏理性的研究其水平难免低下。要取得中学化学实验研究的进步,必须用中学化学实验研究方法论作指导,应用科学理论和科学知识来提高研究水平。

二、提高中学化学实验研究科学水平的途径

方法贯穿于活动过程的始终。所谓中学化学实验研究方法不应该只是指研究活动的操作方法,而应该包括选择课题的方法、制订研究计划的方法、展开研究活动的方法……直至最后表达研究结果的方法,涵盖整个研究过程。要改进中学化学实验研究方法、提高中学化学实验研究水平,首先应抓住研究过程中的几个主要环节:

(1) 注意研究、总结中学化学实验研究过程的一般规律,按照科学的程序来开展研究活动。

(2) 要对中学化学实验研究作系统分析,善于用系统观点指导中学化学实验研究课题的选择,并且注意研究和应用选择课题的科学规律和方法。

(3) 要注意应用化学和其他科学发展的成果,重视并善于查阅有关文献,努力使研究建立在可靠的科学理论基础和实践基础之上,提高研究的起点和效率。

(4) 注意研究、总结中学化学实验研究的科学策略,学会和掌握重要的研究方法,善于在研究实践中从具体情况出发,灵活地、巧妙地制订和实施科学的策略和方法。

(5) 重视应用先进的科学手段,重视科学测量工作,重视进行

量的研究。

(6) 注意遵守有关的规范,等等。

上述这些环节都是中学化学实验研究方法论的研究内容。

三、要学习和研究中学化学实验研究方法论

中学化学实验研究方法论是从中学化学实验研究的实践活动和发展过程中提炼、升华,逐步形成的结构化和规范化的科学逻辑体系。

目前,人们对一般科学方法论的研究已经取得了丰富的成果。一般的科学研究过程是从收集具体的事实材料出发,进行抽象、概括,来发现事先未知客观规律的过程,是由实践到认识的过程。在中学化学实验研究活动中,常常要深入地认识、反映化学事物的发生、发展规律,获得新的知识经验。因而,一般的科学方法论对于中学化学实验研究具有指导的意义。把一般科学方法论的发展成果作为中学化学实验研究方法论的指导和基础,可以给中学化学实验研究方法论的建立带来便利,这是毫无疑问的。

但是,中学化学实验研究并不只是由实践到认识的过程,因为人们并不满足于认识、反映有关的客观规律和获得有关的知识经验。中学化学实验研究的根本目的是更好地设计并完成中学化学实验,进而搞好中学化学教学。因此,常常还要研究如何应用已有的知识来构思、完善实验方案,即还包括由认识到新的实践的能动过程。而且,活动的结果常常在活动开始之前就以目标的形式存在,不是未知的。科学认识活动总是指向唯一的客观真理,而中学化学实验研究的最终成果——中学化学实验方案却可能是多样的,或者说,具有多种可能性。中学化学实验研究的结果不但要受到化学科学规律的制约,而且要受到教育、教学规律的制约,以及社会经济、文化等条件的制约,还可能涉及物理科学、材料科学、技术科学、心理和行为科学、信息科学和数理统计科学等等,具有很

强的综合性。

可见,中学化学实验研究活动有着许多不同于一般的科学研究活动的特点。中学化学实验研究不仅包含着科学认识活动,还包含着技术应用活动,是一般的科学活动方法论不能完全包容和很好地加以说明的。要建立中学化学实验研究方法论,不能简单地照搬照抄一般科学方法论。这样,学习、研究和构建科学的中学化学实验研究方法论就成为摆在我们面前的重要任务。

要建立中学化学实验研究方法论,需要积极地实践,在实践中探索如何有效地提高中学化学实验研究的科学水平,为科学的中学化学实验研究方法论打下坚实的实践基础。

要建立中学化学实验研究方法论,需要以系统观点为指导,认真考察中学化学实验研究跟中学化学教学乃至社会发展的关系,考察中学化学实验的结构、特点、要求及其形成和发展,对中学化学实验研究各环节的方法系统地进行研究。

要建立中学化学实验研究方法论,除了要应用科学的系统方法外,还要注意应用其他科学方法。中学化学实验研究形形色色、十分复杂。在不同的研究实践中,常常采用各种各样的手段、途径和方式。例如,分类可以使大量繁杂的现象条理化、系统化,科学的分类可以反映事物内部规律性的联系。能不能找到科学的分类方法,有时会成为研究取得成功的关键。在研究中学化学实验研究方法论时,需要进行科学的分类,使得研究能比较方便地进行。

中学化学实验研究涉及的学科多、综合性强。因此,除了采用实践总结和理论思维结合、系统研究和分析解剖结合等方法外,在研究中学化学实验研究方法论时,还要以一般的科学技术方法论为基础,采用借鉴和综合、重组的方法。借鉴和综合、重组都是科学创造的方法。借鉴、重组都反映着其他研究活动跟中学化学实验研究之间的联系,综合、重组还可以使有关事物间的联系更加明显和系统,收到“整体大于部分之和”的效果。只有不断地借鉴和综合、