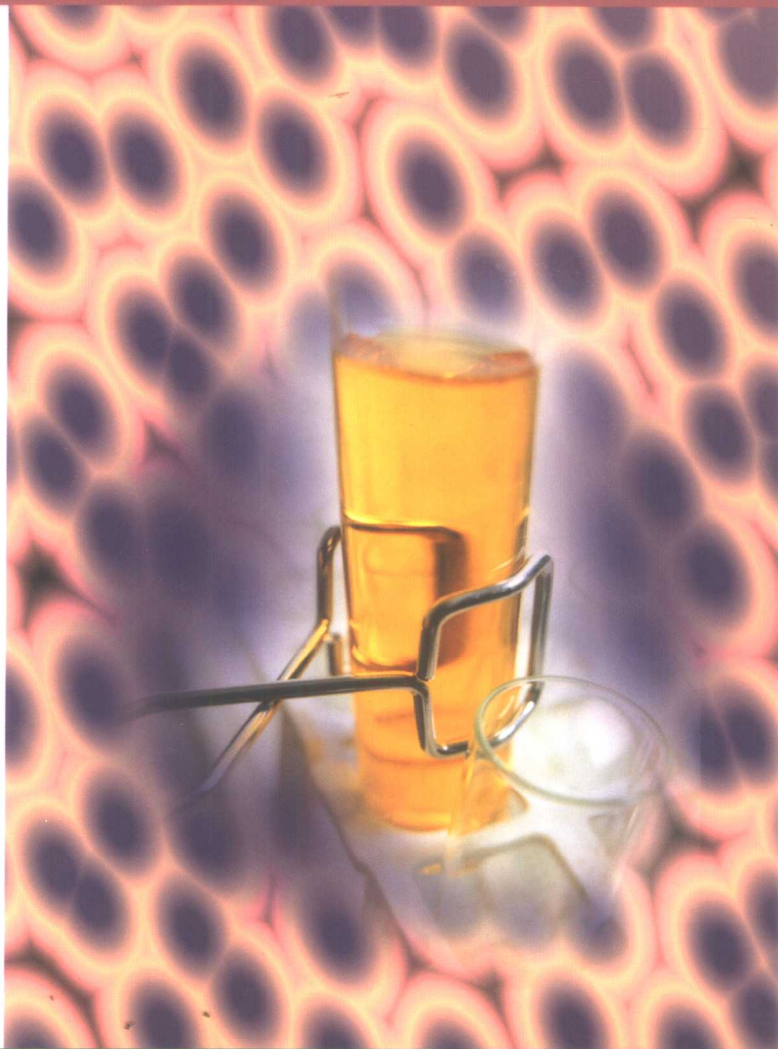


21世纪高等院校教材

基础化学实验技术绿色化教程

林宝凤 等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

基础化学实验技术绿色化教程

林宝凤 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在综合普通化学实验、分析化学实验、有机化学实验内容的基础上,进行了较大程度的提升和拓宽,自成体系,是一本全新体系的实验教科书。实验内容包含了目前高等院校所开设的通用化学实验,同时吸收了最新的教学改革成果,引入微型实验和仿真实验,引导学生建立绿色化的理念。本书从一个新的视角提出对学生综合能力和科研素质的培养,对一些新的教育理念进行了简要的阐述,是一本以化学实验为载体、全面培养科学实验与绿色环保素质的教材。全书内容丰富,结构新颖、合理,可操作性强。

本书可作为高等农、林、水产院校各专业或其他院校非化学专业学生的基础化学实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验技术绿色化教程/林宝凤等编著. —北京:科学出版社,2003
(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-011209-1

I. 基… II. 林… III. 化学实验—高等学校—教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 011141 号

责任编辑:周巧龙/责任校对:曹锐军

责任印制:安春生/封面设计:王 浩

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>

深海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年4月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2003年4月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—5 000 字数:288 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序

广西大学化学化工学院林宝凤教授和其他老师合作编写的《基础化学实验技术绿色化教程》一书,是一本集普通化学、分析化学和基础有机化学中的有关实验原理、技术为一体的实验教材。它一反过去分科编写实验指导书或实验教材的做法,对几门课程中的部分基础实验进行了整合,并试图构建成为一门具有内在联系、符合学科与教学体系的新课程。因而颇具特色,是一种有意义的尝试。

化学实验绿色化问题,确是当务之急。编者为此做了许多努力,引进了多种旨在减少化学污染的方法,例如把一部分可能污染环境的实验改为微型实验或计算机仿真实验;此外,结合教材的主要使用对象——农科学学生的专业需要,收入了一批以天然有机物为体系的综合型实验,这些做法对于推进化学实验的绿色化都是有益的。但是由于化学实验训练的要求和一些经典分析方法本身存在着对绿色化考虑不多的问题,使得在选择试剂和实验方法时,仍然难以做到完全排除有害的化学物质,如氯气、重铬酸钾等,应当是可以理解的。

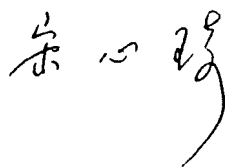
从另一方面看,对于化学家来说,绿色化首先是一种新的理念和意识,并不意味着要封杀对元素周期表上远远超过一半的所谓“有害元素”以及数以千万计的可能“致癌”的化合物的化学研究。应当承认,从浓度和数量两个方面来衡量,化学工业对生产流程和产品“绿色化”的要求,可能远比化学来得迫切,其现实也更为严峻。但是因为化学研究的成果往往是化学生产新工艺的源头,所以从学习化学的伊始,就逐步帮助学生建立起强烈的环保意识和“绿色化”理念,应当成为化学教学改革的重要课题之一。

选择一些编者所熟悉的科研领域、研究课题和研究方法,经过适当的简化,构成学生实验,是值得提倡的一种做法。这是本书的另一特点。因为只有这样,才能使教学实验体系处于不断的发展和更新之中。它将有利的凸现实验基本方法和技能的重要性与现实性。

书中对一些新的教育和教学理念,在专章或专节中进行了简要的阐述,使人感到这不再只是一本传统意义的实验指导书,而是一本以化学实验为载体全面进行科学实验教育的教材。

因为本书的主要使用对象是农科的学生,在专业要求上与化学或应用化学专

业有所不同。不过,有些实验方法或技术显得比较陈旧、繁琐的问题,仍然值得注意。通过从化学特别是农业化学的发展中汲取新的方法和技术,不断更新和完善这本书的内容,我想,这是广大读者所殷切期望的。

Handwritten signature in black ink, consisting of three characters: Song, Xin, and Li.

(2002 年 11 月 19 日于清华园)

前 言

一贯以来,农科化学实验教学的内容主要侧重于系统的书本知识和验证性的实验,缺少综合设计性的实验。一方面,为了让学生能更好地理解理论课的系统知识,实验在内容上不得不安排大量的验证性实验;另一方面,为了培养学生的实际操作能力,又不得不安排大量的常量实验。除此以外,为了防止出现各种意外,还要求学生规规矩矩地按教材的要求和教师的指导去做。这样,不仅大量浪费了学生在校期间那有限的学时数以及学校有限的实验经费,导致学生的创新意识、创新能力乃至环保意识都无法得到提高,而且常量实验的废弃物还污染了生态环境。学生长期处于这种实验—污染—再实验—再污染的模式中会形成化学理所当然会产生污染的思维方式,其结果将导致化学绿色化的难度更大。同时,原普通化学实验、分析化学实验和有机化学实验都是附属于其理论课,这种分割式的实验课程体系,不仅在内容上导致重复或脱节,而且使化学实验的系统性差,大大削弱了化学实验作为一门学科的整体效应,不适应自然科学走向高度综合的发展趋势。绿色化学是一门从源头上防止污染的化学,化学实验的绿色化是大势所趋;而学生创新能力的培养则是当前人才培养中的关键问题,它的重要性已受到学校和政府各级部门乃至企业的重视,并已成为一个重要的培养目标。

为此,我们通过实验独立设课的立项研究,经过大量调查、分析研究,并借鉴其他高校在实验改革方面的经验和教训,结合多年的教学实践与体会,编写了《基础化学实验技术绿色化教程》一书。根据实验独立设课的原则,力求使本书成为实验教科书而不是单纯地作为实验指导书。本书从化学实验的角度介绍绿色化原理及有关技术,对原来注入式和验证式的实验教学模式及内容进行了改革,把操作训练性的实验改为开放式的实验,让学生充分利用课余时间反复训练以达到熟练操作的目的;把常规验证性特别是污染性较大的实验改为微型化学实验或化学仿真实验,旨在建立绿色化的理念。针对现行教材中为了培养学生的综合能力而片面追求大综合,但实际上可操作性差,学生望而却步,无从下手的设计性实验,进行了基本操作微型化和多媒体仿真、综合设计性实验与科研项目结合等改革尝试,从一个新的视角提出对学生综合能力和科研素质的培养。将科研成果引入教学,结合地方的资源优势,设置为阶梯式的设计性实验,让学生易于入门,利于提高,改变实验内容单调、与专业脱节的现象,将实验教学与科研、专业应用相结合。

本书具有以下特点:(1)**系统性**,本书将各科化学实验内容融为一体,把实验原理与技术有机地结合起来,有助于对学生进行整体知识教育。通过本门课程的学

习,可对化学实验的基本知识和技能有一个较为全面和系统的了解,同时对如何从事科学研究,获取实验数据有一个较为清晰的轮廓;(2)**交融性**,本书具有专业特色的设计性实验内容,体现了化学与其他学科(尤其是生命科学、环境科学、农业科学、材料科学)之间的相互交叉渗透的时代性,使教学更接近于科研和生产实际;(3)**阶梯式**,教材内容由浅入深、由简到繁、循序渐进,结构安排合理,既有本门课程自身的独立性、系统性和科学性,又考虑到各有关化学课程及其他专业课程的联系与衔接。特别是将设计性实验设置为阶梯式,切实可行;(4)**板块化**,将所增加的设计性实验内容设计成三大板块,把专业中典型的化学问题与实验化学紧密结合,以培养学生的科研素质。大板块间既有明确分工,又有密切联系,每个大板块又分成若干有内在规律的小板块,更好地体现了交融性和阶梯式的特点。板块化给学生提供了更大的自由度,他们可根据自己的专业与兴趣分别选择各板块的实验,利于学科的渗透和学生创新能力的培养;(5)**绿色化**,将绿色化学的原理和原则应用到实验化学中,引入微型实验和仿真实验,建立绿色化的理念,培养学生绿色化的意识。

当然,本教材是一种新的尝试与探索,使用本教材时难免会碰到一些新的问题和挑战:开放实验、综合设计性实验的设置,给实验室管理带来了新的课题;教材自成体系,难以兼顾与相关理论课程完全同步,等等。对此,我们希望通过教学实践使之得以不断补充和完善。

本书由林宝凤主编,全书共分六章。第1、6章由林宝凤编写;第2章由谢天俊编写;第3章由梁兴泉编写;第4章由罗芳光、张淑琼、梁信源、蒋林斌、林宝凤、黄坚共同编写;第5章由林宝凤、罗芳光、梁兴泉、梁信源、谢天俊共同编写。初稿编写后,由各编写人员交换审阅,由林宝凤负责修改并统稿。印成讲义供广西大学2001级农科各专业学生试用,根据试用的情况反馈,我们再进行修改补充,由林宝凤最后定稿。

中国化学会理事长清华大学化学系教授宋心琦先生对本书的编写给予了热情的关心与指导,并在百忙中为本书作序。在此,我们谨向宋先生致以崇高的敬意和衷心的感谢。本教材在编写和出版过程中得到广西大学设备处的立项资助,广西大学设备处、化学化工学院领导的关心与支持,课程的安排得到广西大学教务处、农学院、动科院的大力协助,科学出版社的大力支持,在此一并致谢。

本书在编写过程中,参阅了一些兄弟院校的教材,并吸取了其中一些内容,在此表示谢意。由于我们水平所限,错误与不足之处在所难免。作为改革的一项试验,抛砖引玉,祈望专家、同行和读者不吝指教。

林宝凤

2002年12月19日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 基础化学实验的目的和作用	1
1.2 化学实验研究的内容	1
1.3 化学实验绿色化概述	2
1.3.1 绿色化的含义和特点	2
1.3.2 化学实验教学绿色化的必要性和可行性	3
1.4 化学实验的学习方法	3
1.4.1 预习	3
1.4.2 实验	4
1.4.3 实验报告	4
1.5 参考资料简介	6
1.5.1 化学文献的分类	6
1.5.2 图书目录简介	7
1.5.3 参考书及手册简介	8
1.5.4 因特网的化学信息资源	10
第 2 章 化学实验基础知识	12
2.1 化学实验常识	12
2.1.1 学生实验守则	12
2.1.2 化学实验室安全守则	13
2.1.3 意外事故的处理	13
2.2 常用简单实验仪器简介	14
2.2.1 普通仪器	14
2.2.2 微型仪器	20
2.3 通用化学试剂规格标志	21
2.4 实验记录与实验结果表示	21
2.4.1 实验记录	21
2.4.2 实验结果表示	22
2.5 样品分析的一般程序和方法	25
2.5.1 采样	26
2.5.2 样品的调制	26

2.5.3 初步试验	27
2.5.4 样品的溶解	28
2.5.5 分离和富集	29
2.5.6 样品的分析	29
2.6 关于实验性污染和环境保护知识	30
2.6.1 实验性环境污染	30
2.6.2 消除和减轻实验性环境污染的方法	33
第3章 化学实验绿色化原理	35
3.1 绿色化学与化学实验绿色化的背景与意义	35
3.1.1 绿色化学与化学实验绿色化产生的历史背景	35
3.1.2 绿色化学与化学实验绿色化的发展概况	36
3.1.3 绿色化学与化学实验绿色化的现实意义	36
3.2 化学实验的分类	38
3.3 实现化学实验绿色化的途径	39
3.3.1 通过计算机辅助与多媒体仿真实现化学实验绿色化	39
3.3.2 通过微型化实现化学实验绿色化	41
3.3.3 通过绿色化学的理论和方法实现化学实验绿色化	42
第4章 基础化学实验绿色化技术及实验	44
4.1 基础化学实验基本操作技术	44
4.1.1 玻璃仪器的洗涤与干燥	44
4.1.2 电热恒温干燥箱的使用技术	45
4.1.3 酒精灯、酒精喷灯的使用方法	46
4.1.4 化学试剂的取用	48
实验1 仪器的认领、洗涤与玻璃管加工	50
4.2 物质理化性质检验技术	51
4.2.1 物质理化性质的定性鉴定技术	51
实验2 电解质溶液(微型实验)	54
实验3 氧化还原反应与配位平衡(微型实验)	57
实验4 吸附与胶体	62
实验5 生物体中常见离子的鉴定(微型实验)	64
实验6 有机化合物的性质鉴定(微型实验)	73
4.2.2 物质物理性质的定量检测技术	80
实验7 乙酸电离常数的测定	81
实验8 熔点的测定	83
实验9 旋光度与折光率的测定	86

4.3 物质的分离与提纯技术	90
4.3.1 结晶与重结晶技术	90
实验 10 碘盐的制备	98
4.3.2 蒸馏与分馏技术	99
实验 11 蒸馏与沸点的测定	105
4.3.3 色谱分离技术	107
实验 12 薄层色谱分离菠菜叶绿色素(微型实验)	114
实验 13 纸色谱分离氨基酸(微型实验)	116
4.3.4 萃取技术	118
实验 14 从咖啡豆中脱除咖啡因	121
4.3.5 升华	121
实验 15 从茶叶中提取咖啡碱(微型实验)	123
4.3.6 离子交换分离技术	125
实验 16 离子交换法制备纯水	126
4.4 物质的分析技术	127
4.4.1 概述	127
4.4.2 滴定分析技术	128
实验 17 分析天平的称量练习	140
实验 18 风干植物样品水分的测定	141
实验 19 酸碱标准溶液的配制、比较滴定和标定	142
实验 20 果品总酸度的测定	145
实验 21 硫酸铵中氮含量的测定(甲醛法)	146
实验 22 自来水硬度的测定(配位滴定法)	148
实验 23 铁化合物中铁含量的测定($K_2Cr_2O_7$ 法)	149
实验 24 过氧化氢的测定($KMnO_4$ 法)	151
实验 25 胆矾中铜含量的测定(间接碘量法)	153
实验 26 钙含量的测定($KMnO_4$ 法)	155
4.4.3 仪器分析技术	156
实验 27 微量铁的测定(分光光度法)	160
实验 28 加碘盐中 KIO_3 含量的测定(分光光度法)	163
4.5 物质合成技术	164
实验 29 乙酸乙酯的合成(微型实验)	165
实验 30 肉桂酸的合成及分析	167
实验 31 阿司匹林(aspirin)的合成及分析	168
实验 32 微波合成磷酸锌	170

4.6 计算机辅助及仿真实验技术	172
4.6.1 计算机仿真实验技术概述	172
4.6.2 计算机模拟化学实验技术	173
实验 33 由三氧化二铬制取重铬酸钾(多媒体仿真实验)	175
第 5 章 科研素质培养及综合研究设计技术	179
5.1 科研素质培养	179
5.2 综合研究技术及综合实验	180
实验 34 从肉桂皮中提取肉桂油及其主要成分的鉴定	180
实验 35 环境友好产品——过氧化钙的合成及含量分析	184
5.3 设计性实验的设计原理和方法	186
5.3.1 初级阶段设计性实验的设计原理和方法	187
5.3.2 高级阶段设计性实验的设计原理和方法	189
5.4 初级阶段的设计实验选题	190
实验 36 溶液平衡和元素及其化合物的性质实验	190
实验 37 $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ 混合液中组分的测定	191
实验 38 茶叶和紫菜中部分元素的分离和鉴定	192
5.5 高级阶段的设计实验选题	193
5.5.1 植物生产过程的化学问题及设计	193
实验 39 果蔬贮藏过程的化学变化及其测定	193
实验 40 农用高分子材料的耐候性能及其测定	194
实验 41 新鲜蔬菜中胡萝卜素的提取、分离和测定	195
5.5.2 动物养殖过程的化学问题及设计	196
实验 42 池塘水质分析	196
实验 43 复合氨基酸金属络合物的制备	199
5.5.3 农副产品的化学综合利用	199
实验 44 壳聚糖及其衍生物的制备	200
实验 45 从猪血中提取 SOD 和凝血酶	201
第 6 章 现代化学实验的发展	202
6.1 化学实验发展的趋势概述	202
6.1.1 多学科的综合化	202
6.1.2 化学实验手段的现代化	202
6.1.3 实验工艺和产品的绿色化	203
6.2 化学实验新技术简介	205
6.2.1 膜分离技术	205
6.2.2 纳米材料技术	206

6.2.3 仿生合成技术	209
附录	210
附录一 国际相对原子质量表(1979) (按字母顺序排列, 不包括人工元素)	210
附录二 化合物式量表(1979)	211
附录三 常见离子和化合物的颜色	213
附录四 几种常用酸、碱的浓度	217
附录五 难溶电解质的溶度积(18~25℃)	217
附录六 某些配合物的逐级稳定常数和累积稳定常数(对数值)	220
附录七 标准电极电位表(298K)	225
附录八 常用指示剂及试纸的制备	228
附录九 常用缓冲溶液及洗涤剂	233
参考文献	235

第1章 绪 论

1.1 基础化学实验的目的和作用

21 世纪是生物、化学和电子科技迅猛发展的时代,其中化学科学的进步对现代科技和生产发展有着举足轻重的作用。化学是一门实验科学,化学中的定律和学说都源于实验,同时为实验所检验。因此化学实验在培养未来科技人才的化学教育中,占有特别重要的地位。

通过做实验,学生可以直接获得大量的化学事实,加深对化学基本原理和基本知识的理解和掌握。学生经过化学实验的严格训练,能够规范地掌握进行化学研究所必要的基本操作、基本技术和基本技能。

在实验中,学生自己动手进行化学实验,由提出问题、查阅资料、设计方案、动手实验、观察现象、测定数据、分析实验结果到得出结论,练习解决化学问题。化学实验的全过程是综合培养学生智力因素的最有效的方法。这些智力因素包括动手、观测、查阅、记忆、思维、想象和表达,而这种综合的训练是课堂教学所不能相比的。

学生应重视实验课,并把实验课作为培养能力,培养自己具有“科学家的元素组成 C_3H_3 ——Clear Head、Clever Hands、Clean Habit”的一个重要场所。因此化学实验在培养学生智力因素的同时,又是对学生进行其他方面素质训练的理想场所,包括艰苦创业、勤奋不懈、谦虚好学、乐于协作、求实、求真、存疑等科学品德和科学精神的训练,而这些又确是每一个科技工作者获得成功所不可缺少的因素。

1.2 化学实验研究的内容

基础化学实验技术绿色化教程课程是一门重要的基础课。它融普通化学实验、分析化学实验、有机化学实验于一体,三者紧密结合,融会贯通。本课程介绍了化学实验的基础知识、化学实验绿色化的原理和技术及有关的实验,概述了化学实验发展的新趋势及现代化学实验新技术,形成一个完整的化学实验课程的新体系,是一门独立的课程。它对原来注入式和验证式的实验教学模式及内容进行改革,引进和改造开发化学仿真实验,把常规验证性特别是污染性较大的实验改为微型化学实验。其教学内容以基本原理和基本操作技术为主,使基础化学实验、基本操作技能训练、合成制备、性质鉴定等内容,及常量、微量、计算机仿真等各种实验方法相互交融、重新组合,使绿色化的原理及技术贯穿其中。同时结合农林各专业相

关的农业化学、环境化学、土壤化学、食品化学、农畜水产品化学、农药化学、植物化学等不同学科特点,开设综合性实验和设计性实验,让学生按照绿色化学的要求设计和进行实验,突出实验研究能力和科研素质的培养,强调化学实验技术的绿色化。其目的是全面提高学生的能力和素质,为学习后续课程和将来从事科学研究打下必要的基础,同时增强学生的环保意识,建立绿色化的理念。

1.3 化学实验绿色化概述

1.3.1 绿色化的含义和特点

化学实验绿色化是以绿色化学的理念和方法为核心和基本原则,对化学实验进行改进,使化学实验过程达到绿色化的方法。它是绿色化学理念在实际工作中的体现,其最终目的是使化学及其应用达到与人类生存环境的协调,也就是绿色化的要求。绿色化学又称环境无害化学(environmentally benign chemistry)、环境友好化学(environmentally friendly chemistry)、清洁化学(clean chemistry)。它强调的是用化学的技术和方法去减少或杜绝那些对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂、产物、副产物等的使用和产生。它是一门从源头上阻止污染的化学,所研究的中心问题是使化学反应、化工工艺及其产物具有以下四个方面的特点:(1)采用无毒、无害的原料;(2)在无毒、无害的反应条件(溶剂、催化剂等)下进行;(3)使化学反应具有极高的选择性,极少的副产物,甚至达到“原子经济”的程度——100%的选择性及废物零排放;(4)产品应是对环境无害的。当然,它还应满足技术上经济合理的传统要求。如图 1-1 所示。

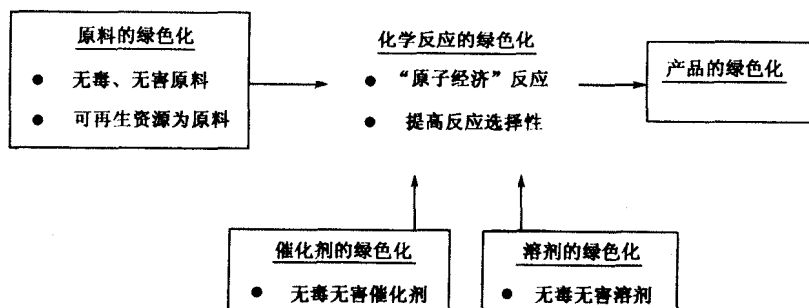


图 1-1 绿色化学的特点

总之,绿色化学及在此基础上产生的清洁技术,就是要依靠科技发展,使生产单位产品的产污系数最低,资源及能源消耗最少的先进工艺技术,从化学反应入

手,在根本上减少环境污染;而不是对废水、废气、废渣等进行处理的环保局部性终端治理技术。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质,不再产生废物,因而也就不再需要考虑废物的处理。

1.3.2 化学实验教学绿色化的必要性和可行性

随着人们环境保护意识的提高及环境保护各项工作的深入,科学实验(包括实验教学)的环境保护问题越来越被人们重视,化学实验的绿色化是大势所趋。在人们广泛开展实验室“三废”处理的探索过程中,逐步形成了清洁实验的概念,通过对实验“三废”的集中处理和综合利用,实现对贵重金属和试剂的回收以及“三废”的达标排放。然而这种集中处理需要消耗大量人力、财力,因此以绿色化学的原则为指导,开展教学实验的绿色化革新是非常必要的。结合化学教学实验自身存在的特点,实现化学教学实验绿色化改革不仅非常必要,而且现实可行。因为化学教学实验是化学教育工作者从数不胜数的化学实验中精挑细选的,这就使得作为化学教学的实验具有了如下一些特征:代表性、典型性、目的性、互补性、可替代性。在教学实践中,同一个目的、实验现象明显、操作简便规范的不同实验之间常常相互替代的情况是较为普遍的,不存在“只此一家别无分店”的情况。例如,酸碱电离度和电离常数的测定实验,实验的目的是要求学生掌握电离度和电离常数的测定方法以及 pH 计的使用方法,具体测定的对象是乙酸还是丙酸就不是那么重要了,用谁都行。又如测绘有色物质的吸收曲线,其实验目的在于让学生掌握吸收曲线的绘制方法和分光光度计的原理及使用方法,具体是绘制 KMnO_4 溶液的吸收曲线还是 CuSO_4 溶液的吸收曲线并不重要。正是这种可替代性的存在,使得实现化学教学实验的绿色化完全成为可能。当然,绿色化自身也可能不是万能的,有些经典实验可能根本就不具备绿色化条件,对此必须借助其他一些方法进行解决,如:实验录像、计算机仿真化学实验或者微型实验等。

1.4 化学实验的学习方法

化学实验的学习方法大致可从预习、实验、实验报告等三个方面来掌握。

1.4.1 预习

为了使实验能够获得良好的效果,实验前必须充分进行预习,特别是综合、设计性实验。预习的内容包括:

- (1) 阅读实验教材和教科书中的相关内容,必要时参阅有关资料;
- (2) 明确实验的目的和要求,透彻理解实验的基本原理;
- (3) 明确实验的内容及步骤、操作过程和实验时应当注意的事项;

(4) 认真思考实验前应准备的问题,并能从理论上加以解决;

(5) 查阅有关教材、参考书、手册,获得该实验所需的有关化学反应方程式、常数等;

(6) 通过自己对本实验的理解,在记录本上简要地写好实验预习报告。预习报告的格式可以参考实验报告格式示例或自己拟定,并在实践中不断加以改进。实验步骤部分尽可能用方框图、箭头等符号简明表示。

1.4.2 实验

根据实验教材上所规定的方法、步骤、试剂用量和实验操作规程来进行操作,实验中应该做到下列几点:

(1) 认真操作,细心观察。对每一步操作的目的、作用以及可能出现的问题进行认真的探究,并把观察到的现象,如实详细地记录下来。实验数据应及时真实地记录在实验记录本上,不得转移、涂改,也不得记录在纸片上。

(2) 深入思考。如果发现观察到的实验现象和理论不符合,先要尊重实验事实,然后加以分析,认真检查其原因,并细心地重做实验。必要时可做对照实验、空白实验或自行设计的实验来核对,直到从中得出正确的结论。

(3) 实验中遇到疑难问题和异常现象而自己难以解释时,可请实验指导老师解答。

(4) 实验过程中要勤于思考,注意培养自己严谨的科学态度和实事求是的科学作风,决不能弄虚作假,随意修改数据。若定量实验失败或产生的误差较大,应努力寻找原因,并经实验指导教师同意,重做实验。

(5) 在实验过程中应该保持严谨的态度,严格遵守实验室工作规则。实验后做好结束工作,包括清洗、整理好仪器、药品,清理实验台面,清扫实验室,检查电源开关,关好门窗等。

1.4.3 实验报告

做完实验后,应解释实验现象并作出结论,或根据实验数据进行计算,完成实验报告并及时交指导老师审阅。

实验报告是实验的总结,应该写得简明扼要,结论明确,字迹端正,整齐洁净。实验报告一般应包括下列几个部分:

(1) 实验名称、实验日期。若有的实验是几人合作完成,应注明合作者。

(2) 实验目的和实验原理。

(3) 实验步骤。尽量用简图、表格、化学式、符号等表示。

(4) 实验现象或数据记录(实验现象要表达正确,数据记录要完整,绝不允许主观臆造,弄虚作假)。

(5) 实验解释、实验结论或实验数据的处理和计算。根据实验的现象进行分析、解释,得出正确的结论,写出反应方程式;或根据记录的数据进行计算,并将计算结果与理论值比较,分析产生误差的原因。

(6) 实验讨论。对自己在本次实验中出现的问题进行认真的讨论,提出自己的见解或体会;定量实验应分析实验误差原因;也可对实验方法、教学方法、实验内容等提出自己的意见;还可对书中列出的思考题给予解答等。从中得出有益的结论,指导自己今后更好地完成实验。

下面介绍几种常见实验类型的报告格式,仅供参考。

I. 制备实验

实验×× 乙酸乙酯的合成

一、目的要求

二、原理

三、实验步骤及现象记录

实验步骤	现象记录

(注:实验步骤也可用流程图表示)。

四、主要装置图

五、产率计算

六、思考题与讨论

II. 性质实验

实验×× 碱金属、碱土金属

一、目的和要求

二、步骤及现象记录(仅列部分内容作示例)

实 验 步 骤	现 象	解释和结论(包括方程式)
1. 碱土金属氢氧化物的性质		
(1) $\text{MgCl}_2 + \text{NaOH}$	胶状↓	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$
$\text{CaCl}_2 + \text{NaOH}$	白↓	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \downarrow$
$\text{BaCl}_2 + \text{NaOH}$	—	
(2) $\text{MgCl}_2 + \text{氨水}$	白↓	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$
$\text{CaCl}_2 + \text{氨水}$	—	结论:溶解度
$\text{BaCl}_2 + \text{氨水}$	—	$\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{Ca}(\text{OH})_2 < \text{Ba}(\text{OH})_2$

三、思考题与讨论