



21世纪 高等职业教育通用教材

化学实验技术基础

● 朱 云 主编

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育通用教材

化学实验技术基础

主 编 朱 云
副主编 刘明娣
编 委 张召军 庞宏建
主 审 卞进发

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本教材是依据“高等职业学校重点建设专业化工类专业主干课程教学大纲”的高职高专教育改革思想出发点编写的。主要内容包括:化学实验室基本知识、化学实验基本操作技术、化学实验基本测量技术、混合物的分离与提纯技术、物质的定性鉴定技术、物质的制备技术、物质的定量分析技术、化学和物理变化参数的测定技术等。

本书可供高职高专院校的化工、轻工、材料、冶金、环保等类专业使用,也可作为厂矿企业相关人员及其他中等专业学校、技工学校等相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验技术基础 / 朱云主编. —上海:上海交通大学出版社, 2006
21 世纪高等职业教育通用教材
ISBN 7-313-04229-9

I. 化... II. 朱... 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 006465 号

化学实验技术基础

朱 云 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

昆山市亭林印刷有限责任公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 21.5 字数: 527 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1-5 050

ISBN 7-313-04229-9/O·198 定价: 30.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

本教材是以“高等职业学校重点建设专业化工类专业主干课程教学大纲”的高职高专教育改革思想为出发点编写的。

本书内容首先突出了高等职业教育的职业性、实践性、素养与技能复合性、学生主体性的特点,即职业特色,教材内容的取材从职业需要出发,突破了以学科为中心的传统体系。其次,本书将无机化学、有机化学、物理化学的大部分实验和化工分析的基本内容构筑成一个以技术技能训练为中心的新教材体系,较为彻底地改革了重理论轻技术、重讲授轻训练、重教师主导轻学生主体的传统教材模式,突出了学生职业能力和职业素质的培养,增强了学生解决问题的能力,从而在教学中促进了学生主观能动性的发挥,使其从“教会”转变成“学会”;将教学重点从“学科学”向“用科学”转移,使职业特点、高职特色在教材中得到定位。

本课程与传统的教学实验截然不同,对教师、仪器设备以及实验室的安排重新进行配置和布局,自始至终以技术技能训练为中心进行教学安排和运作。

本书由徐州工业职业技术学院的朱云和刘明娣分别担任主、副主编。各章执笔者是:黄河水利职业技术学院庞宏建(第七章)、三门峡职业技术学院刘明娣(第三、四、五章)和张绍军(第六章)、徐州工业职业技术学院赵晓波(第一、二章)、徐州工业职业技术学院朱云(第八章及附录等)。全书由朱云统稿。

本书由南京化工职业技术学院卞进发担任主审,他不辞劳苦,精心审稿,并提出大量宝贵意见。在编写过程中,徐州工业职业技术学院的老师和领导给予了极大的关心、支持和指导,对全书的顺利完稿起到了重要作用,在此深表谢忱。我们在编写时,参阅了国内诸多专家和学者的大量文献和书籍,在此一并感谢。参考文献列于书末尾。

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免有错误和不足之处,敬请读者和同行们批评指正,以便修改。

编者

2005 年 12 月

目 录

第一章 化学实验室基本知识	(1)
第一节 化学实验技术的任务、目的和学习方法	(1)
第二节 化学实验室常识	(2)
实验 1-1 参观和练习	(20)
第二章 化学实验基本操作技术	(22)
第一节 化学实验常用玻璃器皿的洗涤和干燥	(22)
实验 2-1 化学实验仪器的认领和洗涤	(38)
第二节 化学试剂的取用	(40)
第三节 托盘天平(台秤)的使用	(42)
第四节 加热和冷却	(44)
第五节 干燥与干燥剂	(52)
第六节 溶解与搅拌技术	(55)
第七节 密度计简介	(58)
实验 2-2 溶液的配制	(59)
第八节 蒸发和结晶	(61)
第九节 沉淀与过滤	(63)
实验 2-3 粗食盐的提纯	(70)
实验 2-4 肥皂的制备	(72)
第十节 温度的测量与控制	(74)
第十一节 压力的测量	(81)
第十二节 目视比色法简介	(86)
第十三节 玻璃管的加工及仪器的装配	(87)
实验 2-5 玻璃管(棒)加工和洗瓶的装配	(100)
实验 2-6 粗硫酸铜的提纯	(102)
实验 2-7 用碳酸氢铵和食盐制备纯碱	(104)
实验 2-8 硝酸钾的制备	(106)
实验 2-9 硫酸亚铁铵的制备	(108)
实验 2-10 防锈颜料磷酸锌的制备	(110)
实验 2-11 以废铝为原料制备氢氧化铝	(112)
实验 2-12 用废电池的锌皮制备硫酸锌	(113)
实验 2-13 草酸盐共沉淀法制备铁氧体微粉	(116)
实验 2-14 从废黑白定影液中回收银	(117)
实验 2-15 用天青石矿制备碳酸锶	(119)

第三章 化学实验基本测量技术	(120)
第一节 密度的测定.....	(120)
实验 3-1 乙醇相对密度的测定	(122)
第二节 沸点的测定.....	(123)
实验 3-2 液体沸点的测定	(125)
第三节 熔点的测定.....	(126)
实验 3-3 固体熔点的测定	(131)
第四节 折射率的测定.....	(132)
实验 3-4 丙酮和 1,2-二氯乙烷的折射率的测定	(134)
第五节 粘度的测定	(136)
实验 3-5 液体粘度的测定	(137)
第六节 旋光度的测定.....	(139)
实验 3-6 葡萄糖旋光性和变旋光现象	(141)
第七节 溶液电导率的测定.....	(143)
第八节 饱和蒸汽压的测定.....	(145)
实验 3-7 液体饱和蒸汽压的测定	(146)
第四章 混合物的分离与提纯技术	(150)
第一节 重结晶法.....	(150)
实验 4-1 乙酰苯胺的重结晶	(152)
第二节 蒸馏和分馏法.....	(153)
实验 4-2 丙酮和 1,2-二氯乙烷混合物的分馏	(162)
实验 4-3 八角茴香的水蒸气蒸馏	(163)
实验 4-4 乙二醇的减压蒸馏	(165)
第三节 萃取法.....	(166)
实验 4-5 从植物中提取天然色素	(169)
第四节 升华.....	(170)
实验 4-6 从茶叶中提取咖啡因	(172)
第五章 物质的定性鉴定技术	(174)
第一节 定性鉴定的要求和条件.....	(174)
第二节 常见元素的定性鉴定.....	(177)
第三节 常见离子的定性鉴定.....	(182)
第四节 常见官能团的定性鉴定.....	(192)
第五节 未知物的鉴定.....	(197)
第六节 常见高分子化合物的鉴定.....	(200)
实验 5-1 有机化合物的元素定性分析	(203)

第六章 物质的制备技术	(206)
第一节 物质制备的一般步骤和方法	(206)
第二节 制备实验的准备与实施	(207)
第三节 物质的制备	(208)
第四节 气体物质的制备	(210)
实验 6-1 氢气、氯化氢和乙烯气体的制备	(213)
第五节 液体和固体物质的制备	(215)
实验 6-2 乙酸乙酯的制备	(222)
实验 6-3 溴乙烷的制备	(223)
实验 6-4 乙酰苯胺的制备	(225)
实验 6-5 阿斯匹林的制备	(226)
实验 6-6 甲基橙的制备	(228)
实验 6-7 肉桂酸的制备	(230)
第七章 物质的定量分析	(232)
第一节 概述	(232)
实验 7-1 分析天平的称量练习	(237)
第二节 滴定分析技术及仪器操作方法	(239)
实验 7-2 滴定分析基本操作练习	(258)
实验 7-3 仪器的校准练习	(261)
实验 7-4 盐酸标准溶液的制备和混合碱的分析	(263)
实验 7-5 工业乙酸含量的测定(设计实验)	(266)
实验 7-6 EDTA 标准溶液的配制和标定	(266)
实验 7-7 水中硬度的测定	(268)
实验 7-8 高锰酸钾标准溶液的制备和过氧化氢含量的测定	(270)
实验 7-9 亚铁盐含量的测定	(272)
实验 7-10 氯化物中氯离子含量的测定(莫尔法)	(273)
第三节 分光光度法	(274)
实验 7-11 邻二氮菲分光光度法测定微量铁	(278)
第八章 化学和物理变化参数的测定技术	(281)
第一节 化学反应热效应的测定	(281)
实验 8-1 燃烧热的测定	(282)
第二节 反应平衡常数的测定	(287)
实验 8-2 电导率法测定 HAc 的电离常数	(288)
实验 8-3 分配系数的测定	(291)
第三节 相图的测绘	(294)
实验 8-4 双液系沸点—组成图的测绘	(294)
实验 8-5 二元合金相图的绘制	(297)

第四节 电池电动势和溶液 pH 的测定	(301)
实验 8-6 溶液 pH 值的测定	(302)
实验 8-7 电动势的测定	(305)
第五节 化学反应速率的测定	(310)
实验 8-8 水解反应速率常数的测定	(311)
实验 8-9 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	(313)
附录	(317)
附录一 国际单位制(SI)	(317)
附录二 我国选定的非国际单位制单位	(318)
附录三 常用酸溶液和碱溶液的相对密度和浓度	(319)
附录四 一些弱酸、弱碱的电离常数(298K)	(320)
附录五 一些难溶电解质的溶度积常数(298K)	(320)
附录六 标准电极电势(位)(298K)	(321)
附录七 水在不同温度下的饱和蒸气压	(322)
附录八 水在不同温度下的粘度	(322)
附录九 水在不同温度下的折射率	(323)
附录十 不同温度下水、乙醇、汞的密度	(323)
附录十一 几种常见金属的熔点	(324)
附录十二 常见配离子的稳定常数(298K)	(324)
附录十三 30℃下环己烷-乙醇二元系的折射率一组成对照表	(325)
附录十四 国际原子量表	(327)
附录十五 常用试剂的配制	(328)
附录十六 常用有机溶剂的纯化	(330)
附录十七 有毒化学品及其极限安全值	(331)
参考文献	(333)

第一章 化学实验室基本知识

【知识目标】

1. 了解化学实验技术的任务、目的和学习方法；
2. 了解化学实验室规则、安全与防护常识；
3. 熟悉实验室用水、试纸及化学试剂的一般知识。

【技能目标】

1. 台秤称量、量筒读数；
2. 试剂取样、滴管和试纸的使用。

第一节 化学实验技术的任务、目的和学习方法

一、化学实验技术的任务、目的和学习方法

高质量的化工技术员和化工生产第一线的工作人员必须能够了解化学实验的类型,具备化学实验常识;正确选择和使用常见的实验仪器设备,了解它们的构造、性能;熟悉实验的原理和操作;比较全面地观察实验现象,正确测量、记录和处理实验数据;培养实事求是的科学态度和科学的思维方法,养成细致、准确、节约、整洁的良好工作习惯,具备敬业和一丝不苟的工作精神;学会使用有关的工具书并查阅有关的文献资料用以指导实践。也就是说,化学工艺类专业的学生必须具备较高的化学实验素养、操作技能和初步进行化工产品小试的能力,为将来从事生产、科研奠定基础。

《化学实验技术基础》突出了化工高等职业教育的职业性、实践性、素养与技能复合性、学生主体性的特点,即职业特色。教材内容的取材从职业需要出发,突破了以学科为中心的传统体系,将无机化学、有机化学、物理化学的大部分实验和化工分析的基本内容构筑成以技术技能训练为中心的新教材体系,较为彻底地改革了重理论轻技术、重讲授轻训练、重教师主导轻学生主体的传统教材模式,从而促进在教学中突出学生的主观能动性,使学生从“教会”转变成“学会”,将教学重点从“学科学”向“用科学”转移,使职业特点、高职特色在教材中得到定位。

二、化学实验技术的分类

- (1) 化学实验室基本知识、操作技术、测量技术。
- (2) 混合物的分离与提纯技术、物质的定性鉴定技术。
- (3) 物质的制备技术、物质的定量分析技术。
- (4) 化学和物理中变化参数的测定技术。

三、化学实验技术的学习方法指导

本课程与传统的实验教学截然不同,对教师、仪器设备、实验室的安排重新进行了配置和

布局,自始至终以技术技能训练为中心进行教学安排和运作。学习本课程时,为了达到预期的目的,除了要有正确的学习态度、刻苦勤奋的学习精神外,还要有正确的学习方法。学习本课程大致可按下列步骤进行。

(一) 预习

为了获得实验的预期效果,学生必须在实验前认真预习,阅读实验教材和教科书中的有关内容,明确实验的目的、要求,必须训练的技术技能、方法和过程,了解所用仪器设备的工作原理、性能和操作注意事项。在预习的基础上,学生应能简要列出操作训练的程序和要点,若遇到疑难问题,应力求在课前解决,然后写好实验预习笔记,做到心中有数,有计划地进行实验。预习笔记中每一实验内容的下面,要留足空位,以便作实验记录,待上课时根据教师必要的讲解,修正自己的准备工作。

(二) 实验

(1) 进实验室后要先擦净桌子、洗净手,然后拿出需用仪器,根据实验教材所写明的内容、方法、步骤,按照预习笔记,独立进行实验操作。

(2) 操作训练根据教材的要求,认真操作,细心观察,如实做好必要的记录。对待实验和操作要持科学态度,严肃认真,严守规程,一丝不苟。如果发现实验现象和结果与理论不符,应该认真检查和分析原因,而后重做实验。

(3) 要勤于思考,仔细分析,力争学会自己解决问题,遇到自己难以解决的疑难问题应及时请教师指导。

(4) 在实验中应保持肃静,爱护仪器设备,严格遵守实验室各项工作守则。遇有不安全事故发生,应沉着冷静,妥善处理,并及时报告教师。

(5) 为了获得准确的实验结果,每次实验前后要将所用玻璃仪器洗涤干净,尤其是其中盛有不易洗掉的实验残渣和对玻璃仪器有腐蚀作用的废液的器皿,一定要在实验后立即清洗干净。

(三) 记录

对每一实验的开始、中间过程及最后结果的现象或数据,都应细心观察、用心记录,要养成一边观察一边记录的良好习惯,以便了解实验的全过程。如果发现做错或记错,应用一条细线清楚地划掉,再将重做的或改正的结果写在旁边或下面,切勿在原记录上涂改,更不能弄虚作假,要养成实事求是的优良品德。

(四) 实验报告

根据实验记录认真写出实验报告,处理实验数据,对实验现象进行解释,对实验进行讨论,根据需要对数据进行处理、计算、绘图,最后写出书面报告,交指导教师审阅。若不符合要求应重做实验或重写报告。

第二节 化学实验室常识

一、实验室规则

实验室规则是人们从长期实验工作中归纳总结出来的。遵守规则可有效地防止意外事故,保证正常的实验环境和工作秩序。为做好实验,每个实验者都必须严格遵守。

- (1) 实验前要认真预习,明确实验目的,了解实验原理、方法和步骤。
- (2) 进入实验室首先检查所需的药品、仪器是否齐全。若要做规定外的实验,必须预先准备并事先报告教师,得到教师同意。
- (3) 在实验室中遵守纪律,不大声谈笑,不到处乱走。保持实验室安静有序,不许嬉闹恶作剧。不得无故缺席,因故缺席未做的实验应该补做。
- (4) 实验中要遵守操作规程,执行一切安全措施。
- (5) 实验中要集中精力、认真操作、仔细观察、积极思考、如实详细地做好记录。
- (6) 爱护国家财产,小心使用仪器和设备,注意节约药品、水、电、煤气。不得随便动用他人的实验仪器、公用仪器和非常用仪器,使用仪器后应立即洗净并送回原处。发现仪器损坏要追查原因,填写仪器损坏单后登记补领。
- (7) 按规定量取所用药品,称取药品后及时盖好原瓶盖。放在指定地方的药品不得擅自拿走。
- (8) 对于精密贵重仪器要特别爱护,细心操作,避免粗枝大叶而损坏仪器。如发现仪器有故障,应立即停止使用,报告教师以便及时排除故障。
- (9) 随时注意工作环境的整洁。废纸、火柴梗、碎玻璃等倒入垃圾箱内;废液倒入废液缸中,必要时经过处理后再倒至指定地方,切不可随便倒入水槽。
- (10) 实验结束应洗净仪器放回原处,清整实验台面,要求仪器药品摆放整齐、桌面清洁。检查水、煤气、门窗是否关闭并断开电源。每次实验后由同学轮流值日,负责打扫和整理实验室。
- (11) 在实验室中严禁饮食、喝水和抽烟。若出现意外事故应保持镇静,及时报告老师并听从指挥,积极进行处理。

二、实验室的安全和环保常识

化学实验是在一个十分复杂的环境中进行的科学实验。为了本人和周围人们的安全和健康,为了国家财产免受损失,为了实验和训练顺利进行,每个实验者都必须高度重视安全工作,严格遵守实验室安全守则;必须熟悉实验室中水、电、煤气的正确使用方法,熟知各种仪器设备的性能和化学药品的性质,防止意外事故的发生;必须了解一些救护措施,以便一旦发生事故能及时进行处理;必须懂得一些环境保护措施,学会对废气、废液和废料进行适当处理,以保持实验室环境不受污染。

(一) 化学实验室安全守则

- (1) 严禁在实验室饮食、吸烟或存放饮食用具。实验完毕,必须洗净双手。
- (2) 绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。
- (3) 熟悉实验室中水、电、煤气的开关以及消防器材、安全用具、急救药箱的位置。万一遇到意外事故时可及时关闭水、电、煤气的阀门,采取相应措施。
- (4) 不能用湿的手、物接触电源。水、电、煤气、高压气瓶一经使用完毕须立即关闭。点燃的火柴杆用后应立即熄灭。纸屑等废弃物品不得随意乱扔,必须放到指定的地方。
- (5) 煤气、高压气瓶、电器设备、精密仪器等使用前必须熟悉其使用说明和要求,严格按照要求使用。
- (6) 对强腐蚀性、易燃易爆、有刺激性、有毒物质的使用要严格遵守使用要求,防止出现意外。
- (7) 加热试管时,管口不要指向自己和他人。倾注试剂或开启浓氨水等试剂瓶和加热液

体时,不要俯视容器口,以防液体溅出或气体冲出伤人。

(8) 实验室内严禁嬉闹喧哗。

(9) 化学试剂使用完毕放回原处,剩余有毒物质必须交给老师。实验室中药品或器材不得带出室外。

(二) 安全用电常识

实验室中加热、通风、使用电源仪器设备、自动控制等都要用电,用电不当极易引起火灾或造成对人体的伤害。为了保证安全用电,必须注意下列事项:

(1) 在使用电器设备前,应先阅读产品使用说明书,熟悉设备电源接口标记和电流、电压等指标,核对是否与电源规格相符合,只有在完全吻合的情况下才可正常安装使用。

(2) 要求接地或接零的电器,应做到可靠的保护接地或保护接零,并定期检查是否正常运行。一切电器线路均应有良好的绝缘装置。

(3) 有些电器设备或仪器,要求加装“保险丝”或各种各样的熔断器,他们大都由铅、锡、锌等材料制成,必须按要求选用。严禁用铁、铜、铝等金属丝代替。

(4) 初次使用或长期使用的电器设备,必须检查线路、开关、地线是否安全妥当。必须先用试电笔试验是否漏电,只有在不漏电时才能正常使用。为防止人体触电,电器应安装“漏电保护器”。不使用电器时,要及时拔掉插头使之与电源脱离。不用电时要拉闸,修理检查电器要切断电源,严禁带电操作。电器发生故障后,在原因不明之前,切忌随便打开仪器外壳,以免发生危险和损坏电器。

(5) 不得将湿物放在电器上,更不能将水洒在电器设备或线路上。严禁用铁柄毛刷或湿抹布清刷电器设备和开关。电器设备附近严禁放置食物和其他食品,以免导电燃烧。

(6) 电压波动大的地区,电器设备等仪器应加装稳压器,以保证仪器安全和实验在稳定状态下进行。

(7) 使用直流电源的设备,千万不要把电源正负极接反。

(8) 设备、仪器以及电线的线头都不能裸露,以免造成短路,在不可避免裸露的地方用绝缘胶带包好。

(三) 易燃、强腐蚀性和有毒化学品的使用

熟悉化学品的性质是正确使用和处理药品的前提。

1. 易燃易爆化学品的使用

燃烧和爆炸在本质上都是可燃性物质在空气中的氧化反应。易燃易爆化学品注意的核心就是防止燃烧和爆炸。

爆炸的危险性主要是针对易燃的气体 and 蒸气而言。可燃性气体或蒸气在空气中刚足以使火焰蔓延的最低浓度称该气体爆炸下限(或着火下限);同样,刚足以使火焰蔓延的最高浓度称为爆炸上限(或着火上限)。可燃性物质的浓度在下限以下及上限以上与空气的混合物都不会着火或爆炸。化学物质易爆的危险程度用爆炸危险度表示:

$$\text{爆炸危险度} = \frac{\text{爆炸上限浓度} - \text{爆炸下限浓度}}{\text{爆炸下限浓度}}$$

典型气体的爆炸危险度见表 1-1。

燃烧的危险性是针对易燃液体和固体来说的。闪点是液体易燃性分级的标准,如表 1-2。固体的燃烧危险度一般以燃点高低来区分。一级易燃固体有红磷、五硫化二磷、硝化纤维素、二

硝基化合物等；二级易燃固体有硫磺、镁粉、铝粉、萘、樟脑等。有些液体、固体在低温下能自燃，危险性更大。可燃性物质在没有明火作用的情况下发生燃烧叫自燃，发生自燃的最低温度叫自燃温度，如黄（白）磷为 34~35℃、三硫化四磷为 100℃、二硫化碳为 102℃、乙醚为 170℃等。

表 1-1 典型气体的爆炸危险度

序 号	名 称	爆炸危险度	序 号	名 称	爆炸危险度
1	氢	0.87	6	汽油	5.00
2	甲烷	1.83	7	乙烯	9.6
3	乙醇	3.30	8	氢	17.78
4	甲苯	4.8	9	苯	5.7
5	一氧化碳	4.92	10	二硫化碳	59.00

表 1-2 易燃和可燃性液体易燃性分级表

类 别	级 别	闪点/℃	举 例
易燃液体	一级	低于 28	汽油、苯、酒精
	二级	28~45	煤油、松香油
可燃液体	三级	45~120	柴油、硝基苯
	四级	高于 120	润滑油、甘油

使用易燃易爆化学品要十分注意下列事项：

(1) 实验室内不要存放大量易燃易爆物质。即使需要少量存放，也要密闭存放在阴凉背光和通风处，并远离火源、电源及暖气等。

(2) 实验室中可燃气体浓度较大时，严禁明火和出现电火花。实验必须在远离火源的地方或通风橱中进行。对易燃液体加热不能直接用明火，必须用水浴、油浴或可调节电压的加热包。

(3) 蒸馏回流可燃液体，须防止局部过热产生暴沸，为此可加入少许沸石、毛细管等，但必在加热前而不能在加热途中加入，以免暴沸冲出着火。加热可燃液体量不得超过容器容积的 2/3。冷凝管中的水流须预先通入并保持畅通。使用的干燥管必须畅通，仪器各连接处必须保证密闭不泄漏，以免蒸气逸出着火。

(4) 比空气重的气体和蒸气如乙醚等常聚集在工作台面流动，危险性更大，用量较大时须在通风橱中进行。用过和用剩的易燃品不得倒入下水道，必须设法回收。

(5) 金属钠、钾、钙等易遇水起火爆炸，故须保存在煤油或液体石蜡中。黄磷保存在玻璃瓶盛的水中。银氨溶液久置后会产生爆炸物质，故不能长期存放。

(6) 强氧化剂和过氧化物与有机物接触，极易引起爆炸起火，所以严禁将它们随意混合或放置在一起。混合危险一般发生在强氧化剂和还原剂间。例如，黑色炸药是由硝酸钾、硫磺、木炭粉组成，高氯酸炸药含有高氯酸铵、硅铁粉、木炭粉和重油，礼花是硝酸钾、硫磺、硫化砷的混合物。浓硫酸与硝酸盐、高氯酸盐、高锰酸盐等混合产生游离酸或无水的 Cl_2O_5 、 Cl_2O_7 、 Mn_2O_7 ，一旦接触到有机物（包括纸、布、木材）都会着火或爆炸。液氯和液氨接触生成易爆炸的 NCl_3 ，可能引起大爆炸。

2. 强腐蚀药品的使用

高浓度的硫酸、盐酸、硝酸、强碱、溴、苯酚、三氯化磷、硫化钠、无水三氯化铝、氟化氢、氨水、浓有机酸等都有极强的腐蚀性,溅到人体皮肤上会造成严重伤害,对一些金属材料也会产生破坏作用。在使用时应注意以下几点。

(1) 使用强腐蚀性药品须戴防护眼镜和防护手套。用吸管取液时不能用口吸。

(2) 强腐蚀性药品溅到桌面或地上时,可用砂土吸收,然后甩大量水冲洗,切不可用纸片、木屑、干草、抹布去清除。

(3) 熟悉药品性质,严格按照要求操作和使用。如氢氟酸不能用玻璃容器;苛性碱溶于水大量放热,所以配制碱溶液须在烧杯中,决不能在小口瓶或量筒中进行,以防止容器受热破裂造成事故;开启浓氨水瓶前,必须冷却,瓶口朝无人处;对橡皮有腐蚀作用的溶剂不用橡皮塞;稀释硫酸时必须慢且充分搅拌,应将浓硫酸注入水中等。

3. 有毒化学品的使用

化学品毒性的分级,习惯上以 LD_{50} 或 LC_{50} 作为衡量各种毒物急性毒性大小的指标,如表 1-3。

表 1-3 急性毒性分级表

毒性分级	小鼠一次口服 $LD_{50}/mg \cdot kg^{-1}$	小鼠吸入染毒 2h $LC_{50} \times 10^{-6}$	兔经皮肤染毒 $LD_{50}/mg \cdot kg^{-1}$
剧毒	<10	<50	<10
高毒	11~100	51~500	11~50
中等毒	101~1000	501~5000	51~500
低毒	1001~10000	5001~50000	501~5000
微毒	>10000	>50000	>5000

1985 年我国颁布了职业性接触毒物危害程度的国家标准 GB 5044—1985,考虑了毒物的各种因素,如表 1-4。

表 1-4 职业性接触毒物危害程度分级表

指 标	分 级			
	I	II	III	IV
	极度危害	高度危害	中度危害	轻度危害
急性中毒				
吸入 $LD_{50}/mg \cdot kg^{-1}$ 经皮	<200	200~<2000	2000~<20000	>20000
$LD_{50}/mg \cdot kg^{-1}$	<100	100~<500	500~<2500	>2500
经日 $LD_{50}/mg \cdot kg^{-1}$	<25	25~<500	500~	
急性中毒状况	易发生中毒,后果严重	可发生中毒,愈后良好	偶发中毒	未见中毒,但有影响
慢性中毒状况	患病率高>5%	患病率较高<5%和 症状发生率>20%	偶发中毒或症状 发生率>10%	未见慢性中毒,但 有影响
中毒后果	脱离接触后继续 进展或不能治愈	脱离接触后可基 本治愈	脱离接触后,可恢 复,无严重后果	脱离接触后能自行 恢复,无不良后果
致癌性	人体致癌物	可使人体致癌	实验动物致癌	无致癌性
$MAC^{\text{①}}/mg \cdot m^{-3}$	<0.1	0.1~<1.0	1.0~<10.0	>10.0

① MAC 英文字头,最高容许浓度。

按表 1-4 的项目从国标 GB 5044—1985 中摘出实验室中较易遇到的 25 种毒物的定级资料列入表 1-5。

表 1-5 常见毒物毒性分级表

毒物名称	急性中毒指标		高容许 浓度	慢性危害指标定级			定级	特殊依据
	毒性	中毒状况		发病状况	中毒后果	致癌性		
汞及其无机化合物	2	2	1	1	1	4	I	
苯	2	3	4	1	1	1	I	
砷及其无机化合物	1	2	2	1	2	1	I	
氯乙烯(单体)	4	3	4	1	1	1	I	
铬酸盐及重铬酸盐	3	3	1	2	2	1	I	致癌
铍及其化合物	2	2	1	2	1	2	I	
腈基镍	1	1	1	2	1	1	I	致癌
氰化物	1	2	2	4	4	4	I	急性
氯甲醚	2	4	1	3	1	1	I	致癌
铅及其无机化合物	2	2	1	2	1	4	II	
光气	1	2	2	4	2	4	II	
二硫化碳	3	3	3	2	2	4	II	
氯气	2	2	3	2	2	4	II	
丙烯腈	2	2	3	2	2	2	II	
四氯化碳	3	4	4	3	2	2	II	
硫化氢	2	2	3	3	3	4	II	
一氧化碳	3	2	4	3	3	4	II	急性
镉及其化合物	2	2	2	2	2	2	II	
硫酸二甲酯	1	1	2	4	2	2	II	
金属镍	2	4	2	3	2	1	II	致癌
环氧氯丙烷	2	4	2	4	3	2	II	
甲醇	3	3	4	3	3	4	III	
甲苯	3	3	4	3	3	4	III	
丙酮	4	1	4	4	4	4	IV	
氨	4	4	4	3	4	4	IV	

有毒化学品的使用要特别注意：

- (1) 剧毒药品应指定专人收发保管。
- (2) 取用剧毒药品必须完善个人防护。穿防护服、戴防护眼镜、防护手套、防毒面具或防毒口罩、长胶鞋等。严防毒物从口、呼吸道、皮肤特别是伤口侵入人体。
- (3) 制取、使用有毒气体必须在通风橱中进行。多余的有毒气体应先化学吸收后再排空。
- (4) 有毒的废液残渣不得乱丢乱放，必须进行妥善处理。
- (5) 设备装置尽可能密闭，防止实验中冲、溢、跑、冒事故的发生。尽量避免危险操作。应尽量用最小剂量完成实验。毒物量较大时，应按照工业生产要求采取各种安全防护措施。

(四) 实验室废弃物处理

1. 废气的处理

实验室的废气的特点，一是量少，二是多变。废气处理应满足两点要求：一是保证在实验环境的有害气体不超过规定的空气中有害物质的最高容许浓度；二是排出气不超过居民大气

中有害物最高容许浓度。为此,必须有通风、排毒装置。

实验室排出的少量有害气体,可容许直接放空,使其被空气稀释,根据安全要求放空管不应低于附近房顶 3m。废气量较多或毒性大的废气一般应通过化学处理后再放空。例如 CO_2 、 NO_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 等废气应先用碱溶液吸收; NH_3 用酸吸收; CO 可先点燃转变成 CO_2 等。对个别毒性很大或者数量多的废气,可参考工业废气处理方法,用吸附、吸收、氧化、分解等方法进行处理。

2. 废液和废渣处理

对污染环境的废液废渣不应直接倒入垃圾堆,必须先经过处理使其成为无害物,最好是埋入地下。例如,氰化物可用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液处理使其生成毒性较低的硫氰酸盐,也可用 FeSO_4 、 KMnO_4 、 NaClO 代替 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 来处理;含硫、磷的有机剧毒农药可用 CaO 继而用碱液处理,使其迅速分解,失去毒性;酸碱废物可先中和为中性废物再排放;硫酸二甲酯可先用氨水,继而用漂白粉处理;苯胺可用盐酸或硫酸处理;汞可用硫磺处理生成无毒的 HgS ;废铬酸洗液可用 KMnO_4 再生;少量废铬液可加入碱或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀,再将其埋入地下。含汞盐或其他重金属离子的废液加 Na_2S 使其生成难溶的氢氧化物、硫化物、氧化物等,将其埋入地下。

(五) 实验室中一般伤害的救护

(1) 玻璃割伤。先清理出伤口里的玻璃碎片,抹些红药水或紫药水,必要时撒些消炎粉并包扎。

(2) 烫伤。切勿用水冲洗,须在伤处用 KMnO_4 喷洗或抹上黄色的苦味酸溶液、烫伤膏或万花油。

(3) 酸蚀。立即用大量水冲洗,然后用饱和碳酸氢钠溶液冲洗,再用水冲净。若酸溅入眼内,先用大量水冲洗,再送医院治疗。

(4) 碱蚀。立即用大量水冲洗,再用约 2% 的醋酸溶液或饱和硼酸溶液冲洗,最后用水冲洗。若碱液溅入眼内,则先用硼酸溶液洗,再用水洗。

(5) 溴蚀。先用甘油或苯洗,再用水洗。

(6) 苯酚蚀。用 4 份 20% 的酒精和 1 份 $0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液的混合液洗,再用水洗。

(7) 白磷灼伤。用 1% 的 AgNO_3 溶液、1% 的 CuSO_4 溶液或浓 KMnO_4 溶液洗后包扎。

(8) 吸入刺激性或有毒气体。吸入 Cl_2 、 HCl 时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒;吸入 H_2S 而感到不适,则应立即到室外呼吸新鲜空气。

(9) 毒物误入口内。将浓度近似 5% 的 CuSO_4 溶液 5~10mL 加入到一杯温水中,内服后,用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即送医院治疗。

(10) 触电。首先切断电源,必要时进行人工呼吸。

(11) 起火。既要灭火、又要迅速切断电源,移走旁边的易燃品阻止火势蔓延。一般小火,用湿布、石棉布或砂子覆盖,即可灭火。火势较大要用各种灭火器来灭火,灭火器要根据现场情况及起火原因正确选用,如有电器设备在现场只能用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器,而不能用泡沫灭火器,以免触电。衣服着火切勿惊乱,赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处。

对中毒、火灾受伤人员,伤势较重者,应立即送往医院。火情很大,应立即报告火警。

(六) 灭火常识

目前国际上根据燃烧物质的性质,统一将火灾分为 A、B、C、D 四类。

A 类:木材、纸张、棉布等物质着火。

B 类:可燃性液体着火。

C 类:可燃性气体着火。

D 类:可燃性金属 K、Na、Ca、Mg、Al、Ti 等固体与水反应生成可燃性气体着火。

灭火的一切手段基本上是围绕破坏形成燃烧三个条件中的任何一个来进行。

(1) 隔离法。将火源处或周围的可燃物质撤离或隔开,这是釜底抽薪的办法。所以一旦起火,要将火源附近的可燃、易燃、助燃物搬走,关闭可燃气、液体管道的阀门,切断电源。

(2) 冷却法。将水或二氧化碳灭火剂直接喷射到燃烧物或附近可燃物质上,使温度降到燃烧物质燃点以下,燃烧也就停止了。A 类物质着火用隔离法和用水扑灭,既有效,又方便。

(3) 窒息法。阻止助燃物质如 O_2 流入燃烧区或者冲淡空气,使燃烧物质没有足够的氧气而熄灭。如用石棉毯、湿麻袋、湿棉被、泡沫、黄沙等覆盖在燃烧物上,有时用水蒸气、 CO_2 或惰性气体等覆盖燃区,阻止新鲜空气进入。窒息法对付一般小火灾和 D 类火灾比较有效。

(4) 化学中断法。使灭火剂参与燃烧反应,在高温下分解产生游离基与反应中的 $H\cdot$ 或 $\cdot OH$ 活性基团结合生成稳定分子或活性低的游离基,从而使燃烧的连锁反应中断。例如,1211 灭火器中的灭火剂为二氟一氯一溴甲烷 CF_2ClBr ,1211 就是用元素原子个数构成的代号,其工作原理是: $CF_2ClBr \rightarrow \cdot CF_2Cl + Br\cdot$; $Br\cdot + H\cdot \rightarrow HBr$; $HBr + \cdot OH \rightarrow H_2O + Br\cdot$ 。这类卤代烃类灭火剂,卤素原子量愈大抑制效果愈好,对付 B、C 类火灾这类灭火器很有效。

对于用水灭火人们习以为常,因为这种方法既廉价又方便。但是,D 类火灾,比水轻的 B 类火灾,酸、碱类火灾现场,未切断电源的电器火灾以及精密仪器贵重文献档案等失火都不能用水扑救。近年来出现了一种所谓“轻水”灭火剂,它实际上是在水中加一种表面活性剂氟化物,实际密度比水重,但由于表面张力低,所以在灭火时能迅速覆盖在液面,故名“轻水”。它有特殊灭火功能:速度快、效率高、不怕冷、不怕热、保存时间长等。

灭火器是实验室的常备设备,它们有多种类型,在火势的初起阶段用灭火器是特别有效的。火势到了猛烈阶段,必须由专业消防队来扑救。为了正确使用各种灭火器,现将几种常见的灭火器列于表 1-6。

表 1-6 常见灭火器的使用

灭火器种类	内装药剂	用 途	性 能	用 法
泡沫灭火器	$NaHCO_3$ $Al_2(SO_4)_3$	扑灭油类火灾。 电器火灾不适用	10kg 灭火器射程 8m,喷射时间 60s	倒过来摇动或打开 开关。1.5 年更换一 次药剂。用后 15min 内打开盖子
酸碱灭火器	$H_2SO_4, NaHCO_3$	非油类和电器火 灾之外的其他一 般火灾	10kg 射程 10m,喷 射时间 50s	倒过来。1.5 年换一 次药剂