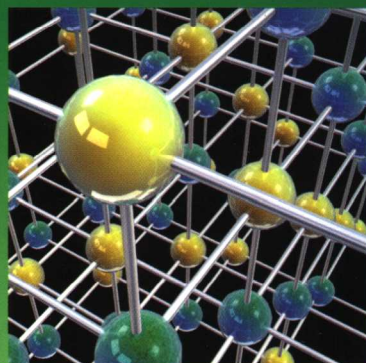




全国高职高专教育“十一五”规划教材



初玉霞 主编

化学实验技术



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

化学实验技术

初玉霞 主编

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是依据高职高专教育化工技术类专业“化学实验技术课程教学大纲”，以训练学生化学实验操作技能为主要目的而编写的。全书主要内容包括“化学实验的基本知识”、“化学实验的基本操作技术”、“物质的物理参数测定技术”、“物质的制备技术”、“物质化学成分的检测技术”以及“化学实验技术综合实训”。

本书突破了传统的四大化学实验体系，建立了基础化学实验教学新体系。全书内容简明扼要，文字通俗易懂，实用性强。在讲述各类实验技术前编有“知识目标”和“能力目标”；在每个实验项目后编有“实验指南与安全提示”和“预习指导”等内容，对教与学都具有较强的指导性；适当选编的“小资料”，内容新颖、可读性强，既可激发学生学习兴趣，又可拓宽学生知识视野。

本书可供高职高专院校、本科院校举办的职业技术学院化工技术类专业及相关专业教学使用，也可用作五年制高职、成人教育化工及相关专业的教材，还可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验技术 / 初玉霞主编. —北京: 高等教育出版社, 2006.12

ISBN 7-04-020092-9

I. 化... II. 初... III. 化学实验—高等学校: 技术学校—教材 IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130408 号

策划编辑 王 冰 责任编辑 董淑静 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 余 杨 责任校对 朱惠芳 责任印制 陈伟光

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	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	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.landracom.com
印 刷	北京宝旺印务有限公司		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2006 年 12 月第 1 版
印 张	18.25	印 次	2006 年 12 月第 1 次印刷
字 数	450 000	定 价	23.00 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 20092 - 00

前 言

本书是依据高职高专教育化工技术类专业“化学实验技术课程教学大纲”,以训练学生化学实验操作技能为主要目的而编写的,适用于高职高专院校与本科院校的职业技术学院化工技术类专业及其他相关专业使用。

根据高职高专化工技术类专业培养模式转变及教学方法改革的需求,以训练学生基本操作技能和培养其素质能力为主线,本着“实用为主,够用为度”的原则,本书的编写突出了以下特点:

1. 优化组合,建立化学实验教学新体系

本书突破了传统的化学实验教学体系,将化学实验的基础知识、基本原理和操作技术进行整体优化组合,构建了化学实验教学新体系。内容删繁就简,避免了不必要的重复,加强了知识的连贯性。编排上本着由易到难、循序渐进、全面提高的原则,既可使学生掌握有关化学实验的基本知识,又便于全面训练和提高学生的基本操作技能。

2. 降低难度,突出教学内容的实用性

与传统的化学实验教材相比,本书较大幅度地精简了实验内容,降低了理论难度。尽量选编与生产、生活实际联系较为密切、毒性较小、实用性较强、操作较为简便又具有一定代表性的实验项目,以利于激发学生学习兴趣和动手操作的积极性,培养其理论联系实际的良好作风。根据当前高职高专的教学实际,教材中对于实验原理部分的阐述,尽可能简化到既浅显易懂又可指导实验的程度。书中语言文字力求通俗、简练、流畅,便于学生理解接受。适当选编的“小资料”,具有内容新颖、信息量大、可读性强等特点,有利于拓宽学生知识视野,及时掌握与本学科相关的前沿信息。

3. 加强指导,注重培养学生独立动手能力

本书充分考虑高职高专的教学特点,除对各类实验技术的操作要点都做了较为详尽的描述外,还配有丰富直观的操作示意图,以便指导学生规范操作,减免失误,正确掌握实验技能,提高独立动手能力。在各类实验技术前都编有“知识目标”和“能力目标”,旨在帮助教师和学生明确本部分内容中应该把握的知识点、所要训练的实验技能以及要求达到的教学目标。在每个实验项目后还编有“实验指南与安全提示”、“预习指导”及“思考题”等内容,以便于教师进行课前辅导和学生顺利完成实验,并使学生养成良好的实验工作习惯与较强的安全防护意识,提高分析问题、解决问题的能力。

4. 强调环保,提倡化学实验绿色化

本书编入了“化学实验绿色化的意义与途径”等内容,目的在于教育学生加强环保意识,注重“三废”处理。在化学实验过程中,尽可能减少环境污染,避免化学物质对人体健康造成危害。

5. 采用国标,体现教材科学性与先进性

全书采用现行国家标准规定的术语、符号和法定计量单位;某些物理常数的测定及产品质量分析按国家标准规定的试验方法编写;适当介绍国内外最新实验方法、仪器与技术等,充分体现了21世纪新教材的科学性与先进性。

6. 富有弹性,便于灵活进行教学安排

本书编入了适量的选学(做)内容,并加“*”标记,使教学内容的安排具有一定弹性,便于各校根据实际情况灵活安排教学。

本书由吉林工业职业技术学院初玉霞担任主编。参加本书编写工作的有吉林工业职业技术学院初玉霞(编写第1,2章及3~6章中的部分内容)、赵红霞和赫奕梅(编写第5,6章中的大部分内容);兰州石化职业技术学院陈淑芬(编写第3,4章中的大部分内容)。全书由初玉霞统一修改定稿。

河北化工医药职业技术学院刘军担任本书主审。高等教育出版社组织有关专家评审全书,他们都提出了宝贵的修改意见,在此一并表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误,敬请同行和读者批评、指正。

编 者
2006年6月

目 录

1. 化学实验的基本知识	1	思考题	48
1.1 化学实验技术及其学习方法	1	2.4 结晶与重结晶技术	49
1.1.1 化学实验技术的任务和目的	1	2.4.1 结晶	49
1.1.2 化学实验技术的分类	2	2.4.2 重结晶	49
1.1.3 化学实验技术的学习方法	2	思考题	51
1.1.4 实验数据的记录与处理	4	2.5 干燥与干燥剂	51
1.1.5 化学实验文献资料简介	6	2.5.1 气体物质的干燥	52
思考题	7	2.5.2 液体物质的干燥	52
1.2 化学实验常识	8	2.5.3 固体物质的干燥	53
1.2.1 化学实验室规则	8	思考题	54
1.2.2 化学实验绿色化的意义与途径	8	实验 2-1 粗食盐的提纯	55
1.2.3 化学实验的安全与防护常识	10	实验 2-2 苯甲酸的重结晶	57
思考题	12	2.6 蒸馏与分馏技术	58
1.2.4 化学实验常用玻璃仪器的洗涤 和干燥	12	2.6.1 普通蒸馏	59
思考题	23	2.6.2 简单分馏	61
1.2.5 化学试剂知识	23	2.6.3 水蒸气蒸馏	62
思考题	30	2.6.4 减压蒸馏	64
1.2.6 化学实验用水	31	思考题	66
1.2.7 滤纸与试纸	32	实验 2-3 丙酮-水混合物的分离	67
思考题	34	* 实验 2-4 八角茴香的水蒸气蒸馏	69
小资料 头发也可监测环境污染	34	* 实验 2-5 乙二醇的减压蒸馏	70
2. 化学实验的基本操作技术	35	2.7 萃取技术	71
2.1 加热与冷却技术	35	2.7.1 萃取溶剂的选择	71
2.1.1 加热技术	35	2.7.2 液体物质的萃取(或洗涤)	72
2.1.2 冷却技术	40	2.7.3 固体物质的萃取	73
思考题	40	2.8 升华技术	74
2.2 溶解与蒸发技术	41	2.8.1 常压升华	74
2.2.1 固体的溶解	41	2.8.2 减压升华	74
2.2.2 溶液的蒸发	43	实验 2-6 从茶叶中提取咖啡因	75
思考题	43	2.9 玻璃管的加工技术	76
2.3 沉淀与过滤技术	44	2.9.1 玻璃管的简单加工	76
2.3.1 沉淀技术	44	2.9.2 塞子的钻孔	79
2.3.2 过滤技术	45	2.9.3 仪器的连接与装配	80
		思考题	81

小资料 超临界流体萃取技术	81	* 实验 3-7 电导法测定水的纯度	109
3. 物质的物理参数测定技术	82	小资料 水中的重金属元素	110
3.1 沸点的测定技术	82	4. 物质的制备技术	112
3.1.1 沸点及其测定的意义	82	4.1 制备物质的步骤和方法	112
3.1.2 测定沸点的装置	83	4.1.1 制备路线的设计	112
3.1.3 测定沸点的方法	83	4.1.2 反应装置的设计	113
实验 3-1 液体沸点的测定	84	4.1.3 反应条件的设计	113
3.2 熔点与凝固点的测定技术	85	4.1.4 精制方法的设计	114
3.2.1 熔点的测定	85	4.1.5 实验计划的制订	114
3.2.2 凝固点的测定	88	4.1.6 实验的准备与实施	115
实验 3-2 固体熔点的测定	88	4.1.7 产物结构的检测	115
小资料 数字熔点仪	90	4.1.8 实验“三废”的处理	115
3.3 密度的测定技术	91	思考题	116
3.3.1 密度及其测定原理	91	4.2 实验的产率与计算	116
3.3.2 测定密度的方法	91	4.2.1 影响实验产率的因素	116
* 实验 3-3 液体密度的测定	93	4.2.2 提高实验产率的措施	116
附 1 恒温槽及其使用	94	4.2.3 实验产率的计算	117
附 2 电子分析天平及其使用	96	思考题	118
3.4 黏度的测定技术	96	4.3 气体物质的制备	118
3.4.1 毛细管黏度计及其测定原理	97	4.3.1 实验室常用的制气装置	118
3.4.2 测定黏度的方法	97	4.3.2 气体的净化与收集	120
* 实验 3-4 液体黏度的测定	98	思考题	121
3.5 折射率的测定技术	100	实验 4-1 氢气、氯化氢和乙烯的 制备	121
3.5.1 折射率及其测定的意义	100	4.4 液体和固体物质的制备	123
3.5.2 折射仪及其工作原理	100	4.4.1 制备反应装置	123
3.5.3 测定折射率的方法	101	4.4.2 回流操作要点	128
实验 3-5 乙二醇-丙酮混合物折射率 的测定	101	4.4.3 粗产品的精制	129
3.6 旋光度的测定技术	103	思考题	130
3.6.1 旋光度及其测定的意义	103	实验 4-2 硝酸钾的制备	130
3.6.2 旋光仪及其工作原理	104	* 实验 4-3 硫酸亚铁铵的制备	133
3.6.3 测定旋光度的方法	105	小资料 目视比色法	135
实验 3-6 蔗糖水解过程旋光度的 测定	105	* 实验 4-4 肥皂的制备	136
3.7 电导率的测定技术	107	小资料 肥皂	138
3.7.1 电导率及其测定的意义	107	实验 4-5 阿司匹林的制备	138
3.7.2 电导率仪及其工作原理	107	小资料 阿司匹林	141
3.7.3 测定电导率的方法	108	实验 4-6 β -萘乙醚的制备	141
		小资料 定香剂	143

实验 4-7 乙酸异戊酯的制备	144	5.2.1 直接电位法	190
小资料 酯类	146	5.2.2 电位滴定法	191
* 实验 4-8 乙酸乙酯的制备	146	思考题	193
* 实验 4-9 环己烯的制备	149	实验 5-8 直接电位法测定溶液 的 pH	193
实验 4-10 肉桂酸的制备	151	小资料 “pH” 的来历	195
* 实验 4-11 季戊四醇的制备	154	实验 5-9 电位滴定法测定酸牛乳的 总酸度	195
小资料 合成染料	156	5.3 吸光光度法	197
5. 物质化学成分的检测技术	157	5.3.1 可见分光光度法	197
5.1 滴定分析法	157	思考题	200
5.1.1 滴定分析的基本原理	158	5.3.2 原子吸收光谱法	200
思考题	159	思考题	202
5.1.2 酸碱滴定法	159	实验 5-10 可见分光光度法测定 微量铁	203
思考题	162	实验 5-11 原子吸收光谱法测定 水中镁	205
5.1.3 配位滴定法	162	* 实验 5-12 原子吸收光谱法测定头 发中微量锌	207
思考题	164	小资料 光度分析中的导数技术	209
5.1.4 氧化还原滴定法	164	5.4 色谱法	209
思考题	165	5.4.1 气相色谱法	210
5.1.5 滴定分析结果与计算	166	5.4.2 液相色谱法	215
思考题	169	思考题	217
5.1.6 滴定分析仪器与操作	170	实验 5-13 苯系混合物的气相色谱 分析	217
思考题	176	思考题	219
实验 5-1 分析天平的称量练习	176	* 实验 5-14 乙醇中少量水分的气相 色谱分析	220
实验 5-2 滴定管、容量瓶、吸管 使用练习	178	小资料 气相色谱专家系统	222
实验 5-3 氢氧化钠标准滴定溶液的 制备和工业乙酸含量的 测定	179	实验 5-15 萘、联苯、菲的液相色谱 分析	222
实验 5-4 盐酸标准滴定溶液的制备 和混合碱的测定	182	* 实验 5-16 果汁中有机酸的液相 色谱分析	224
* 实验 5-5 EDTA 标准滴定溶液的制备 和水中钙、镁总量的测定	184	小资料 高效液相色谱专家系统	226
实验 5-6 高锰酸钾标准滴定溶液的 制备和亚铁盐含量的 测定	186	6. 化学实验技术综合实训	227
* 实验 5-7 硫代硫酸钠标准滴定溶液的 制备和硫酸铜含量的 测定	188	实验 6-1 增塑剂邻苯二甲酸二丁酯 的制备	228
5.2 电位分析法	190		

* 实验 6-2 用糠醇改性的脲醛树脂黏合剂的制备	231	附录 4 我国选定的非国际单位制单位	265
* 实验 6-3 植物生长调节剂 2,4-二氯苯氧乙酸的制备	236	附录 5 水在不同温度下的饱和蒸气压	266
小资料 植物生长调节剂	240	附录 6 水在不同温度下的黏度	266
实验 6-4 局部麻醉剂苯佐卡因的制备	240	附录 7 水在不同温度下的折射率	267
小资料 麻醉剂	247	附录 8 不同温度下水、乙醇、汞的密度	267
* 实验 6-5 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及其组成的测定	248	附录 9 几种常见金属的熔点	267
实验 6-6 含锌药物的制备及含量测定	250	附录 10 弱酸和弱碱在水中的解离常数(25℃)	268
小资料 含锌药物	253	附录 11 一些物质在热导检测器上的相对响应值和相对校正因子	269
实验 6-7 从黄连中提取黄连素	253	附录 12 一些物质在氢火焰检测器上的相对质量响应值和相对质量校正因子	272
* 实验 6-8 从橙皮中提取柠檬油	255	附录 13 气压计读数的温度校正值	274
实验 6-9 从绿色蔬菜中提取天然色素	256	附录 14 气压计读数纬度重力校正值	275
小资料 农药残留物的检测	258	附录 15 沸程温度随气压变化的校正值(CV)	276
化学实验技术课程参考教学大纲	259	附录 16 常用有机溶剂的纯化	276
附录	262	附录 17 有毒化学品及其极限安全值	278
附录 1 国际相对原子质量表(1997 年)	262	参考文献	281
附录 2 常用酸溶液和碱溶液的相对密度和浓度	263		
附录 3 标准电极电势(298 K)	264		

1. 化学实验的基本知识

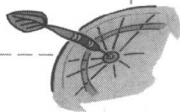
目标

知识目标

- 了解化学实验的意义、目的、内容及学习方法
- 了解化学实验的一般知识及实验室规则
- 了解化学实验绿色化的意义及化学实验的安全防护知识

能力目标

- 会清洗与干燥玻璃仪器
- 会使用量筒(杯)和托盘天平
- 会取用化学试剂



化学实验是在特定的环境下进行的实验操作训练,实验者必须首先了解有关化学实验的一些基本知识和规则,才能保证实验的顺利进行并取得预想的结果。

化学实验的基本知识主要包括化学实验技术的任务、目的、内容、学习方法以及化学试剂、实验用水、数据处理与安全防护等化学实验的基本常识。

1.1 化学实验技术及其学习方法

化学是以实验为基础的自然科学。化学的理论、原理和定律都是在实践的基础上产生,又依靠理论与实践的结合而发展的。随着知识经济时代的到来,化学学科也正在以日新月异的变化向前发展。许多高科技新产品的开发和应用、工业三废的处理、生产技术攻关、环境保护、生命与健康领域的科学研究等都依赖于化学实验技术的应用。因此,化学实验技术是高职高专院校化工类及其相关专业的学生必备的知识素质之一,是培养 21 世纪高素质的化学、化工类应用型人才,提高其职业岗位技能的重要组成部分。

1.1.1 化学实验技术的任务和目的

1.1.1.1 化学实验技术的任务

化学实验技术的主要任务是通过化学实验教学训练学生的基本操作技能,提高其实际动手能力,培养理论联系实际的工作作风、实事求是的科学态度和良好的实验习惯,为学习后续课程

以及将来从事化工生产操作、管理或化工产品小试工作奠定基础。

1.1.1.2 化学实验技术的目的

化学实验技术的目的是使学生具备作为高素质专门人才所必需的化学实验知识和实验操作技能。具体要求:

- (1) 了解化学实验的类型和化学实验的基本知识;
- (2) 能正确选择和使用实验室常用仪器、设备,了解常用仪器的构造、性能和工作原理;
- (3) 能正确理解各类实验的操作原理,熟练掌握各类实验的操作技术;
- (4) 学会观察实验现象,正确测量、记录实验数据,并能根据各类实验性质,正确处理实验数据;
- (5) 学会分析、处理实验中出现的各种问题,能正确、科学地表达实验结论,规范地完成各类实验报告。

1.1.2 化学实验技术的分类

为便于学习和训练,根据实验的目的、方法和要求不同,可将化学实验技术分为以下几类。

(1) 化学实验基本操作技术 化学实验基本操作技术主要包括加热、冷却、溶解、搅拌、蒸发、沉淀、萃取、洗涤、结晶、过滤、干燥、升华等基本操作,以及普通蒸馏、简单分馏、减压蒸馏和水蒸气蒸馏等实验装置的安装和操作方法。

(2) 物质的物理参数测定技术 物质的物理参数测定技术主要包括液体物质的密度、黏度、沸点、折射率,固体物质的熔点、凝固点以及溶液的旋光度和电导率等物理量的测定原理、实验装置和测定方法等。

(3) 物质的制备技术 物质的制备技术主要包括物质的制备原理、反应装置、制备方法以及粗产物的纯化方法等。

(4) 物质化学成分的检测技术 物质化学成分的检测技术主要包括利用滴定分析法、电位分析法、吸光光度法和色谱法对物质化学成分进行分析检验的原理和方法。

1.1.3 化学实验技术的学习方法

我国著名化学家、中国科学院前任院长卢嘉锡教授说过,科学工作者应具备“C3H3”,即Clearhead(清醒的头脑),Cleverhand(灵巧的双手),Cleanhabit(整洁的习惯)。这对于我们学好化学实验技术有着重要的指导意义。因为实验课就是要手脑并用,认真思考,认真操作,认真整理。化学实验的程序主要包括预习实验、实施实验和总结实验三个环节。认真对待、很好把握这三个环节,就能使实验顺利进行,并从中学到相关的实验技术,提高操作技能,从而有力地保证学习化学实验技术的效果。

1.1.3.1 预习实验

实验前是否充分预习实验是实验成败的关键之一。预习的方法主要是读、查、写。

读,是指仔细阅读教材中与本实验相关的内容,明确目的要求和实验原理,清楚操作步骤及

所需仪器、药品,了解实验的操作注意事项,做到实验前心中有数。

查,是指根据实验所需,查阅有关手册和资料,了解与本实验相关的物质的性能和物理参数。

写,是指写好预习笔记。每个学生都应准备专用的实验预习和记录本,不可用散页纸张代替。在认真阅读教材和查阅资料的基础上,将实验的题目、目的、原理、反应式(正反应及主要的副反应)、主要试剂和产物的物理参数及规格、用量等写在预习笔记本上;将实验操作步骤以流程图的形式用简单明了的文字及符号写出来(如试剂写分子式,克写“g”,毫升写“mL”,加热写“ Δ ”,加入写“+”,沉淀写“ $\downarrow$ ”,气体逸出写“ $\uparrow$ ”等等);对于做好实验的关键所在和可能出现的问题,要特别予以标明,以提示自己在操作时加以注意。

1.1.3.2 实施实验

实施实验时,应严格按操作规程和预定步骤进行。不得随意更改试剂用量、加料顺序、反应时间及操作程序。实验中应认真操作、仔细观察、积极思考,并将观察到的实验现象如实地记录下来。对于实验中出现的异常现象特别要详细、及时地记录,以便分析原因、总结讨论。

实验记录是原始资料,不能随便涂改,更不能事后凭记忆补写“回忆录”。字迹要工整,内容应简明扼要。

1.1.3.3 总结实验

实验结束后要认真总结,分析实验现象,整理有关数据和资料,做出结论。制备实验要计算产率并描述产品外观特征。对于实验中出现的問題要加以讨论并提出对实验的改进意见或建议。在总结整理的基础上,撰写出规范、准确、完整的实验报告。

根据实验类型不同,实验报告可以采取不同的格式。以下列出了“物质的制备”和“物质的滴定分析”实验报告格式示例,供参考。

(1) “物质的制备”实验报告格式示例

实 验 名 称

日期_____ 室温_____ 姓名_____

实验成绩_____ 指导教师_____

1. 目的要求
2. 实验原理(制备反应式)
3. 主要试剂规格及用量
4. 实验装置图
5. 操作步骤流程图
6. 实验结果
 - 产品外观
 - 熔(沸)点
 - 产量
 - 产率计算
7. 问题与讨论

(2) “物质的滴定分析”实验报告格式示例

实验名称

日期_____ 室温_____ 姓名_____

实验成绩_____ 指导教师_____

1. 目的要求
2. 实验原理
3. 实验用品
4. 实验步骤
5. 数据记录与处理
6. 问题与讨论

1.1.4 实验数据的记录与处理

在化学实验过程中,不仅要准确测量有关物理量,还要及时、正确地记录数据并加以归纳、整理,最后才能以适当的方式表达实验的准确结果。

1.1.4.1 数据的记录与有效数字

(1) 数据的记录 实验过程中,各种测量数据都应及时、准确、详细地记录下来。为确保记录真实可靠,实验者应备有专门的实验原始记录本,并按顺序编排页码,一般不得随意撕去造成缺页。原始记录是化学实验工作原始情况的真实记载,所记录的内容不能带有主观因素。原始数据不能缺项,不得随意涂改,更不能抄袭拼凑或伪造数据。如发现某数据因测错、记错或算错而需要改动时,可将该数据用一横线划去,并在其上方写上正确数值。

实验中所记录的测量值,不仅要表示出数量的大小,而且要正确地反映出测量的精确程度。例如,用精确度为万分之一的分析天平(其称量误差为 $\pm 0.0001\text{ g}$)称得某份样品的质量为 0.5780 g ,则该数值中 0.578 是准确的,其最后一位数字“ 0 ”是可疑的,可能有正、负一个单位的误差,即该样品的实际质量是在 $(0.5780 \pm 0.0001)\text{ g}$ 范围内的某一数值。此时称量的绝对误差为 $\pm 0.0001\text{ g}$,相对误差为

$$\frac{\pm 0.0001}{0.5780} \times 100\% = \pm 0.02\%$$

若将上述称量结果记作 0.578 g ,则意味着该份样品的实际质量是在 $(0.578 \pm 0.001)\text{ g}$ 范围内的某一数值,即称量的绝对误差为 $\pm 0.001\text{ g}$,相对误差也将变为 $\pm 0.2\%$ 。由此可见,在记录测量结果时,小数点后末位的“ 0 ”写与不写对于测量数据精确度的影响很大。

(2) 有效数字 正确记录的数据应该是除最末一位数字为可疑的、可能有 ± 1 的偏差外,其余数字都是准确的。这样的数字称为有效数字。

应当注意,“ 0 ”在数字中有几种意义。数字前面的 0 只起定位作用,本身不算有效数字;数字之间的 0 和小数点末位的 0 都是有效数字;以 0 结尾的整数,最好用 10 的幂指数表示,这时前面的系数代表有效数字。由于 pH 为氢离子浓度的负对数值,所以 pH 的小数部分才是有效数字。

下面列举几例化学实验中经常用到的各类数据。

样品的质量 9.5 g 两位有效数字(用托盘天平称量)

	0.203 0 g	四位有效数字(用分析天平称量)
溶液的体积	24 mL	两位有效数字(用量筒量取)
	25.34 mL	四位有效数字(用滴定管计量)
溶液的浓度	0.101 0 mol·L ⁻¹	四位有效数字
	0.2 mol·L ⁻¹	一位有效数字
质量分数	34.26%	四位有效数字
电离常数	1.8×10 ⁻⁵	两位有效数字
pH	8.40	两位有效数字

1.1.4.2 有效数字的运算和修约规则

对有效数字进行运算处理时,应遵循下列规则。

(1) 几个数字相加、减时,应以各数字中小数点后位数最少(即绝对误差最大)的数字为依据来决定结果的有效数字位数。

(2) 几个数字相乘、除时,应以各数字中有效数字位数最少(即相对误差最大)的数字为依据来决定结果的有效数字位数。若某个数字的第一位有效数字 ≥ 8 ,则有效数字的位数应多算一位。

(3) 需要弃去多余数字时,按“四舍六入五取双”原则进行修约,即当尾数 ≤ 4 时,舍去;当尾数 ≥ 6 时,进入;当尾数为5而后面数为0时,若5的前一位是奇数则入,是偶数(包括0)则舍;若5后面还有不是0的任何数皆入。

应注意,若所拟舍去的为两位以上数字时,不得逐级多次修约,只能对原始数据进行一次修约到所需要的位数。

例 1.1 完成下列计算:

$$(1) 34.37 + 6.342\ 6 + 0.034 = 40.746\ 6 \xrightarrow{\text{修约}} 40.75$$

$$(2) \frac{15.3 \times 0.198\ 8}{8.6} = 0.353\ 68 \xrightarrow{\text{修约}} 0.354$$

例 1.2 将下列数据修约到两位有效数字:

$$2.412 \rightarrow 2.4$$

$$0.626 \rightarrow 0.63$$

$$34.52 \rightarrow 35$$

$$9.050 \rightarrow 9.0$$

$$44.50 \rightarrow 44$$

$$3.649\ 8 \rightarrow 3.6$$

1.1.4.3 实验数据的处理与表达方法

实验中测得的数据经归纳、处理后,其结果应以简明的方式表达出来。化学实验中,数据处理和结果的表达通常采用列表法、图解法或数学方程法。

(1) 列表法 列表法是将实验数据按自变量与因变量一一对应列表,并把相应的计算结果填入表中。

使用列表法应注意以下几点。

① 每个表格应有序号及完整的表名。

② 表格中每一行或列应标明项目名称和单位,有时也可采用符号表示,如 V/mL , p/Pa , $\text{mp}/^\circ\text{C}$ 等,斜线后表示单位。

③ 表中所列有效数字的位数应取舍相当;同一列中数字的小数点应上下对齐,以便相互比较;数字为零时记作“0”;数值空缺时应记一横线“—”。

④ 必要时可在表的下方注明数据的处理方法或计算公式。

列表法简单明了,便于参考比较,不仅适于表达实验结果,也可用于原始数据的记录。

(2) 图解法 图解法是将实验数据按自变量与因变量的对应关系绘制成图形,这种图形可将变量间的变化趋向、变化速率、极大值、极小值、转折点以及周期性等主要特征清楚、直观地表现出来,便于分析研究。

图形的绘制方法如下。

① 正确建立坐标轴和分度。选择大小适当的直角坐标纸,以 x 轴代表自变量, y 轴代表因变量,每个坐标轴均应标明名称和单位,如 $c/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$, λ/nm 等。坐标分度应便于从图上读出任一点的坐标值,而且其精度应与测量精度一致。对于主线间为十等分的坐标纸,每格代表的变量值取 1, 2, 4, 5 等数值较为方便。曲线若为直线或近乎直线,则应使图形位于坐标纸的中央位置或对角线附近。比例尺的选择要得当,以便使图形准确显示变化规律。

② 按原始数据标出作图点。用圆点($\cdot$)或叉($\times$)等符号将实验测得的原始数据标绘在坐标纸相应的位置上。若需在同一张坐标纸上表示几种不同的测量结果时,可选用不同符号加以标记,并需在图上注明不同符号所代表的含义。

③ 按作图点绘制曲线。若各数据点成直线关系,则用铅笔和直尺依各点的趋向,在点群之间画出一直线,注意应使直线两侧点数及其与直线间距离接近相等。若数据点为曲线,则先用铅笔沿各点的变化趋向轻轻描绘,再以曲线板逐渐拟合,绘出光滑曲线。描绘曲线时,不一定通过图上所有点及两端的点,但应力求使各点均匀地分布在曲线两侧邻近处。

④ 标注图名。每幅图都应标有简明的图题,并注明取得数据的主要实验条件等。

(3) 数学方程法 数学方程法是将实验数据经过整理,总结为一个数学方程表达式。还可按数学方程表达式编制计算程序,由计算机完成数据处理和表图制作等。数学方程法可更精确地表达自变量和因变量之间的函数关系。

1.1.5 化学实验文献资料简介

化学文献资料是有关化学方面的科学研究、生产实践等的记录和总结。通过查阅有关文献资料或手册,可帮助实验者了解实验所用药品、溶剂及产物的物理参数、化学性质、制备方法和检验标准等,以便更好地控制实验条件并指导实验操作。这里简单介绍几种化学实验中常用的文献资料及手册。

(1) 化工辞典(第四版) 王箴主编,化学工业出版社出版,2000 年。

这是一本综合性的化工工具书,1969 年初版,曾三次再版,多次重印,每次重印都有增删和修改。其中收集了包括化学、化工、医药、材料、环保等各种词目共 16 000 多条。对所涉及的化合物都列出了分子式、结构式、基本的物理化学性质、熔点、沸点、密度及溶解度等数据,并有简要的制法和用途说明。书前附有汉语拼音检字索引及汉字笔画检字索引,书末附有英文索引。具

有收词全面、新颖、实用,释义科学、准确、简明、规范,检索查阅方便等特点。

(2) 化学实验规范 北京师范大学《化学实验规范》编写组编著,北京师范大学出版社出版,1990年。

该书编入了各类化学实验的教学要求和操作规范。书中还编有各类实验仪器或装置的构造、原理、使用方法与注意事项等。对于规范化学实验的操作具有很好的指导作用。

(3) 实验化学原理与方法 张济新、邹文樵等编,化学工业出版社出版,1999年。

该书是根据原国家教委批准立项的“面向21世纪工科化学课程系列改革与实践”课题所编写的教材。全书将各类基础化学实验的教学要求、实验原理与操作方法归纳为实验室的一般知识、测量误差与实验数据处理、基本物理量的测量原理和技术、物质分离原理与操作、化学合成、物质组分分析、常见离子的分离和鉴定以及实验方法概述等八章内容。对于化学实验教学具有一定的参考价值。

(4) 化工、石油化工产品国内外标准速检手册 中国标协、化工标准化协会出版,1994年。

该手册收集了国内、外化工、石油化工标准约30 000条,涉及无机化工、有机化工、精细化工等各专业的各类产品。在每个产品标准的项目下,分别编入了现行国家标准、行业标准、与其配套的实验方法标准,以及相应的国际标准和国外先进标准。可根据实验需要进行检索查阅。

(5) 化学工业标准汇编 中国标准出版社出版。

这套汇编汇集了国家技术监督局和原化学工业部批准发布的全国化工方面的国家标准和行业标准。分为无机化工、有机化工、橡胶、塑料、染料、涂料、化肥、农药、化学试剂、食品添加剂、化工综合及化学气体等若干分册。当进行精确度要求较高的实验或对某产品质量进行权威性检测时,可参照“标准”中规定的方法操作。



思考题

- (1) 为什么要学习化学实验技术? 学习要求有哪些?
- (2) 化学实验技术一般可分为哪些种类?
- (3) 化学实验的程序主要包括哪些环节?
- (4) 实验前为什么要进行预习? 应该预习哪些内容?
- (5) 什么叫做实验的原始记录?
- (6) 什么是有效数字? 有效数字进行运算时,应遵循哪些规则?
- (7) 按有效数字的运算规则,计算下列各式的结果:
 - a. $0.0025 + 2.5 \times 10^{-3} + 0.1025$
 - b. $1.213 \times 2.14 + 9.2 \times 10^{-4} - 0.0121 \times 0.008214$
 - c.
$$\frac{(50.00 \times 1.020 - 30.00 \times 0.1000) \times \frac{1}{2} \times 100.09}{2.500 \times 1000}$$
 - d.
$$\frac{0.0892}{1.050 \times \frac{25}{250}}$$
- (8) 用列表法、图解法和数学方程法表达实验结果各有什么特点?
- (9) 绘制坐标图时,若比例尺选择不当会出现什么后果?
- (10) 描绘曲线时,必须通过所有作图点吗? 应如何描绘?

1.2 化学实验常识

化学实验是在较为特殊的环境中进行的科学实验。在化学实验中,往往要使用一些易燃(如酒精、丙酮等)、易爆(如金属钠、乙炔等)、有毒(如重铬酸钾、苯肼等)及有腐蚀性(如浓硫酸、溴等)的化学试剂。这些化学试剂如果使用不当,就有可能发生着火、爆炸、中毒和灼伤等事故,造成人身伤亡并使国家财产遭受损失。此外,玻璃器皿、电器设备等如果使用或处理不当还会发生割伤或触电事故。为有效维护人身安全、确保实验顺利进行,每个实验者必须熟悉和遵守实验室规则,严格按实验规程进行操作,还应该了解常用仪器设备的性能和化学药品的危害、一般事故的预防与处理等安全防护知识。

1.2.1 化学实验室规则

- (1) 实验前应认真预习,了解实验中所用危害性药品的安全操作方法。
- (2) 进入实验室后,应首先熟悉水、电、煤气等的开关及灭火器材等安全用具的放置地点和使用方法。
- (3) 实验前应认真检查所有仪器是否完整无损,装置是否正确稳妥,确保无误后方可进行实验。
- (4) 实验中所用的任何化学药品,都不得随意散失、遗弃和污染,使用后必须放回原处。实验后的残渣、废液等应倒入指定容器内,统一处理。
- (5) 对于有可能发生危险的实验,应在防护屏后面进行或使用防护眼镜、面罩和手套等防护用品。
- (6) 实验过程中不得擅自离岗,应随时观察反应现象是否正常、仪器有无漏气和破裂等。要如实、详细地记录实验现象和结果。
- (7) 实验室内严禁吸烟、饮食、嬉笑和打闹。
- (8) 实验结束后,应及时洗手,清理实验台面,关闭水、电开关,经教师检查允许后方可离开实验室。

1.2.2 化学实验绿色化的意义与途径

在全球掀起绿色化学革命的今天,环保理念已日益深入人心,化学实验的绿色化也成为化学工作者需要认真研究的课题之一。

1.2.2.1 化学实验绿色化的意义

化学工业的飞速发展在保证和提高人类生活质量方面起到了无可替代的作用。但与此同时,随着化学品的大量生产和广泛应用,也给人类的生态环境带来了污水、烟尘、难以处置的废物和各种各样的毒物,严重地威胁着人们的健康,危害着我们的地球。这种情况引起了越来越多的人的关注。1990年,美国国会通过了《污染预防法案》,明确提出了污染预防这一概念,要求杜绝