



高等学校教材

化学实验

(第二版)



上册

(无机化学、分析化学、有机化学实验部分)

主 编 方 宾 王 伦 高 峰
副主编 周映华 孙礼林 张明翠



高等教育出版社

高等学校教材

化学实验

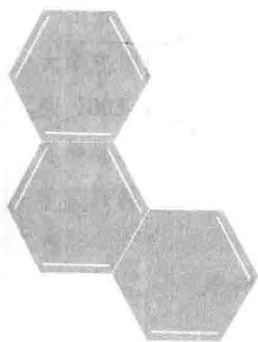
(第二版)

Huaxue Shiyan

上册

(无机化学、分析化学、有机化学实验部分)

主 编 方 宾 王 伦 高 峰
副主编 周映华 孙礼林 张明翠



高等教育出版社·北京

内容提要

本书第一版为普通高等教育“十五”国家级规划教材。第二版在第一版教材上、下册的基础上调整为上、中、下三册,保留了注重规范基本操作的特点,强化了综合设计性实验的内容。第二版上册含无机化学、分析化学、有机化学等学科基本常识、基础仪器、基本技能等基础性实验内容;中册内容涵盖仪器分析、有机合成、物理化学、化工基础等学科,保留了成分分析及表征、常数测量等基础性实验,更新了实验内容,介绍了新仪器、新方法、新技术;下册为综合设计性实验,以化学实验和技能复合程度较高的探索性实验为主,从物质制备、表征和性能测试等方面对实验内容进行了整合。本教材的上、中册以各种化学实验技术和技能的分类训练为主,保证化学基本理论、基本知识和实验技能训练的要求,适用高校化学类专业及相关专业开设基础化学实验的本科生。下册着重培养学生灵活运用基本理论和技能、利用近现代实验技术解决化学问题的能力,主要面向高校化学类专业本科生。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验.上册,无机化学、分析化学、有机化学实验部分/方宾,王伦,高峰主编.--2版.--北京:高等教育出版社,2015.5

ISBN 978-7-04-042503-1

I. ①化… II. ①方… ②王… ③高… III. ①化学实验-高等学校-教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 077434 号

策划编辑 殷英
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 殷英
责任校对 王雨

封面设计 张志
责任印制 刘思涵

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京明月印务有限责任公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 14.25
字 数 340千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2003年5月第1版
2015年5月第2版
印 次 2015年5月第1次印刷
定 价 19.90 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 42503-00

第二版前言

21 世纪初,安徽师范大学对化学实验教学进行改革,将化学实验独立设课,组建了化学实验教学中心。为适应教学要求,编写出版了《化学实验》,全书分为上、下册,其中上册为基础化学实验,含基本常识、基础仪器、基本技能、基础实验等内容,由方宾、王伦任主编;下册为综合化学实验,含成分分析及表征、常数测量、合成化学、化工基础等实验内容,由王伦、方宾任主编。该套教材为普通高等教育“十五”国家级规划教材,自 2003 年出版以来,为培养“厚基础、宽口径、强能力、高素质”全面发展的本科人才发挥了积极的作用,受到广大学生、教师及同行的欢迎,收到了良好的教学效果。

近年来,随着国内高等教育形势和人才培养需求的变化,实验条件的进一步改善,以及实验教学理念的更新,第一版教材逐渐体现出一些缺陷,特别是综合性实验数量的不足,不利于学生实践能力的提高,设计型实验的缺乏,不利于学生创新能力的培养。与此同时,随着化学各分支学科的交叉融合及新进展,第一版教材已不能反映化学各学科的最新发展。鉴于以上情况,化学实验教学中心组织具有丰富教学经验的教师在第一版教材的基础上,结合兄弟院校在使用过程中提出的许多宝贵意见,对《化学实验》进行了修订。我们对教材内容进行了充实、优化、整合,由第一版的两册调整为现在的三册。

第二版上册含无机化学、分析化学、有机化学实验内容;中册涵盖仪器分析、有机合成、物理化学、化工基础实验内容;下册为综合设计性实验。第二版教材仍保留了第一版教材力求体现的特色,在实验内容编排上,突出能力培养主线,注意学科素养的培养与环保教育;注重基础,规范基本方法、基本原理、基本操作;强化综合,突出学科间的交叉融合,提高综合性、设计性实验的比重,加强综合能力及应用能力的培养。

本书修订工作由安徽师范大学化学与材料科学学院部分教师编写完成,详见于相应实验项目的署名,在此谨向有关作者致以衷心感谢。全书由周映华、张明翠、孙礼林、唐业仓、张武统稿。

本书修订时编者虽经多次修改,但限于水平,难免存在缺点和错误,恳请广大教师和读者批评指正。

本书的出版是安徽师范大学国家级化学实验教学示范中心建设的重要成果之一。安徽师范大学化学实验教学中心组建于 2000 年 4 月,2002 年中心通过安徽省基础课教学实验室合格评估,2003 年 4 月被批准授予首批安徽省高校省级基础课实验教学示范中心,2007 年 11 月被教育部批准为国家级实验教学示范中心建设单位。2013 年 1 月顺利通过验收,正式成为国家级化学实验教学示范中心。

编 者

2015 年 1 月

第一版前言

本书是教育部“十五”国家级规划教材。全书分上、下二册,上册为基础化学实验,下册为综合化学实验。上册含基本常识、基础仪器、基本技能、基础实验等内容,面向化学学科及相关学科开设基础化学实验的本、专科学生;下册含成分分析及表征、常数测量、合成化学、化工基础等实验内容,面向化学学科各专业开设综合化学实验的本科生。上册主编方宾、王伦,副主编魏先文、陈友存、陈高昌、张强和邵思常;下册主编王伦、方宾,副主编谢筱娟、吴华强、邵明望、范少华、孙登明和陈永红。

21世纪初,安徽师范大学决定在化学与材料科学学院进行理科专业教学整体改革试点工作。化学与材料科学学院为了培养“厚基础、宽口径、强能力、高素质”全面发展的师范性综合人才,组织具有丰富教学经验的教师,内研外调,吸取重点大学教改经验,发掘本校本科教学优势,制定出专业教学整体改革思路、规划及方案,重新修订本科教学计划、基础课程教学大纲,新建基础化学实验中心和综合化学实验中心,组织编写“基础化学实验”和“综合化学实验”讲义,已在本校及安徽部分院校使用,受到广大师生欢迎及好评。2001年年底,安徽省化学会在安徽师范大学召开了新世纪安徽省首届高师化学教学改革研讨会,与会专家对我们编写的实验讲义有较大兴趣和使用意向。2002年上半年,《化学实验》(上、下册)申报并获准教育部“十五”国家级规划教材。为了集思广益、确保质量,我们于2002年8月邀请了安徽省14所高师院校的化学教育专家在芜湖召开了《化学实验》(上、下册)编写研讨会。会后进行了认真的修改。

本书编写力求体现以下特色:

改变化学实验完全依附理论教学的传统模式。将化学实验独立设课,原配套的无机化学实验、有机化学实验、分析化学(含仪器分析)实验、物理化学(含结构化学)实验及化工基础实验重新整合为《基础化学实验》和《综合化学实验》。

改变化学实验完全遵循知识结构、多为验证的传统模式。根据现代化学实验的目标、特点重新编排实验目录和实验内容,突出能力培养主线,注意科学素质与环境意识的教育。

注重基础。规范基本方法、基本原理、基本操作,选用大量常规经典仪器,有利于学生基本技能训练,为今后专业实验、毕业论文实验、研究生实验奠定基础。

注重综合。拓宽口径,使化学与生命科学、环境科学、材料科学、能源科学等交叉、渗透,将化学合成、成分分析及表征、常数测量、化工基础紧密结合,加强综合能力及应用能力的培养。

展示先进。适当增加新内容、介绍新仪器、新方法、新技术,重视学生创新能力的培养。

参加本书编写、复核人员主要为安徽师范大学的化学教师,详见于相应内容的署名。编写时参阅了大量文献资料,在此谨向有关的作者致以衷心感谢。全书由方宾、王伦、魏先文、吴华强、谢筱娟、盛思宏统稿。

本书初稿由中国科学技术大学教授倪其道、张祖德、汪志勇、刘光明等专家审阅,他们对书稿提出了宝贵的修改意见。本书的编写、出版得到了安徽师范大学、安徽省化学会、高等教育出版

目 录

一 基本常识	1
(一) 实验程序	1
(二) 安全知识	2
(三) 化学试剂	8
(四) 实验用水	10
(五) 实验数据处理	11
二 基础仪器	15
(一) 常用仪器	15
(二) 分析天平	26
(三) 电子天平	31
(四) 酸度计	32
(五) 分光光度计	35
三 基本技能	38
(一) 度量仪器的使用	38
(二) 提纯与分离	46
(三) 加热与装配	56
(四) 试剂的取用和试纸的使用	63
四 基础实验	66
实验一 玻璃仪器的认领、洗涤和干燥	66
实验二 灯的使用与简单玻璃加工	68
实验三 分析天平称量(一)——固定质量称量法	74
实验四 分析天平称量(二)——差减称量法	75
实验五 粗食盐的提纯	76
实验六 化学平衡移动	78
实验七 醋酸解离度及解离常数的测定	82
实验八 氢氧化镍溶度积的测定	84
实验九 反应动力学参数的测定(微型化实验)	86
实验十 恒温槽的组装及性能测试	89
实验十一 相对分子质量的测定	93
实验十二 s 区元素及其化合物的性质与检验	97

实验十三	p 区元素及其化合物的性质与检验	99
实验十四	d 区与 ds 区元素及其化合物性质与检验	105
实验十五	常用阳离子混合液的分离与鉴定	109
实验十六	常见阳离子的分离与鉴定	112
实验十七	常见非金属阴离子的分离与鉴定	116
实验十八	硝酸钾的制备和提纯	119
实验十九	由铝箔制备明矾	121
实验二十	碱式碳酸铜的制备	122
实验二十一	十二钨磷酸和十二钨硅酸的制备	124
实验二十二	从海带中提取碘	125
实验二十三	酸碱标准溶液的配制与标定	126
实验二十四	尿素中含氮量的测定	128
实验二十五	混合碱的分析(双指示剂法)	130
实验二十六	工业用水总硬度测定	132
实验二十七	铝盐中铝含量的测定	134
实验二十八	锌铋混合溶液中锌、铋含量的连续测定	135
实验二十九	氯化亚锡-三氯化钛-重铬酸钾滴定法测定铁	138
实验三十	铜盐中铜含量的测定	140
实验三十一	葡萄糖含量的测定(碘量法)	142
实验三十二	可溶性氯化物中氯含量的测定(莫尔法)	144
实验三十三	氯化钡中钡含量的测定(BaSO_4 晶形沉淀重量分析法)	145
实验三十四	邻二氮菲分光光度法测定铁	147
实验三十五	磺基水杨酸合铁(Ⅲ)配合物的组成及稳定常数的测定	149
实验三十六	薄层色谱法——染料组分的分离和鉴别	152
实验三十七	柱色谱——染料组分的分离	154
实验三十八	蒸馏及沸点的测定	157
实验三十九	有机化合物重结晶	160
实验四十	熔点的测定	164
实验四十一	烃类性质及鉴定	167
实验四十二	含氧有机物性质及鉴定(一)	172
实验四十三	含氧有机物性质及鉴定(二)	177
实验四十四	天然有机物性质及鉴定	182
实验四十五	有机物萃取	187
附录		190
附录一	国际相对原子质量表	190
附录二	国际单位制(SI)	191

附录三	常见化合物的相对分子质量表	193
附录四	常用弱酸及弱碱的解离常数(293~298 K)	195
附录五	难溶化合物的溶度积(291~298 K)	197
附录六	某些配离子的稳定常数(293~298 K, $I \approx 0$)	199
附录七	常见沉淀物的 pH	200
附录八	标准电极电势(298 K)	201
附录九	不同温度下水的饱和蒸气压	204
附录十	常用酸碱的浓度、密度和一定浓度溶液的配制	205
附录十一	常用干燥剂	206
附录十二	常用缓冲溶液的配制	206
附录十三	标准 pH 溶液的配制(298 K)	207
附录十四	常用指示剂的配制	207
附录十五	某些试剂溶液的配制	208
附录十六	某些离子和化合物的颜色	210
参考文献		213

基本常识

(一) 实验程序

化学是一门以实验为基础的科学,化学中的定律和学说几乎都来源于实验,同时又为实验所检验;实验又是探索未知世界的重要途径。因此,化学实验在培养未来化学工作者的大学教育中,占有极其重要的地位。

基础化学实验的目标不仅是培养学生正确地掌握化学实验的基本方法原理、基本操作,而且要培养学生实事求是的科学态度、严谨治学的科学素养、细致与整洁的科学习惯以及勤于思考、勇于开拓的科学精神。实验教学,育人为本,既要传授知识、技能,又要指导学习思路和学习方法。学生在化学实验中应完成下列基本的实验程序。

1. 实验预习

预习是做好实验的前提和保证。实验前认真阅读实验教材、有关参考书及参考文献;明确实验目的和要求;了解实验内容、步骤、操作过程及数据处理方法;提出注意事项,合理安排实验时间(统筹安排实验步骤)。在预习的基础上写出预习报告,主要包括实验目的、方法原理、操作步骤、实验现象和数据的记录等。

2. 实验中的规范操作

在实验过程中要正确且规范操作;保持安静;严格遵守实验室安全守则,预防火灾、触电、中毒和化学伤害等事故的发生;注意保持室内整洁,随时保持实验台干净、整齐;注意节约水、电、煤气和药品,爱护仪器。

3. 观察记录

实验过程中仔细观察、勤于思考并将实验现象和数据及时、准确、如实地记录在实验报告本上,不可将原始数据随便记录在草稿本、小纸片或其他地方,也不能等到实验结束后再回忆记录。养成实事求是的态度,不得随意涂改或主观臆造数据。

4. 实验的交流与讨论

如果发现实验现象与理论不符合,应首先尊重事实,并在同学之间相互交流,或与指导教师一起讨论,认真分析和检查其原因,根据讨论结果再对实验条件和实验方法进行改进,可以做对照实验、空白实验或自行设计的实验来核对,必要时应多次重做验证,从中得到有益的科学结论和思维方法。

5. 实验报告

做完实验仅是完成实验的一半,更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,把直接的感性认识提高到理性思维阶段。因此实验完成后,要及时完成实验报告。实验报告要求文字表达清楚,语言简明扼要,结论明确,实验记录与处理尽量使用表格形式,绘出的图形要准确清楚,并保持报告本的整齐清洁。报告一般应包括:① 实验名称、日期。若实验是几个人合作完成,应注明合作者。② 实验目的、要求。③ 简明的实验原理。④ 实验步骤。尽量用简图、表格、化学式、符号等表示。⑤ 实验现象、数据的原始记录。⑥ 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;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。⑦ 实验讨论。实验的心得、体会,存在问题及失败原因的分析。对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见或建议。⑧ 回答问题。其中①—④及实验记录的格式在实验前完成;⑤在实验时完成;⑥—⑧在实验后完成。

(二) 安全知识

进行化学实验时,经常要接触到水、电、煤气及易燃、易爆、有腐蚀、有毒的化学试剂,因而重视安全操作,掌握有关的安全知识是十分必要的。安全知识包括预防和急救两方面,以预防为主,保证实验过程中的人身安全及实验室、仪器设备安全。

1. 化学易燃、易爆物质及火灾、爆炸的预防

大多数常用的有机化学试剂(如烃类、醇类、醚类等)(表 1-1)和部分无机化学试剂(如白磷、硫黄、铝粉、钠、钾等)具有易燃性;强氧化剂(如臭氧、过氧化物、氯酸、高氯酸盐、重氮化合物等)在受热、摩擦或与其他物质接触时会发生爆炸(表 1-2);可燃性的气体(如甲烷、乙炔、氢气、水煤气等)和可燃性液体(如汽油、各类液态有机物)的蒸气在一定范围内与空气混合后,遇到明火也会发生爆炸(表 1-3)。

表 1-1 常见有机液体的易燃性

名称	沸点/℃	闪点 ^① /℃	自燃点 ^② /℃
石油醚	40~60	-45	240
乙醚	34.5	-40	180
丙酮	56.5	-20	538
甲醇	64.7	10	430
乙醇(95%)	78.5	12	400
二硫化碳	46	-30	100
苯	80.1	-11	
甲苯	110.6	4.4	550
乙酸	118	43	425

注:① 闪点是指液体表面的蒸气和空气的混合物在遇明火或火花时着火的最低温度。

② 自燃点是指液体蒸气在空气中自燃时的温度。

表 1-2 加热时发生爆炸的混合物示例

镁粉-重铬酸铵	有机化合物-氧化铜
镁粉-硝酸银 (遇水产生剧烈爆炸)	还原剂-硝酸铅
	氯化亚锡-硝酸铋
镁粉-硫黄	浓硫酸-高锰酸钾
锌粉-硫黄	三氯甲烷-丙酮
铝粉-氧化铅	铝粉-氧化铜

表 1-3 易燃物质蒸气在空气中爆炸极限

名称	爆炸极限(体积分数)/%
氢气	4.1~74.2
乙炔	2.4~82
二硫化碳	0.8~52.6
乙醛	4~57
一氧化碳	12.5~74
乙醚	1.9~36.5
丙酮	2.6~12.8
甲醇	6.7~36.5
乙醇	3.5~18
丙醇	2.1~13.5
二噁烷	2~22.2
苯	1.5~8

燃烧和爆炸都会引起火灾,属于实验室中应重点防范的事故。实验室预防燃烧和爆炸应遵循下列原则:

① 各类易燃、易爆试剂在存放时应远离明火,环境应通风、阴凉;易相互发生反应的试剂应分开放置;活泼的金属钾、钠不要与水接触或暴露在空气中,应保存在煤油中,废钠通常用乙醇或异丙醇销毁;白磷应保存在水中;盛有有机试剂的试剂瓶瓶塞要塞紧。

② 实验过程中使用易燃、易爆的化学试剂时,应远离明火。加热蒸馏可燃性物质时,应确保将水充入冷凝管和有合适的尾气排放装置;以加热方式蒸发易挥发及易燃性的有机溶剂时,应在水浴锅或封闭的电热套中缓慢地进行,严禁用电炉或火焰直接加热。

③ 不得在烘箱内存放、干燥、烘焙有机物。

④ 在使用煤气、天然气时要严防泄漏,火源要与其他物品保持一定的距离,用后要关闭煤气阀门。

⑤ 使用高压气体钢瓶时,要严格按操作规程进行,如乙炔、氢气钢瓶应远离明火,存放在通风良好的地方。使用氧气钢瓶时,不得让氧气大量溢入室内。在含氧量约 25% 的大气中,物质燃烧所需的温度要比在空气中低得多,且燃烧剧烈,不易扑灭。搬运钢瓶时应使用钢瓶车。不得让气体钢瓶在地上滚动,不得撞击钢瓶表头,更不得随意调换表头。

⑥ 易爆炸物质在移动或使用不得剧烈振动,必要时先戴好面罩再进行操作。

⑦ 在实验室内严禁吸烟,严禁将不同试剂胡乱掺和,严禁使用不知成分的试剂。废溶剂严禁倒入污物缸,量少时可用水冲入下水道,量大时应倒入废液瓶内再集中处理。燃着的或阴燃的柴梗不得乱丢,应放在表面皿中,实验结束后一并投入废物缸。

实验室发生火灾时,应尽快切断电源或煤气源,用石棉布或湿抹布盖住火焰。密度小于水的有机溶剂、金属钠等易与水反应的物质和电器着火时,不能用水灭火,以免火势蔓延或触电,应选用相应的灭火器灭火(表 1-4)。

表 1-4 常用的灭火器及其使用

灭火器类型	药液成分	适用范围
酸碱式	H_2SO_4 、 $NaHCO_3$	非油类和电器失火的一般火灾
泡沫灭火器	$Al_2(SO_4)_3$ 、 $NaHCO_3$	油类起火
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	电器、小范围油类和忌水的化学品失火
干粉灭火器	$NaHCO_3$ 等盐类、润滑剂、防潮剂	油类、可燃性气体、电器设备、精密仪器、图书文件和遇水易燃烧药品的初起火灾
1211 灭火器	CF_2ClBr 液化气体	特别适用于油类、有机溶剂、精密仪器、高压电气设备失火

2. 化学有害物质及中毒的预防

化学实验过程中也用到一些剧毒试剂,如氰化物、三氧化二砷、氯化汞、硫酸二甲酯等,实验过程中产生的 CO 、 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 等气体和一些易挥发性有机试剂的蒸气可以使人产生不同程度的中毒。实验室中预防中毒的主要原则有下列几点。

① 剧毒性试剂必须有严格的管理、使用制度,领用时登记,用后要妥善处理,并把放过毒物的桌子和地板处理、擦净。

② 严禁试剂入口。用移液管吸取试剂时不能用嘴,应该用洗耳球。禁止冒险品尝试剂。不得用鼻子直接嗅气体,应将试剂瓶远离鼻子,以手轻扇,稍闻其味即可。

③ 禁止用手直接取用任何化学试剂。使用毒品时除用药匙、量器外必须佩戴橡胶手套,实验后马上清洗仪器用具,立即用肥皂洗手。

④ 尽量避免吸入任何试剂和溶剂蒸气。处理具有刺激性的、恶臭的和有毒的化学试剂时,如 H_2S 、 NO_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 CO 、 SO_2 、 SO_3 、 HCl 、 HF 、浓硝酸、发烟硫酸、浓盐酸、乙酰氯等,必须在通风橱中进行。通风橱开启后,不要把头伸入橱内,并保持实验室通风良好。

⑤ 严禁在酸性介质中使用氰化物。

⑥ 不要用乙醇等有机溶剂擦洗溅在皮肤上的药品,这种做法反而增加皮肤对试剂的吸收速度。

⑦ 严禁在实验室内饮食,禁止赤膊穿拖鞋。

⑧ 含氰化物、汞盐、重金属离子的废液应经处理后再排放。

⑨ 金属汞易挥发,并通过呼吸道进入人体内,逐渐积累引起慢性中毒,所以不得把金属汞洒落在桌上或地上。一旦洒落,必须尽可能收集起来,并用硫黄粉盖在洒落的地方,使金属汞转变

成不挥发的硫化汞。

实验中若感觉咽喉灼痛、嘴唇脱色或发绀、胃部痉挛或恶心呕吐、心悸头晕等症状时,则可能系中毒所致。视中毒原因施以下述急救后,立即送医院治疗,不得延误。

① 固体或液体毒物中毒 有毒物质尚在嘴里的立即吐掉,用大量水漱口。误食碱者,先饮大量水和食醋再喝些牛奶。误食酸者,先喝水,再服 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 乳剂,最后饮些牛奶,不要服用碳酸盐或碳酸氢盐。腐蚀性强的毒物不要用催吐药,以防止造成严重组织损伤,引起胃肠道穿孔。

磷中毒时,可取 5~10 mL 稀 CuSO_4 溶液加入一杯温水中,内服后用手指伸入咽喉,促使呕吐,然后立即送医院治疗。

重金属盐中毒者,喝一杯含有几克 MgSO_4 的水溶液,立即就医,不要服催吐药,以免引起危险或使病情复杂化。

砷和汞化合物中毒者,必须紧急就医。

② 吸入气体或蒸气中毒 立即转移至室外,解开衣领和纽扣,呼吸新鲜空气。对休克者应施以人工呼吸,但不要对口对口法。立即送医院急救。

3. 外伤、化学腐蚀的预防及处理

(1) 眼睛灼伤或掉进异物

最重要的是保护好眼睛!在化学实验室里应该一直佩戴护目镜(平光玻璃或有机玻璃眼镜),防止眼睛受刺激性气体熏染,防止任何化学试剂特别是强酸、强碱、玻璃屑等异物进入眼内。一旦眼内溅入任何化学试剂,立即用大量水缓缓彻底冲洗。实验室内应有专用洗眼水龙头。洗眼时要保持眼皮张开,可由他人帮助翻开眼睑,持续冲洗 15 min。忌用稀酸中和溅入眼内的碱性物质,反之亦然。对因溅入碱金属、溴、磷、浓酸、浓碱或其他刺激性物质的眼睛灼伤者,急救后必须迅速送往医院检查治疗。

玻璃屑进入眼睛内是比较危险的。这时要尽量保持平静,绝不可用手揉擦,也不要试图让别人取出碎屑,尽量不要转动眼球,可任其流泪,有时碎屑会随泪水流出。用纱布包住伤者眼睛后,将伤者急送医院处理。

若系木屑、尘粒等异物,可由他人翻开眼睑,用消毒棉签轻轻取出异物,或任其流泪,待异物排出后,再滴入几滴鱼肝油。

(2) 割伤

在切割玻璃管或向木塞、橡胶塞中插入温度计、玻璃管等物品时最易发生割伤。玻璃质脆易碎,对任何玻璃制品都不得用力挤压或造成张力。在将玻璃管、温度计插入塞中时,塞上的孔径与玻璃管的粗细要吻合。玻璃管的锋利切口必须在火中烧圆,管壁上用几滴水或甘油润湿后,用布包住用力部位轻轻旋入,切不可用猛力强行连接。

若被割伤,先取出伤口处的玻璃碎屑等异物,在伤口上涂红药水或紫药水,撒些消炎粉并包扎。也可在洗净的伤口上贴上“创可贴”,可立即止血,且易愈合。

若严重割伤大量出血时,应先止血,让伤者平卧,抬高出血部位,压住附近动脉,或用绷带盖住伤口直接施压,若绷带被血浸透,不要换掉,再盖上一块施压,即送医院治疗。

(3) 烧伤、烫伤

在实验过程中应预防烧伤、烫伤,如取下正在沸腾的水或溶液时,须先用烧杯夹子摇动后才能取下;取下刚刚加热过的铁圈、三脚架时,应等其冷却后再取下;加热后的坩埚、蒸发皿不能直

接用手拿,而应用坩埚钳夹取,热的蒸发皿不能直接放在台面上;稀释浓硫酸时,要将浓硫酸慢慢地倒入水中,并不断搅拌;需浓酸、浓碱中和时,先将二者稀释后再进行;加热液体时,不要俯视容器;给试管加热时,切记不要使试管口向着自己或别人。

如果发生烫伤或轻度烧伤,可在伤口涂烫伤药(如獾油、万花油、氧化锌药膏、鱼肝油药膏、蓝油烃等)或用浓高锰酸钾溶液润湿伤口至皮肤变为棕色后包扎。若起水泡不宜挑破,用纱布包扎后送医院治疗。

(4) 化学腐蚀

对皮肤、黏膜、呼吸气管产生腐蚀的化学试剂主要有强酸(如浓硫酸、浓硝酸)、强碱(如氢氧化钠)、强氧化剂(如液溴、浓 H_2O_2)等,硫化钠、三氯化磷、苯酚、冰醋酸、王水、三氯化铝等也有腐蚀作用。

为防止化学腐蚀,在使用上述试剂时应尽量戴上橡胶手套和防护眼镜;腐蚀试剂不得在烘箱内烘烤;防止试剂洒在皮肤或衣服上。

若发生化学腐蚀灼伤,急救方法如下:

① 酸灼伤 先用大量水冲洗,以免深度受伤,再用稀 NaHCO_3 溶液或稀氨水浸洗,最后用水洗。

氢氟酸能腐蚀指甲和骨头,滴在皮肤上,会形成痛苦的、难以治愈的烧伤。皮肤若被灼烧后,应先用大量水冲洗 20 min 以上,再用冰冷的饱和硫酸镁溶液或 70% 酒精浸洗 30 min 以上;或用大量水冲洗后,用肥皂水或 $20\sim 50\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 溶液冲洗,用 $50\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 溶液湿敷。局部外用可的松软膏或紫草油软膏及硫酸镁糊剂。

② 碱灼伤 先用大量水冲洗,再用 $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸或 2% HAc 溶液浸洗,最后用水洗。

③ 溴灼伤 这是很危险的。被溴灼伤后的伤口一般不易愈合,必须严加防范。凡用溴时都必须预先配制好适量的 $200\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液备用。一旦有溴沾到皮肤上,立即用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液冲洗,再用大量水冲洗干净,包上消毒纱布后就医。或先用苯或甘油洗,再用水洗。

④ 磷灼伤 先用 $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{AgNO}_3$ 溶液, $50\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ 溶液或浓 KMnO_4 溶液洗濯伤口,并用浸过 CuSO_4 溶液的绷带包扎。

4. 安全用电

人体若通过 50 Hz 25 mA 以上的交流电时会发生呼吸困难,100 mA 以上则会致死。因此,安全用电非常重要,在实验室用电过程中必须严格遵守以下的操作规程。

(1) 防止触电

① 不能用潮湿的手接触电器。

② 所有电源的裸露部分都应有绝缘装置。

③ 已损坏的接头、插座、插头或绝缘不良的电线应及时更换。

④ 必须先接好线路再插上电源,实验结束时,必须先切断电源再拆线路。

⑤ 如遇人触电,应切断电源后再行处理。

(2) 防止着火

① 保险丝型号与实验室允许的电流必须相配。

② 负荷大的电器应接较粗的电线。

③ 生锈的仪器或接触不良处,应及时处理,以免产生电火花。

④ 如遇电线走火,切勿用水或导电的酸碱泡沫灭火器灭火。应立即切断电源,用沙或二氧化碳灭火器灭火。

(3) 防止短路

电路中各接点要牢固,电路元件两端接头不能直接接触,以免烧坏仪器或产生触电、着火等事故。

(4) 实验开始以前,应先由教师检查线路,经同意后,方可插上电源。

5. 实验室医药箱

医药箱内一般有下列急救药品和器具。

① 医用酒精、碘酒、红药水、紫药水、止血粉、创可贴、烫伤油膏(或万花油)、鱼肝油、1%硼酸溶液或2%醋酸溶液、 $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 碳酸氢钠溶液、 $200\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫代硫酸钠溶液等。

② 医用镊子、剪刀、纱布、药棉、棉签、绷带等。

医药箱专供急救用,不允许随便挪动,平时不得动用其中器具。

6. 实验室废液的处理

实验中经常会产生各种有毒的废气、废液和废渣。如果对其不加处理而任意排放,不仅污染周围空气、水源和环境,损害人体健康,而且三废中的有用成分不回收,在经济上也是损失。因此化学实验室三废要经过一定的处理后,才能排弃。

产生少量有毒气体的实验应在通风橱内进行。通过排风设备将少量毒气排到室外(被大量空气稀释),以免污染室内空气。产生大量毒气或剧毒气体的实验,必须有吸收或处理装置。如二氧化氮、二氧化硫、氯气、硫化氢、氟化氢、氰化氢等酸性气体用碱液吸收后排放;氨气用硫酸溶液吸收后排放;一氧化碳可点燃转化成二氧化碳。

实验室中少量有毒废渣应集中深埋于指定的地点。有回收价值的废渣应回收利用。下面主要介绍常见废液处理的一些方法。

(1) 废酸(或废碱)液的处理

将含酸废液和含碱废液中和,剩余的酸或碱可用 NaOH [或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$] 溶液或 H_2SO_4 溶液调至 $\text{pH}=6\sim 8$ 后排放。如果废酸液或废碱液中含废渣应过滤后排放。

(2) 含铬废液的处理

含铬废液大量的是含铬废洗液。一般有两种处理方法。

① 在酸性含铬废液中加入 FeSO_4 ,将 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原为 Cr^{3+} ,然后加入 NaOH (或 Na_2CO_3) 调节溶液至 $\text{pH}=6\sim 8$,加热至 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,通入适量空气,使 Cr^{3+} 以 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 的形式与 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 一起沉淀而除去。

② 用 KMnO_4 氧化法将含铬废洗液再生。方法是将废洗液在 $110\sim 130\text{ }^\circ\text{C}$ 下浓缩,待冷却至室温后,加入 KMnO_4 粉末,注意边加边搅拌至溶液呈微紫色为止。然后加热至有 SO_3 产生,停止加热。稍冷后用玻璃砂芯漏斗抽滤,除去沉淀物。滤液冷却后析出 CrO_3 沉淀。在含 CrO_3 沉淀的溶液中加入适量浓 H_2SO_4 后又成洗液。

(3) 含氰废液的处理

少量含氰废液可用 NaOH 调节溶液的 pH ,在 $\text{pH}>10$ 的条件下,加入适量 KMnO_4 将 CN^- 氧化。较大的含氰废液可用次氯酸盐进行处理。方法是在 $\text{pH}>10$ 的条件下,加入足量的次氯酸盐溶液,充分搅拌后放置一夜,使氰化物完全分解为 CO_2 和 N_2 ,最后将处理液中和至 $\text{pH}=6\sim 8$ 后排放。

(4) 含汞废液的处理

含汞废液处理方法较多,实验室处理少量含汞废液常采用化学沉淀法。此法是在含 Hg^{2+} 废液中加入 Na_2S ,使 Hg^{2+} 形成难溶的 HgS 后从废液中将其除去。为确保处理后的清液达到排放标准(Hg^{2+} 质量浓度 $\leq 0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$),要求加入过量的 Na_2S ,但过量的 Na_2S 又易导致 HgS 生成 $[\text{HgS}_2]^{2-}$ 而溶解,影响处理效果。为解决这一问题,可在含 Hg^{2+} 废液中加入适量的对水质影响不大的 FeSO_4 ,使 Fe^{2+} 与过量 Na_2S 作用,生成 FeS 沉淀,起到吸附 HgS 而又加速 HgS 沉淀的作用。沉淀过滤后,少量残渣应深埋于地下。如果残渣量较多时,可用焙烧法回收汞。

目前较好的处理方法是离子交换法,该法处理效率高,但成本较高,少量含汞废液的处理不宜采用此法。

(5) 含重金属离子废液的处理

处理含重金属离子废液最经济、最有效的方法是加入 Na_2S (或 NaOH),使重金属离子形成难溶性的硫化物(或氢氧化物)而分离除去。

(6) 含砷废液的处理

实验室中采用石灰法处理含砷废液。方法是在含砷废液中加入 Fe^{3+} 盐,并加入石灰乳使溶液至碱性,新生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 与难溶性的亚砷酸钙或砷酸钙发生共沉淀和吸附作用,从而除去砷。



此外,还可利用硫化砷的难溶性,在含砷废液中通入 H_2S 或加入 Na_2S 除去含砷化合物。

7. 实验室规则

为保证实验室的正常秩序,保证实验顺利进行,防止发生意外事故,必须严格遵守实验室规则:

① 实验室要保持安静,不得嬉戏喧哗。

② 实验台面要保持清洁,台面及实验柜内的仪器要摆放整齐。实验完毕,应及时洗净所用仪器,不应收藏不干净的仪器,因为污物干涸后,洗涤就比较困难。

③ 保持水槽干净,切勿往水槽中乱抛杂物。火柴头、废纸片、碎玻璃等应投入废物箱,废酸和废碱应小心倒入废液缸内。

④ 要爱惜试剂。称取试剂后,及时盖好原瓶盖,放回原处;所有配好的试剂都要贴上标签,注明名称、浓度及配制日期。注意节约药品、水、电和煤气。

⑤ 要爱护实验室的仪器设备。损坏仪器应及时补领或赔偿。使用精密仪器时,应严格遵守操作规程,不得任意拆装和搬动。用毕,应登记,请教师检查签名。

⑥ 实验完毕,应请教师检查仪器、桌面,交报告本,然后离开实验室。学生轮流值日,负责打扫和整理实验室。最后应检查自来水和煤气开关是否关紧,电源是否切断。关闭窗口。经教师检查合格后,值日生方可离开实验室。

(三) 化学试剂

1. 试剂的规格

化学试剂的规格以其纯度来划分,一般可分为优级纯、分析纯、化学纯和实验试剂四级,其标志和适用范围见表 1-5。此外,化学试剂还包括“工业级”的试剂和“光谱纯”、“色谱纯”、“基准试剂”、“生化试剂”等各种特殊规格的试剂。同一化学试剂因规格不同而价格差别很大,故实验中不能盲目选择纯度过高的试剂,而以能达到实验结果的准确度要求为准。

表 1-5 化学试剂的规格与适用范围

等级	名称	英文名称	符号	标签颜色	适用范围
一级品	优级纯(保证试剂)	guarantee reagent	G R	绿色	精密的分析研究
二级品	分析纯	analytical reagent	A R	红色	精密的定性定量分析用
三级品	化学纯	chemical pure	C P	蓝色	一般定性及化学制备用
四级品	实验试剂	laboratorial reagent	L R	棕色或黄色	一般的化学制备实验用

工业试剂主要用于要求不高的化学制备,在有机化学实验中用得较多。其他如制备气体(CO_2 、 H_2S 等)、配制洗液或作洗涤剂,均可用工业试剂。

光谱纯试剂中的杂质含量低于光谱分析法的检出限,所以主要用作光谱分析中的标准物质。色谱纯试剂用作色谱分析的标准物质。基准试剂的纯度相当于或高于 G R 试剂,主要用作滴定分析中的基准物质,亦可直接用来配制标准溶液。生化试剂则用于各种生物化学试验。

在超纯分析中,对试剂纯度的要求很高,一般试剂往往难于满足要求,常需自行提纯。

在化学实验中配制试剂常用的市售浓酸、碱溶液浓度见表 1-6。

表 1-6 常用的市售浓酸、碱溶液的浓度

物质	HCl	HNO_3	H_2SO_4	H_3PO_4	HClO_4	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	12	16	18	18	12	15

2. 试剂的保管

化学试剂在储存过程要保证不失效变质,更不能造成事故。一般的化学试剂应储放在通风良好、干燥的试剂库内,由专人保管。针对不同的试剂,在储存时应注意下列问题:

① 见光会逐渐分解的试剂(如 H_2O_2 、 AgNO_3 、 KMnO_4 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 等),与空气接触易被氧化的试剂(如 SnCl_2 、 FeSO_4 等)以及易挥发的试剂(如氨水、乙醇等)都应放在阴暗处。

② 易腐蚀玻璃的试剂(如氢氟酸、苛性碱等)应保存在塑料瓶内。

③ 吸水性强的试剂(如无水碳酸钠、 NaOH 、 Na_2O_2 等)的试剂瓶口应严格密封。

④ 相互易发生反应的试剂应分开存放,易燃与易爆的试剂应分开储存于阴凉通风、不受阳光直射的地方。

⑤ 剧毒试剂(如氰化物、 HgCl_2 、 As_2O_3 等)应由专人保管,取用时严格做好记录。

3. 气体钢瓶

实验用气体一般以高压状态储存在气体钢瓶中。在储存使用时要严格遵守有关规程,避免气体误用和造成事故。常见气体钢瓶的颜色与标志见表 1-7。

表 1-7 常用高压气体钢瓶的颜色与标志

气瓶名称	外表颜色	字样	字样颜色	横条颜色
氧气瓶	天蓝	氧	黑	红
氢气瓶	深绿	氢	红	
氮气瓶	黑	氮	黄	
氨气瓶	黄	氨	黑	棕
乙炔气瓶	白	乙炔	红	绿