

高等学校教材

实验化学教程

张开诚 李建芬 张瑞华 主编

SHIYAN HUAXUE JIAOCHENG



湖北科学技术出版社

高等学校教材

实验化学教程



SHIYAN HUAXUE JIAOCHENG

张开诚 李建芬 张瑞华 主编

湖北科学技术出版社

MAJ16/01

高等学校教材
实验化学教程

© 张开诚 李建芬 张瑞华 主编

责任编辑：曾凡亮

封面设计：张 浩

出版发行：湖北科学技术出版社

电话：86782508

地 址：武汉市武昌黄鹤路 75 号

邮编：430077

印 刷：湖北武汉峰迪印务有限责任公司

邮编：430034

督 印：刘春尧

787mm×1092 mm

16 开

18.5 印张

457 千字

2003 年 3 月第 1 版

2003 年 3 月第 1 次印刷

印数：0 001—3 000

ISBN 7—5352—2970—0/O · 41

定价：28.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

《实验化学教程》编委会

主 编 张开诚 李建芬 张瑞华

副主编 方 华 周国庆 王又容 周汉芬

编 委 (按姓氏笔画顺序排列)

方 华 王又容 刘 骏 李建芬 严建芳

周汉芬 周国庆 张开诚 张瑞华 戴志群

内 容 提 要

本书是为面向 21 世纪,顺应自然科学走向高度综合的发展态势,适应市场经济对通识型人才的需要,推进化学实验体系的改革而编写的。本书将原来附属在各有关化学课程中处于从属地位的无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验和胶体化学实验分离出来,进行高度综合,从而构建一个具有紧密联系、更有利于培养和提高学生素质水平的新实验体系。

全书共十一章,并以 92 个代表性、实用性较强的实验为基础,将化学实验基础知识、物质的分离提纯、定性鉴定、定量分析、物理量与常数、合成与制备等方面的实验技术以及综合设计实验、计算机在实验化学中的应用等实验技术融为一体。内容丰富,结构新颖、合理,可作工、农、林、水院校各专业化学实验的教材,也可供科研、环保、工厂实验室的分析工作者参考,还可作为高等职业培训的教材。

前 言

为适应 21 世纪着重培养学生创新精神和进行整体化知识教育的现代教育思想。我们将原来附属在各有关化学课程中,处于从属地位的无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学与胶体化学实验分离出来,进行高度综合,建立化学实验课程新体系,形成一门系统、完整、独立的新课程——实验化学。

“实验化学”是与有关化学课程相衔接,与工科的化工、材料、环境、制药、生物、食品等专业相关联,与现代教育思想相适应,以基本操作技能训练为主,突出能力和素质培养,并适应学生个性发展的一门实践性课程。

在编写《实验化学教程》过程中,编者力求使其具有如下特色:

1. 系统性。本教材按由浅入深、由简到繁、循序渐进的规律,以操作技能的系统训练为主线,介绍化学实验基础、常规实验技术、综合与设计实验以及计算机在实验化学中的应用,并以 92 个代表性、实用性较强的实验为基础,贯穿于简单玻璃工技术、物质的分离与提纯、物质性质的定性鉴定、基本物理量与化学常数的测定技术、定量分析技术、物质的合成与制备、综合应用实验技术及计算机模拟化学实验等各种实验技术之中。

2. 先进性。现代自然科学发展的一大特点,就是从高度分化走向高度综合。高度分化是科学技术高度发展的结果,高度综合是学科相互渗透成为一个有机整体的必然趋势。本教材顺应历史的发展,将传统的无机、分析、有机、物化及胶体几大块实验,经过去粗存精、去旧取新,根据他们内在规律和联系进行重组、交叉、融会、整合,建立了一个全新的实验体系,并增加了辐射面宽、知识容量大、实用性和可操作性强的综合实验,介绍了具有启发性和代表性的计算机模拟实验,增强了实验化学的整体感,从而构建了一个具有紧密联系、更有利于培养和提高学生素质水平的新实验体系。

3. 新颖性。本教材的新颖性在于:①按实验技术的共性划分和选编实验,增强了化学实验的系统性;②增补了与工科相关专业、与生产实际联系紧密的应用性强,且具有可研究性的大综合实验内容,使学生能了解化学与其它学科(尤其是生物、环境、食品、饲料、制药等)之间的相互交融、渗透与联系;③介绍了计算机模拟化学实验的现状和发展趋势,为模拟型 CAI 软件的开发和应用打下基础;④实验的多型化,将常量、半微量、微型化学实验结合安排,将绿色化学引入实验教学中,可培养学生的环保意识。

本教材是我校长期从事基础实验化学教学的全体教师集体研究和初步实践的成果。参加本书编写的有:张开诚、李建芬、张瑞华、王又容、周国庆、周汉芬、方华、戴志群、刘骏、严建芳等。全书由张开诚统稿。

本教材编写过程中得到了武汉工业学院领导的关心,湖北科学技术出版社的支持,同时吸收和借鉴了一些兄弟院校的实验研究成果,在此一并表示感谢。

本教材主要体现了实验教学改革的新思路,这是一次极具探索性的尝试,其中肯定存在一些不成熟的地方,难免有错误和不足之处,祈望同仁和读者指正。

编 者

2002 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 实验化学课的目的和要求	(1)
1.2 实验化学的学习方法	(1)
第二章 实验化学基础知识	(3)
2.1 化学实验室规则和事故处理	(3)
2.2 实验室用水的规格、制备及检验方法	(6)
2.3 化学实验室常用加热与冷却方法	(8)
2.4 化学实验室常用玻璃仪器	(11)
2.5 玻璃仪器的洗涤与干燥	(19)
2.6 玻璃加工操作与塞子的加工	(21)
2.7 化学试剂与试纸的相关知识	(23)
2.8 气体的制备净化及气体钢瓶的使用	(27)
第三章 物质的分离与提纯技术	(32)
3.1 重结晶和过滤技术	(32)
实验一 粗硫酸铜的提纯	(37)
实验二 粗食盐的提纯	(38)
实验三 苯甲酸的重结晶	(40)
3.2 蒸馏与分馏技术	(43)
实验四 工业乙醇的蒸馏与分馏	(49)
实验五 苯甲醛的水蒸气蒸馏	(50)
实验六 苯甲醛的减压蒸馏	(51)
3.3 萃取与洗涤技术	(52)
实验七 从乙酸的水溶液中萃取乙酸	(53)
3.4 升华技术	(54)
实验八 硫的升华	(55)
实验九 从海带中提取碘	(56)
3.5 色谱分离技术	(56)
实验十 纸色谱分离氨基酸(微型实验)	(62)
实验十一 薄层色谱分离有机磷农药	(63)
实验十二 柱色谱分离叶绿素	(64)
3.6 离子交换分离法	(65)
3.7 膜分离技术	(67)
3.8 分离提纯技术在天然产物中的应用	(70)
实验十三 从茶叶中提取咖啡因(常量)	(70)
实验十四 从茴香籽中提取茴香油	(71)
实验十五 从黑胡椒中提取胡椒碱	(72)

实验十六	从果皮中提取果胶	(73)
实验十七	从牛奶中分离干酪素和乳糖	(74)
实验十八	从红辣椒中分离红色素	(75)
第四章	物质的化学性质定性鉴定技术	(77)
实验十九	化学反应速度和化学平衡	(78)
实验二十	电离和电离平衡	(80)
实验二十一	氧化还原反应	(84)
实验二十二	配合物的生成、性质和应用	(85)
实验二十三	胶体的制备及性质	(87)
实验二十四	s 区重要化合物的性质	(89)
实验二十五	p 区重要化合物的性质	(91)
实验二十六	d 区、ds 区重要化合物的性质	(96)
实验二十七	混合离子的分离和鉴定	(101)
实验二十八	有机化合物官能团的性质实验	(103)
实验二十九	糖和蛋白质的性质	(106)
第五章	基本物理量化学常数的测定技术	(109)
实验三十	pH 法测定乙酸的电离平衡常数	(109)
实验三十一	化学反应级数与活化能	(111)
实验三十二	容量法测定银氨配离子的配位数	(114)
实验三十三	恒温槽装配和性能测试	(116)
实验三十四	燃烧热的测定	(119)
实验三十五	甲基红的酸离解平衡常数的测定	(122)
实验三十六	铈(IV)—乙醇配合物组成及生成常数	(125)
实验三十七	乙醇—乙酸乙酯双液系相图	(126)
实验三十八	电极制备及电池电动势的测定	(128)
实验三十九	乙酸乙酯皂化反应速度常数的测定	(132)
实验四十	蔗糖水解反应速度常数的测定	(136)
实验四十一	表面张力的测定	(141)
实验四十二	粘度法测定高聚物相对分子质量	(142)
第六章	物质的定量分析技术	(145)
6.1	分析天平的操作技术	(145)
实验四十三	物质的称量	(151)
6.2	滴定分析量器的操作技术	(152)
实验四十四	酸碱标准溶液的配制与标定	(160)
实验四十五	铵盐中含氮量的测定	(162)
实验四十六	混合碱的测定	(163)
实验四十七	碘和硫代硫酸钠的标定(含碘食盐中含碘量的测定)	(164)
实验四十八	CuSO_4 中铜的测定	(167)
实验四十九	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定亚铁盐中铁的含量	(169)
实验五十	KMnO_4 标准溶液的配制与标定并测定双氧水	(170)

实验五十一	EDTA 的配制与标定	(172)
实验五十二	自来水总硬度的测定	(174)
实验五十三	氯化物中含氯量的测定	(175)
实验五十四	磺基水杨酸合铁(Ⅲ)配合物的组成及稳定常数的测定	(177)
实验五十五	含铬废水的处理	(180)
实验五十六	醋酸的电位滴定	(182)
实验五十七	水中微量氟的测定	(184)
6.3	重量分析技术	(187)
实验五十八	可溶性硫酸盐中硫的测定	(193)
第七章	物质的合成与制备技术	(195)
7.1	有机合成的特殊技术	(195)
7.2	微型化学实验简介	(198)
实验五十九	正溴丁烷(微型)	(199)
实验六十	甲基叔丁基醚(无铅汽油抗震剂)	(200)
实验六十一	苯甲酸(食品防腐剂)(微型)	(201)
实验六十二	乙酰水杨酸(阿司匹林)(微型)	(202)
实验六十三	乙酰乙酸乙酯(微型)	(203)
实验六十四	乙酰苯胺(微型)	(204)
实验六十五	苯甲醇与苯甲酸(微型)	(205)
实验六十六	环己酮(微型)	(206)
实验六十七	甲基橙(微型)	(207)
实验六十八	水杨酸甲酯(冬青油)	(209)
实验六十九	肉桂酸	(210)
实验七十	邻苯二甲酸二丁酯(增塑剂)	(211)
实验七十一	硫酸亚铁铵的制备	(212)
第八章	综合实验	(215)
实验七十一	废干电池的综合利用	(215)
实验七十二	化学发光材料的合成及应用	(217)
实验七十三	从猪血中提取 SOD 和凝血酶	(220)
实验七十四	从米糠中提取植酸钙和干酪素	(222)
实验七十五	稻米中蛋白质含量的测定——凯氏(Micro-Kjeldahl)定氮法	(226)
实验七十六	虾等的下脚料的深度加工技术——甲壳质和脱乙酰几丁的制备	(228)
实验七十七	谷物种子蛋白质组分的分别提取法	(231)
实验七十八	亚硫酸根·五氨合钴(Ⅲ)亚硫酸盐的制备及取代反应速率常数的测定	(233)
实验七十九	用电化学方法合成有机化合物	(236)
实验八十	酪氨酸酶的提取及其催化活性研究	(240)
实验八十一	分子筛的制备及其物性测定	(243)
第九章	设计实验	(246)

实验八十二	阴阳离子未知液的分析	(246)
实验八十三	醇、酚、醛、酮、羧酸未知液的分析	(247)
实验八十四	BET 重量法测定活性炭的比表面	(247)
实验八十五	胃舒平药片中铝和镁含量的测定	(248)
实验八十六	植物生长调节剂 2,4-D 的合成	(248)
实验八十七	化学沉淀法制备高纯 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 纳米粉末	(249)
实验八十八	氨基酸锌螯合物的合成及表征	(250)
第十章	计算机在实验化学中的应用	(251)
10.1	计算机在实验化学中的应用简介	(251)
10.2	计算机对化学实验数据的处理	(258)
实验八十九	滴定突跃的计算	(258)
实验九十	Cl_2CHCOOH 溶液 pH 值的计算	(265)
实验九十一	水的质量热容测定数据的计算	(267)
实验九十二	硫酸铜中结晶水及其脱水温度的测定(计算机模拟实验)	(272)
第十一章	常用数据表	(275)
11.1	常用缓冲溶液及洗涤剂	(275)
11.2	常用酸、碱的浓度	(276)
11.3	不同温度下 H_2O 的饱和蒸气压	(277)
11.4	常用试剂的配制	(278)
11.5	常见离子和化合物的颜色	(280)
11.6	几种常用液体的折射率(n_D)	(282)
11.7	电解质水溶液的摩尔电导(25°C)	(283)
11.8	不同温度下 KCl 溶液的电导率	(283)
11.9	水的绝对黏度(泊)	(283)
11.10	不同温度下水的表面张力	(284)
11.11	部分共沸混合物	(284)
参考文献		(286)

第一章 绪 论

1.1 实验化学课的目的和要求

一、实验化学课的目的

化学实验是化学理论的源泉,是高等工科院校化工、材料、生物、制药、食品、环境化学等专业必修的一门重要的基础课,以介绍化学实验原理、实验方法、实验手段等实验操作技术作为其主要内容。

本课程的教学目的是为适应 21 世纪高等工科院校对本科生人才的化学素质、知识和能力的要求以及我国经济、科技发展和学生个性发展的需求,使学生获得有关实验化学基础理论,基本知识和基本操作技能。其主要任务是开拓学生智能,培养学生严肃、严密、严谨的科学态度和良好的实验素养,创新思维习惯和创新能力,提高学生以化学实验为工具获取新的知识的能力。实验化学的作用是通过严格的实验训练,使学生具有一定的分析和解决复杂问题的能力,收集和处理化学信息的能力,文字表达实验结果的能力,以及团体协作精神和创新意识。

二、实验化学课的要求

为了达到以上的教学目的,提出如下的具体要求:

1. 实验前必须做好预习,认真阅读实验教材和教科书,弄清实验的目的和要求、基本原理、实验内容、操作步骤以及注意事项。
2. 认真独立完成实验,要做到认真操作、细心观察、积极思考、如实记录。对于设计性实验审题要准确,仔细查阅文献资料,实验方案要合理可靠,以达到预期的目的。
3. 认真及时写好实验报告。完成实验报告是对所学知识进行归纳和提高的过程,也是培养严谨的科学态度,实事求是精神的重要措施。实验报告要求书写整洁,结论明确,文字简练。

1.2 实验化学的学习方法

要达到实验化学课的目的和要求,不仅要有正确的学习态度,而且还要有正确的学习方法。

一、预习

实验课要求学生既动手做实验,又要动脑筋思考问题,因此实验前必须要做好预习。对实验的各个过程心中有数,才能使实验顺利进行,达到预期的效果。预习时应做到:认真阅读实验教材、参考教材、资料中的有关内容;明确本实验的目的和基本原理;掌握本实验的预备知识、实验关键,了解实验内容、步骤、操作过程和注意事项;写出简明扼要的预习报告后,方能进行实验。

二、实验

我们现在虽然不是化学家,但应学习他们那种为解决一个化学问题而进行实验研究时的科学、严谨的态度,养成做化学实验的良好习惯。实验时应做到:

1. 认真操作,细心观察现象,并及时地、如实地做好详细记录。
2. 如果发现实验现象和理论不符合,应首先尊重实验事实,并认真分析和检查其原因,并可以做对照实验、空白实验或自行设计实验来核对,必要时应多次重复做验证,从中得到有益的结论。
3. 实验过程中应勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题,遇到难以解决的疑难问题时,可请教师指点。
4. 在实验过程中保持肃静,遵守规则,注意安全,整洁节约。

设计新实验和做规定以外的实验时,应先经指导教师允许。实验完毕后洗净仪器,整理药品及实验台。

三、实验报告

实验报告是总结实验进行的情况、分析实验中出现的问题和整理归纳实验结果必不可少的基本环节,是把直接和感性认识提高到理性思维阶段的必要一步。通过实验报告也反映出每个学生的实验水平,是实验评分的重要依据。同时实验者必须严肃、认真、如实的写好实验报告。

实验报告包括七部分内容:

1. 实验项目、实验者、日期。
2. 实验目的。
3. 实验原理:主要用反应方程式表示。
4. 实验步骤:尽量用表格、框图、符号等形式,清晰,明了地表示。
5. 实验现象和数据记录:表达实验现象要正确、全面,数据记录要规范、完整,决不允许主观臆造,弄虚作假。
6. 实验结果:对实验结果的可靠程度与合理性进行评价,并解释所观察到的实验现象;若有数据计算,务必将所依据的公式和主要数据表达清楚。
7. 问题与讨论:针对本实验中遇到的疑难问题,提出自己的见解或体会;也可以对实验方法、检测手段、合成路线、实验内容等提出自己的意见,从而训练创新思维 and 创新能力。

第二章 实验化学基础知识

2.1 化学实验室规则和事故处理

为确保实验顺利进行和实验室安全,进实验室的操作人员必须知道并遵守实验室工作规则和安全守则,懂得常见事故的简单处理。

一、实验室工作规则

1. 在实验室操作的人员必须遵守纪律,保持肃静,集中思想,认真操作,仔细观察,积极思考,如实记录。

2. 爱护国家财物,正确使用实验仪器、设备。若损坏了仪器、设备要向教师报告,填写报损单后按规定手续到实验室换取新仪器。

3. 精密仪器应严格按照操作规程操作使用,发现仪器有故障应立即停止使用,并及时向教师报告。

4. 药品应按规定的量取用,已取出的试剂不能再放回原试剂瓶中,以免带入杂质。取用药品的用具应保持清洁、干燥,以保证试剂的纯洁和浓度。取用药品后应立即盖上瓶盖,以免放错瓶塞,污染药品。

5. 实验前要检查所需仪器是否齐全,有无破损,以便及时补齐、更换。实验中要保证器皿清洁,保持实验台面清洁整齐,实验后仪器、药品放回原处。

6. 废的固体、纸、玻璃渣、火柴梗等应倒入废品篮内;废液倒入指定的废液回收桶,不得倒入水槽流入下水道,剧毒废液由实验室统一处理;未反应完的金属洗净后回收。

7. 实验完后由学生轮流打扫实验室,检查水、电、气安全,关好门窗。

8. 实验室一切物品不得私自带出室外。

二、实验室安全守则

化学实验中使用水、电、气和易燃、易爆、有毒或腐蚀性的药品,存在着不安全因素,如果使用不当会给国家财产和个人造成危害。凡在实验室操作的人员必须重视安全问题,遵守操作规程,努力提高安全操作的自觉性,绝不可以麻痹大意,严格遵守实验室安全守则,以免事故的发生。

1. 易燃的试剂如乙醚、乙醇、丙酮、苯等,使用时应远离火源,用完后立即塞紧瓶塞。

2. 酒精灯要用火柴点燃,添加酒精时要先熄灭火焰,待稍冷后再加,熄灭酒精灯应用灯帽罩住。加热、浓缩液体时试管口要朝向无人处并防止液体冲出容器。

3. 产生有刺激性气味和有毒气体的实验要在通风橱中进行,嗅气体的气味时只能用手轻轻地扇动空气,使少量气体进入鼻孔。

4. 使用有毒试剂如铬盐、钡盐、砷化物、汞及其化合物、氰化物等,要严格防止进入口内和伤口内,废液严禁排入下水道。

5. 浓酸、碱液不能溅在皮肤或衣物上,尤其是不能溅入眼里。稀释他们的溶液时应将浓

溶液倒入稀释剂中,并不断搅拌,尤其是浓硫酸的稀释,绝不可将水倒入浓硫酸中。

6. 湿手不要接触电器插头,人体不能与导电物体直接接触。实验完毕要拔下电器插头。
7. 禁止随意混合各种化学试剂,以免发生意外事故。
8. 严禁在实验室内饮食、吸烟,不得把食物或餐饮具带进实验室,实验后要洗净双手。

三、常见事故的简单处理

因各种原因而发生事故后,千万不要慌张,应冷静沉着,立即采取有效措施处理事故。

1. 起火。

(1) 小火、大火:小火用湿布、石棉布或砂子覆盖物;大火应使用灭火器,而且需根据不同的着火情况,选用不同的灭火器,必要时应报火警(119)。

(2) 油类,有机溶剂着火:切勿用水灭火,小火用砂子或干粉覆盖灭火,大火用二氧化碳灭火器灭火,亦可以用干粉灭火器或 1211 灭火器灭火。

(3) 精密仪器、电器设备着火:切断电源,小火可用石棉布或湿布覆盖灭火,大火用四氯化碳灭火器灭火,亦可以用干粉灭火器或 1211 灭火器灭火。

(4) 活泼金属着火:可用干燥的细砂覆盖灭火。

(5) 纤维材质着火:小火用水降温灭火,大火用泡沫灭火器灭火。

(6) 衣服着火:应迅速脱下衣服或用石棉覆盖着火处或卧地打滚。

2. 触电。首先拉开电闸切断电源,或尽快地用绝缘物(干燥的木棒、竹竿等)将触电者与电源隔开,必要时再进行人工呼吸。

3. 割伤。先将在伤口中的异物取出,不要用水洗伤口,伤轻者可涂以紫药水(或红汞、碘酒);伤势较重时先用酒精清洗消毒,再用纱布按住伤口,压迫止血,立即送医院治疗。

4. 烫伤。被火、高温物体或开水烫伤后,不要用水冲洗或浸泡,若伤处皮肤未破可将饱和 NaHCO_3 调成糊状敷于伤处,也可以用 10% 的高锰酸钾溶液或者苦味酸溶液洗灼伤处,涂上凡士林或烫伤膏。

5. 酸、碱腐蚀。首先用大量的水冲洗,然后,酸腐蚀用饱和 NaHCO_3 溶液(或稀氨水、肥皂水)冲洗,碱腐蚀用 1% 柠檬酸或硼酸溶液冲洗,再用清水冲洗,涂上凡士林。若手被氢氟酸腐蚀,应用水冲洗后再以稀苏打溶液冲洗,然后浸泡在冰冷的饱和硫酸镁溶液中半小时,最后再敷以 20% 硫酸镁、18% 甘油、1.2% 盐酸普鲁卡因和水配成的药膏。若酸、碱溅入眼内,应立即用大量水冲洗(可用自来水),然后再分别用稀的碳酸氢钠溶液或硼酸饱和溶液冲洗,最后滴入蓖麻油。

6. 吸入刺激性或有毒气体。吸入 Br_2 、 Cl_2 或 HCl 气体时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气,使之解毒。吸入 H_2S 或 CO 气体而感到不适者,应立即到室外呼吸新鲜空气。

7. 毒物进入口内。将 5~10ml 稀硫酸铜溶液加入一杯温开水中,内服,然后用手指伸入咽喉部,促使呕吐,再立即送医院治疗。

8. 伤势严重者立即送医院诊治。

四、化学实验室三废处理

1992 年,为治理环境污染,联合国环境与发展大会提出了可持续发展的绿色化学思想,我国绿色化学的研究工作也于 1995 年正式开始,并将成为 21 世纪我国化学教育的重要组成部分。

要实现化学实验教学的绿色化,应大力推广微型化学实验。微型化学实验是 20 年来在国内外发展很快的一种化学实验新方法、新技术。它具有节约试剂、减少污染、测定速度快、安全等特点,便于实验室管理和三废处理。在实验教学中,可根据实际情况,尽可能使实验微型化,加大实验室的三废处理力度。

化学实验室的三废种类繁多,实验过程中产生的有毒气体和废水排放到空气中或下水道,同样对环境造成污染,威胁人们的健康。如 SO_2 、 NO 、 Cl_2 等气体对人的呼吸道有强烈的刺激作用,对植物也有伤害作用;As、Pb 和 Hg 等物质进入人体后,不易分解和排出,长期积累会引起胃痛、皮下出血、肾功能损伤等;氯仿、四氯化碳等能致肝癌;多环芳烃能致膀胱癌和皮肤癌;CrO 接触皮肤破损处会引起溃烂不止等。故需对实验过程中产生的有毒有害物质进行必要的处理。

1. 常用的废气处理方法。

(1)溶液吸收法:溶液吸收法即用适当的液体吸收剂处理气体混合物,除去其中有害气体的方法。常用的液体吸收剂有水、碱性溶液、酸性溶液、氧化剂溶液和有机溶液,它们可用于净化含有 SO_2 、 NO_x 、HF、 SiF_4 、HCl、 NH_3 、汞蒸气、酸雾、沥青烟和各种组分有机物蒸气的废气。

(2)固体吸收法:固体吸收法是使废气与固体吸收剂接触,废气中的污染物(吸收质)吸附在固体表面从而被分离出来。此法主要用于净化废气中低浓度的污染物质,常用的吸附剂及其用途见表 2-1。

表 2-1 常用吸附剂及处理的吸收质

固体吸附剂	处理物质
活性炭	苯、甲苯、二甲苯、丙酮、乙醇、乙醚、乙醛、汽油、乙酸乙酯、苯乙烯、氯乙烯、恶臭物、 H_2S 、 Cl_2 、CO、 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 、 CS_2 、 CCl_4 、 HCCl_3 、 H_2CCl_2
浸渍活性炭	烯烃、胺、酸雾、硫醇、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、HF、HCl、 NH_3 、Hg、HCHO、CO、 CO_2
活性氧化铝	H_2O 、 H_2S 、 SO_2 、HF
浸渍活性氧化铝	酸雾、Hg、HCl、HCHO
硅胶	H_2O 、 NO_x 、 SO_2 、 C_2H_2
分子筛	NO_2 、 H_2O 、 CO_2 、 CS_2 、 SO_2 、 H_2S 、 NH_3 、CmHn、 CCl_4
焦炭粉粒	沥青烟
白云石粉	沥青烟
蚯蚓类	恶臭类物质

2. 常用的废水处理方法。

(1)中和法:对于酸含量小于 3% ~ 5% 的酸性废水或碱含量小于 1% ~ 3% 的碱性废水,常采用中和处理方法。无硫化物的酸性废水,可用浓度相当的碱性废水中和;含重金属离子较多的酸性废水,可通过加入碱性试剂(NaOH 、 Na_2CO_3)进行中和。

(2)萃取法:采用与水不互溶但能良好溶解污染物的萃取剂,使其与废水充分混合,提取污染物,达到净化废水的目的。例如含酚废水就可以采用二甲苯做萃取剂。

(3)化学沉淀法:于废水中加入某种化学试剂,使之与其中的污染物发生化学反应,生成沉淀,然后进行分离。此法适用于除去废水中的重金属离子(如汞、镉、铜、铅、锌、镍、铬等)、碱土金属离子(钙、镁)及某些非金属(砷、氟、硫、硼等)。如氢氧化物沉淀法可用 NaOH 做沉淀剂处理含重金属离子的废水;硫化物沉淀法是用 Na_2S 、 H_2S 、 CaS_x 或 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 等做沉淀剂除汞、砷;铬酸盐法是用 BaCO_3 或 BaCl_2 做沉淀剂除去废水中的 CrO 等。

(4)氧化还原法:水中溶解的有毒无机物或有机物,可通过化学反应将其氧化或还原,转化

成无害的新物质或易从水中分离除去的形态。常用的氧化剂主要是漂白粉,用于含氮废水,含硫废水、含酚废水及含氨氮废水的处理。常用的还原剂有 FeSO_4 或 Na_2SO_3 , 用于还原 6 价铬;还有活泼金属如铁屑、铜屑、锌粒等,用于除去废水中的汞。

此外,还有活性炭吸附法、离子交换法、电化学净化法等。

3. 常用的废渣处理方法。废渣主要采用掩埋法。有毒的废渣必须先进行化学处理后深埋在远离居民区的指定地点,以免毒物溶于地下水而混入饮水中;无毒废渣可直接掩埋,掩埋地点应有记录。

2.2 实验室用水的规格、制备及检验方法

在化学实验室中,根据任务和要求的不同,对水的纯度要求也不同。对于一般的分析实验工作,采用蒸馏水或去离子水即可,而对于超纯物质分析,则要求纯度较高的高纯水。

一、化学实验室用水的规格

我国国家标准 GB6682 - 92《分析实验室用水规格和试验方法》将适用于化学分析和无机痕量分析等。实验用水分成三个等级:一级水、二级水和三级水。表 2-2 列出了各级分析实验室用水的规格。

表 2-2 分析实验室用水的级别及主要指标

指标名称	一级水	二级水	三级水
外观	无色透明液体		
pH 值范围(25℃)	-	-	5.0~7.5
电导率(25℃)(ms/m) $\leq$	0.01	0.01	0.50
可氧化物质[以(O)计](mg/L) $<$	-	0.08	0.40
吸光度(254nm, 1cm 光程) $\leq$	0.001	0.01	-
蒸发残渣(105℃ $\pm$ 2℃)(mg/L) $\leq$	-	1.0	2.0
可溶性硅[以(SiO_2)计](mg/L) $<$	0.01	0.02	-

二、纯水的制备

1. 蒸馏法制纯水。将自来水(或天然水)蒸发成水蒸气,再通过冷凝器将水蒸气冷凝下来,所得到的水就叫做蒸馏水。使用的蒸馏器有玻璃、铜、石英等材料制成、蒸馏水中仍含有一些杂质,主要来自于冷凝装置的锈蚀及可溶性气体的溶解。为消除蒸馏水中的杂质,可在蒸馏水中加入少量高锰酸钾和氢氧化钡,在石英蒸馏器中进行二次蒸馏,收集中段的重蒸馏水(二次蒸馏水),保存重蒸馏水应该用塑料容器而不能用玻璃容器,以免玻璃中所含钠盐及其他杂质慢慢溶解于水而使水的纯度降低。

2. 离子交换法制纯水。用离子交换法制取的纯水也叫“去离子水”。去离子水的纯度很高,制备去离子水时,通常都使用强酸性阳离子交换树脂和强碱性阴离子交换树脂,并预先将它们分别处理成 H 型和 OH 型。交换过程通常是在离子交换柱中进行的。此法的优点是容易制得大量的纯水,成本低,除去离子的能力强。缺点是不能除去非电物质、胶体物质、非离子化的有机物质和溶解的空气等,另外,树脂本身也会溶解出少量有机物。但去离子水对于一般的化学实验,是完全能够满足需要的。因此,是目前化学实验室中最常用的方法。

3. 电渗析法制纯水。电渗析法制纯水是利用离子交换膜的选择性透过性,在外加直流电场的作用下,使一部分水中的离子透过离子交换膜迁移到另一部分水中,造成一部分水淡化,另一部分水浓缩,收集淡水即为所需要的纯化水。此法的优点是仅消耗少量电能,不像离子交换法需消耗酸碱及产生废液,因此无二次污染。缺点是耗水量较大,只能除去水中的电解质,且对弱电解质去除效率低,因此这种方法不适于单独制取纯水,可以与反渗透或离子交换法联用。此法制得的水,适用于要求不很高的分析工作。

三、纯水的检验方法

1. 一般检验方法。为方便起见,化学实验室用的纯水可采用电导率法和化学方法检验。离子交换法制得的纯水可用电导率仪监测水的电导率,根据电导率确定何时需要再生交换柱。注意,在取样后要立即测定,以避免空气中二氧化碳溶于水使电导率增大。

化学检验方法见表 2-3:

表 2-3 实验室用水的化学检验方法

测定项目	检验方法及条件	指示剂	现象	结论
阳离子	取水样 10ml 于试管中,加 2~3 滴氨缓冲液使 pH 值 = 10	2~3 滴铬黑 T	蓝色	无 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子
			紫红色	含阳离子
氯离子	取水样 10ml 于试管中,加入数滴经硝酸酸化后的硝酸银溶液		白色浑浊	有氯离子
			无色透明	无氯离子
pH 值	取水样 10ml	甲基红 pH 指示剂 2 滴	不显红色	符合要求
	取水样 10ml	5 滴溴麝香草酚兰 pH 指示剂	不显蓝色	符合要求

2. 标准方法。

(1)pH 值的测定:量取 100ml 水样,用 pH 计测定 pH 值。

(2)电导率:用电导率仪测定电导率。一、二级水测定时,配备电极常数为 $0.01 \sim 0.1 \text{cm}^{-1}$ 的“在线”电导池,使用湿度自动补偿。三级水测定时配备电极 $0.1 \sim 1 \text{cm}^{-1}$ 的电导池。

(3)吸光度:将水样分别注入 1cm 和 2cm 的比色皿中,于紫外-可见分光光度计上 254nm 处,以 1cm 比色皿中 H_2O 为参比,测定 2cm 比色皿中 H_2O 的吸光度。

(4)可氧化物质:将 100ml 二级水或 100ml 三级水注入烧杯中,然后加入 $10.0 \text{ml } 1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液和新配制的 $1.0 \text{ml } 0.002 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 溶液,盖上表面皿,将其煮沸并保持 5min,与置于另一相同容器中不加试剂的等体积水样做比较。此时溶液呈现淡红色应不完全褪尽。

(5)蒸发残渣:量取 1 000ml 二级水(500ml 三级水),分几次加入到旋转器的 500ml 蒸馏瓶中,于水浴上减压蒸发至剩约 50ml 时转移到已于 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 质量恒定的玻璃蒸发皿中,用 5~10ml 水样分 2~3 次冲洗蒸馏瓶,洗液合并入蒸发皿,于水浴上蒸干,并在 $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的电烘箱中干燥至质量恒定。残渣质量不得大于 1.0mg。

(6)可溶性硅:量取 520ml 一级水(270ml 二级水),注入铂皿中,在防尘条件下煮沸蒸发至约 20ml,加 1.0ml 钼酸铵溶液,摇匀后放置 5min,加入 1.0ml 草酸溶液,摇匀后再放置 1min 后,加入 1.0ml 对氨基酚硫酸盐溶液,摇匀后转移至 25ml 比色管中,定容。于 60°C 水浴中保温 10min,目视比色,溶液所呈蓝色不得深于 $0.5 \text{ml } 0.01 \text{mg/ml SiO}_2$ 标准溶液用水稀释至 20ml 并经