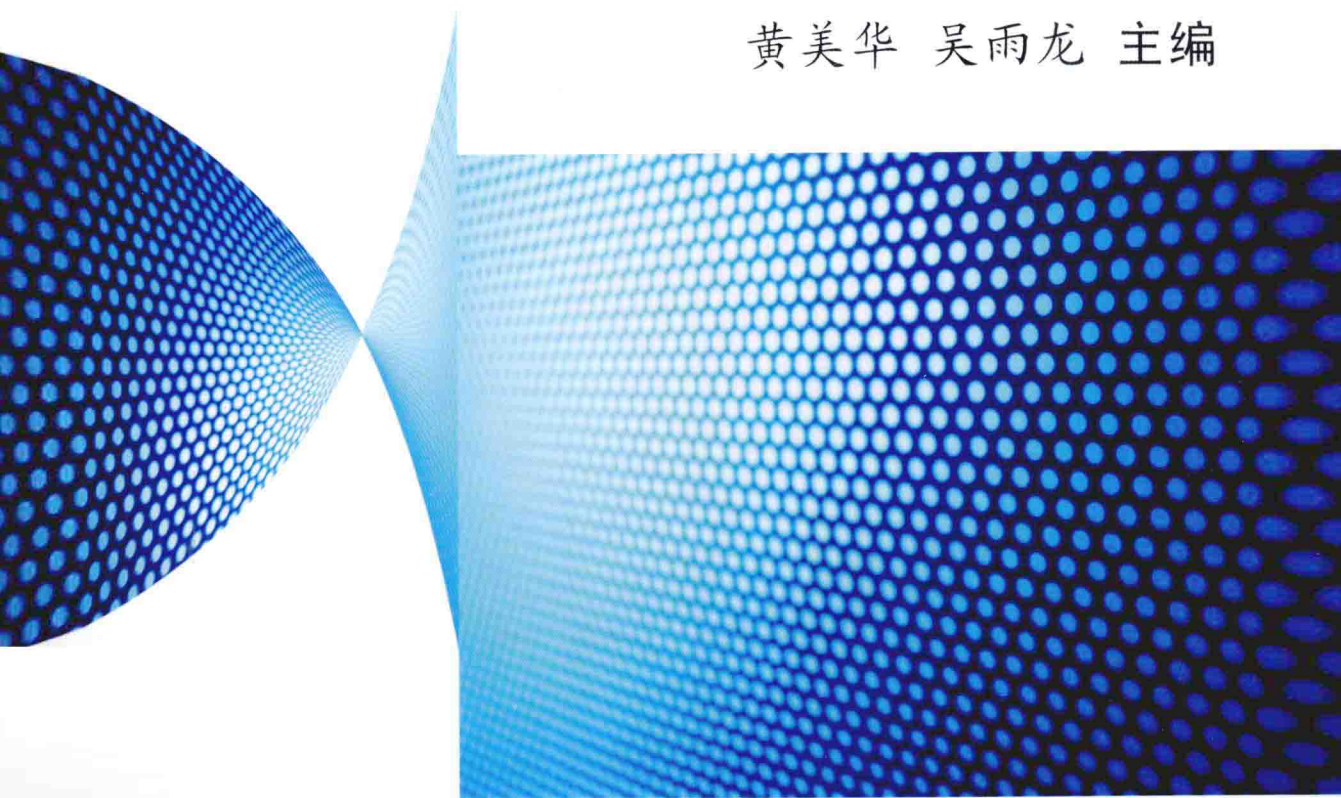


普通高等教育“十二五”规划教材
高职高专专业基础课教材系列

基础化学实验技术

黄美华 吴雨龙 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

基础化学实验技术

黄美华 吴雨龙 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书分化学实验技术基础知识、化学实验技术(Ⅰ)、化学实验技术(Ⅱ)共三大部分,内容分成7章、45个实验项目。其中化学实验技术(Ⅰ)主要配套“无机及分析化学”课程教学,化学实验技术(Ⅱ)主要配套“有机化学”课程教学。书中对化学实验常用仪器的种类、使用及操作规范、装置搭建、药品使用与保管、事故急救等进行了较为详尽的介绍,文字内容浅显易懂,图文并茂,适合学生对照课本自主性学习和动手操作。

本书适用于化工、制药、生物、环保等高职高专院校相关专业作为实验教材,也可供轻工、农林、生态、医药卫生等专业的师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验技术/黄美华,吴雨龙主编. —北京:科学出版社,2013
(普通高等教育“十二五”规划教材·高职高专专业基础课教材系列)
ISBN 978-7-03-036099-1

I. ①基… II. ①黄… ②吴… III. ①化学实验—高等职业教育—教材
IV. ①06-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第282728号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:王万红
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

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>

北京鑫丰华彩印有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第一次印刷 印张:11 1/4

字数:270 000

定价:20.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈鑫丰华〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

基础化学涵盖无机化学、分析化学、有机化学三大部分,“基础化学实验”是基础化学课程教学中不可或缺的重要组成部分。学生通过基础化学实验的系统训练,能熟练地应用化学实验室常用的仪器和装置,熟知无机和有机的常用药品的理化性质,养成规范的化学实验和实验室工作习惯,为后续专业课程的学习和创新性实验能力的开发练就扎实的基本功。

本书由武汉软件工程职业学院环境与生化工程系黄美华、吴雨龙主编,武汉有机实业有限公司正高职高级工程师毛利民主审。全书由7章内容组成,其编写分工为:武汉软件工程职业学院吴雨龙编写第一章,并统稿全书,黄美华编写第三至六章,黄冈职业技术学院石浪涛编写第二章,重庆化工职业学院刘君玉编写第七章。

本书在编写过程中得到安徽职业技术学院、三峡职业技术学院等相关化工和生物教研室、武汉有机实业有限公司产品检验中心的大力支持,在此表示衷心感谢。

本书由于编者水平所限,加之时间仓促,难免有不妥之处,敬请同仁和读者批评指正。

目 录

前言

第一部分 化学实验技术基础知识

第一章 绪论	3
一、化学实验的目的	3
二、化学实验的学习方法	3
三、化学实验室安全守则	4
四、实验室工作中的安全操作	5
五、实验室中意外事故的处理	6
六、实验室“三废”的处理	8
七、化学实验常用仪器介绍	9
八、玻璃仪器的洗涤与干燥	24
九、试剂的一般知识	25
十、有效数字	27
十一、化学实验中不可忽视的数据	29

第二部分 化学实验技术 (I)

第二章 化学实验技术 (I) 的基本操作	35
一、加热	35
二、溶解、蒸发、结晶	38
三、固、液分离	39
四、试纸的使用	42
五、称量及台秤的使用	43
六、分析天平的使用	43
七、滴定管、容量瓶、移液管与吸量管的使用	47
实验一 分析天平的称量练习	53
实验二 滴定分析的操作练习	54
实验三 物质的量浓度的溶液配制	55
第三章 化学实验技术 (I) 的分析鉴别实验	57
实验一 卤素元素的性质鉴别	57
实验二 氧、硫、氮、磷元素的性质鉴别	60
实验三 化学反应速率	64
实验四 电解质溶液	66

实验五 氧化还原反应和氧化还原平衡	68
实验六 配位化合物的形成和性质	70
实验七 盐酸溶液的配制与标定	72
实验八 NaOH 溶液的配制与标定	73
实验九 高锰酸钾溶液的配制与标定	75
实验十 硫代硫酸钠溶液的配制与标定	76
实验十一 EDTA 的配制与标定	78
第四章 化学实验技术 (I) 的综合实训操作	80
综合实训一 玻璃加工	80
综合实训二 硫酸铜的提纯	84
综合实训三 由海盐制备试剂级氯化钠	85
综合实训四 用废电池的锌皮制备硫酸锌	87
综合实训五 硫酸亚铁铵的制备	89
综合实训六 食醋中总酸度的测定	92
综合实训七 铵盐中含氮量的测定 (甲醛法)	93
综合实训八 水中可溶性氯化物的测定	94
综合实训九 水样中化学耗氧量 (COD) 的测定 (KMnO_4 法)	95
综合实训十 铜合金中铜含量的测定	96
综合实训十一 过氧化氢含量测定	97
综合实训十二 工业用水总硬度的测定	98
综合实训十三 补钙制剂中钙含量的测定	100
第三部分 化学实验技术 (II)	
第五章 化学实验技术 (II) 的基本操作	105
一、萃取	105
二、重结晶	107
三、升华	110
四、熔点及其测定	112
五、沸点的测定及简单蒸馏	113
六、分馏	115
七、回流	116
八、水蒸气蒸馏	117
九、减压蒸馏	118
实验一 用 $\text{KI-H}_2\text{O}$ 溶液从 $\text{I}_2\text{-CCl}_4$ 溶液中萃取 I_2	121
实验二 熔点的测定	122
实验三 水蒸气蒸馏法提取八角茴香	123
第六章 化学实验技术 (II) 的性质鉴定	125
实验一 甲烷的制备及烷烃的性质与鉴定	125

实验二 不饱和烃的性质与鉴定	128
实验三 醇、酚、醚的性质与鉴定	132
实验四 醛和酮的性质与鉴定	136
实验五 羧酸及其衍生物的性质与鉴定	140
实验六 含氮有机物的性质与鉴定	143
第七章 化学实验技术 (II) 的综合实训	148
综合实训一 阿司匹林的制备	148
综合实训二 乙酸乙酯的制备	150
综合实训三 乙酰苯胺的制备	152
综合实训四 1-溴丁烷的制备	154
综合实训五 从黄连中提取黄连素	157
综合实训六 从橙皮中提取柠檬油	159
综合实训七 从菠菜中提取天然色素	160
综合实训八 甲基橙的制备	162
综合实训九 肥皂的制备	165
主要参考文献	167
附录	169
附录一 常用试剂的配制	169
附录二 常用有机溶剂的纯化	170

第一部分

化学实验技术基础知识

第一章 绪 论

一、化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的科学。高等职业教育中的化学课程，教学内容一般包括无机化学、有机化学和分析化学，并统称为基础化学。化学实验是基础化学课程的重要组成部分，也是学习基础化学的一个重要环节。在高等职业技术学院开设基础化学实验课程，应当达到如下目的：

(1) 通过实验，巩固并加深对基础化学基本概念和基本理论的理解；使课堂中讲授的重要理论和概念得到验证、巩固，并扩大课堂中所获得的知识，为理论联系实际提供具体的条件。

(2) 掌握化学实验的基本操作和技能，学会正确地使用仪器测量实验数据，处理实验数据和表达实验结果；掌握一些物质的制备、提纯和检验方法。

(3) 培养学生独立思考以及分析和解决问题的能力，学会独立地预习并进行实验，细心观察和记录实验现象，分析现象，处理数据，做出科学的结论。

(4) 培养学生实事求是、严谨认真的科学态度；整洁、卫生的良好习惯，并逐步地掌握科学研究的方法。为学生继续学好后续课程及今后参加实际工作和开展科学研究打下良好的基础。

二、化学实验的学习方法

要完成好化学实验，必须抓好预习、实验和实验报告三个环节。

1. 预习

(1) 阅读实验教材及参考文献资料中的有关内容。

(2) 明确实验目的和原理。

(3) 了解实验的内容、步骤、操作过程和注意事项。

(4) 认真思考实验的预习题，认真写好预习报告。

(5) 预习报告包括实验目的、实验原理（反应式）、实验步骤和注意事项等。预习报告应简明扼要，不要照抄书本。实验前将预习报告交指导教师检查，预习合格者才允许进行实验。

2. 实验

实验要按照实验教材上规定的方法、步骤及试剂用量来进行。

(1) 实验过程中要认真、正确地操作，细心观察，独立思考，要及时、准确、如实地记录实验现象和数据。

- (2) 如果发现实验现象与理论不相符,应认真查找原因,并重做实验。
- (3) 实验中遇到疑难问题、独立思考又难以解释时,可相互讨论或请教教师。
- (4) 保持肃静,遵守规则,注意安全,整洁节约。
- (5) 实验完毕,洗净仪器,整理药品及实验台。将实验结果和记录交指导教师查阅,达到要求,且经指导教师同意方能离开实验室。

3. 实验报告

实验结束后,要独立完成实验报告,及时交给指导教师批阅。要严格根据实验记录,对实验现象做出解释,写出有关化学反应式;或根据实验数据进行处理和计算,得出结论,并对实验中的问题进行分析讨论。

书写实验报告要求语言简洁、明了,文字表达清楚,字迹端正,整齐清洁。

实验报告应包括以下内容:

- (1) 实验目的和原理。
- (2) 实验步骤。尽量采用表格、框图、符号等形式清晰、明了地表示。
- (3) 实验现象和数据记录。实验现象要表达正确、全面,数据记录完整。
- (4) 解释、结论或数据计算。根据现象做出简明解释,写出主要反应方程式,分内容做出小结或最后得出结论。若有数据计算则必须将所依据的公式和主要数据表达清楚;必要时应与文献数据进行比较。
- (5) 问题讨论。针对本实验中遇到的疑难问题,提出自己的见解或收获,也可对实验方法、教学方法、实验内容等提出自己的意见。必要时对存在问题及失败原因进行恰当的分析。

实验结束后应及时做好实验报告,由课代表统一收齐送至指导教师处批改。

三、化学实验室安全守则

化学实验室是学习、研究化学的重要活动场所。在化学实验室中工作或学习,往往会接触到各种化学药品、各种电器设备、各种玻璃仪器及水、电、煤气。在这些化学药品中,有的有毒,有的有刺激性气味,有的有腐蚀性,有的易燃、易爆,有的还可能致癌。使用不当,或操作有误、违反章程、疏忽大意,都可能造成意外事故。因此,安全教育是贯穿化学实验课及化学研究、化工生产始终的重要内容之一,是化学实验工作者要特别引起注意的大事。

在化学实验室工作或学习的每一个人都必须高度重视实验安全问题,要像重视实验一样认真阅读实验教材中的有关安全指导,了解实验的操作步骤和操作方法,了解有关化学药品的理化性质及实验中可能碰到的各种各样的危险。

实践证明,只要实验者思想上高度重视,具备必要的安全知识,听从指导,严格遵守实验室操作规程,事故是可以避免的。即使万一发生了事故,只要事先掌握了一般的防护方法和措施,就能够及时妥当地加以处理,而不致酿成严重后果。反之,若掉以轻心,马虎从事,或我行我素,不听从指导,或违反操作规程,则随时都可能发生事故。当然,与安全有关的因素是多方面的,除客观因素外,业务知识、操作技能也都与安全

有关。但最可怕的危险是来自对具体事故的无知和疏忽大意。为了防患于未然，确保实验安全顺利进行，实验室必须制定严格的规章制度、安全防范措施、各项操作细则，完善安全设施。

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，严格遵守实验室安全守则，以避免事故的发生。

(1) 遵守实验室各项制度，尊重教师的指导及实验室工作人员的职权和劳动。

(2) 经常保持实验室的整洁和安静，注意桌面和仪器的整洁，爱护仪器，节约试剂、水和电等。

(3) 保持水槽干净，切勿把固体物品投入水槽中。废纸和废屑应投入废纸箱内，废酸和废碱小心倒入废液缸内，切勿倒入水槽，以免腐蚀下水管。

(4) 酒精灯要用火柴点燃，添加酒精时要先熄火灭焰，待稍冷后再加，熄灭酒精灯应用灯帽罩住。加热、浓缩液体时试管要朝向无人处，以免液体冲出容器。

(5) 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煽动空气，使少量气体进入鼻孔。

(6) 避免浓酸、浓碱等腐蚀性试剂溅在皮肤、衣服或鞋袜上。用 HNO_3 、 HCl 、 HClO_4 、 H_2SO_4 等试剂时，操作应在通风橱中进行。通常应把浓酸加入水中，而不要把水加入浓酸中。

(7) 汞盐、氰化物、 As_2O_3 、钡盐、重铬酸盐等试剂有毒，使用时要特别小心。氰化物与酸作用放出剧毒的 HCN ，严禁在酸性介质中加入氰化物。

(8) 使用 CCl_4 、乙醚、苯、丙酮、三氯甲烷等有毒或易燃的有机溶剂时要远离火源和热源，用过的试剂倒入回收瓶中，不要倒入水槽中。

(9) 试剂切勿入口。实验器皿切勿用作食具。离开实验室时要仔细洗手，如曾使用过毒物，还应漱口。

(10) 每个实验人员都必须知道实验室内电闸、水阀和煤气阀的位置，实验完毕离开实验室时，应把这些阀、闸关闭。

四、实验室工作中的安全操作

(1) 必须熟悉实验室中水、电、煤气的总闸位置，万一遇到事故便可随时关闭。

(2) 不要用湿的手和物接触电源。水、电、煤气和酒精灯一经用毕，应立即关闭；点燃的火柴杆用完后，应立即熄灭。

(3) 实验室内严禁饮食和吸烟。实验完毕，必须把手洗净。

(4) 不许把各种药品任意混合，以免发生意外事故。

(5) 一切有毒的气体和有恶臭气味物质的实验，都应在通风橱中进行。

(6) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性，使用时勿溅在眼睛、皮肤和衣物上。稀释浓硫酸时，应将其慢慢倒入水中，并不断搅拌，切勿相反进行，以免因局部过热使水沸腾，硫酸溅出造成灼伤。

(7) 强氧化剂和某些混合物易发生爆炸，保存和使用这些药品时注意安全。

(8) 银氨液放久后会变成氮化银而引起爆炸, 因此用剩的银氨液必须酸化以便回收。

(9) 钾、钠不要与水接触或暴露在空气中, 应将其保存在煤油中, 并用镊子取用。

(10) 白磷有剧毒, 能灼伤皮肤, 切勿与人体接触。白磷在空气中能自燃, 应保存在水中, 使用时在水下切割, 用镊子夹取。

(11) 有机溶剂易燃, 使用时要远离明火, 用后把瓶塞塞紧, 放阴凉处。

(12) 一切有刺激性和有毒气体的制备和实验, 都应在通风橱中进行。需要闻某些气体的气味时, 不可将鼻孔直对容器口吸入, 应使面部离容器一定距离, 用手把少许气体扇向自己的鼻孔。如氯气有毒, 吸人体内会刺激喉管, 引起咳嗽和喘息; 溴蒸气对人体气管、肺、眼、鼻、喉都有强烈的刺激性; 液体溴有很强的腐蚀性, 能灼伤皮肤, 严重时会使皮肤溃烂。

(13) 可溶性汞盐、铬的化合物、氰化物、砷化物、铅盐和钡盐都有毒, 不得入口或接触伤口, 其废液也应统一回收处理。

(14) 汞易挥发, 会引起人体慢性中毒。使用时, 如不慎散落地上应尽量收集起来, 并用硫磺粉盖在散落的地方。

(15) 加热的试管, 管口不要指向自己或别人, 倾注试剂或加热液体时, 不要俯视容器, 以防液体溅出伤人。

五、实验室中意外事故的处理

实验室应配备医药箱, 以便发生意外事故时作临时处置之用。医药箱应配备如下药品和工具。

1. 药品

碘酒、红药水、紫药水、创可贴、止血粉、烫伤油膏、鱼肝油、甘油、无水乙醇、硼酸溶液 (1%~3%, 饱和)、2%醋酸溶液、1%~5%碳酸氢钠溶液、20%硫代硫酸钠溶液、10%高锰酸钾溶液、20%硫酸镁溶液、1%柠檬酸溶液、5%硫酸铜溶液、1%硝酸银溶液、由 20%硫酸镁-18%甘油-水-1.2%盐酸普鲁卡因配成的药膏、可的松软膏、紫草油软膏及硫酸镁糊剂、蓖麻油等。

2. 工具

医用镊子、剪刀、纱布、药棉、棉签、绷带、医用胶布、担架等。医用药箱供实验室急救用, 不允许随便挪动或借用。

(1) 玻璃割伤。化学实验中要用到各种玻璃仪器, 不小心容易被碎玻璃划伤或刺伤。若伤口内有碎玻璃渣或其他异物, 应先取出。轻伤可用生理盐水或硼酸溶液擦洗伤处, 并用 3%的 H_2O_2 溶液消毒, 然后涂上红药水, 撒上些消炎粉, 并用纱布包扎。伤口较深, 出血过多时, 可用云南白药或扎止血带, 并立即送医院救治。玻璃溅进眼里, 千万不要揉擦。不转眼球, 任其流泪, 速送医院处理。

(2) 烫伤。一旦被火焰、蒸汽、红热玻璃、陶器、铁器等烫伤, 切勿用水冲洗。轻

者可用 10%高锰酸钾溶液擦洗伤处，撒上消炎粉，或在伤处涂烫伤药膏（如氧化锌药膏、獾油或鱼肝油药膏等），重者需送医院救治。

(3) 受强酸腐蚀致伤。先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗，然后浸泡在冰冷的饱和硫酸镁溶液中 0.5h，最后敷以 20%硫酸镁-18%甘油-水-1.2%盐酸普鲁卡因配成的药膏。伤势严重者，应立即送医院急救。

酸溅入眼睛时，先用大量水冲洗，再用 1%的碳酸氢钠溶液洗，最后用蒸馏水或去离子水洗。

氢氟酸能腐烂指甲、骨头，溅在皮肤上会造成痛苦的难以治愈的烧伤。皮肤若被烧伤，应用大量水冲洗 20min 以上，再用冰冷的饱和硫酸镁溶液或 70%酒精冲洗 0.5h 以上。或用大量水冲洗后，再用肥皂水或 2%~5%碳酸氢钠溶液冲洗，用 5%碳酸氢钠溶液湿敷局部，再用可的松软膏或紫草油软膏及硫酸镁糊剂。

(4) 受碱腐蚀致伤。先用大量水冲洗，再用 1%柠檬酸或 1%硼酸，或 2%醋酸溶液浸洗，最后用水洗，再用饱和硼酸溶液洗，最后滴入蓖麻油。若碱溅入眼内，用硼酸溶液冲洗。

(5) 受溴腐蚀致伤。溴灼伤一般不易愈合，必须严加防范。凡用溴时应预先配制好适量的硫代硫酸钠溶液备用。一旦被溴灼伤，应立即用乙醇或硫代硫酸钠冲洗伤口，再用水冲洗干净，并敷以甘油。若起泡，则不宜把水泡挑破。

(6) 受白磷灼伤。用 5%硫酸铜溶液、1%硝酸银溶液或 10%高锰酸钾溶液冲洗伤口，并用浸过硫酸铜溶液的绷带包扎，或送医院治疗。

(7) 吸入刺激性或有毒气体。吸入氯、氯化氢气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气使之解毒。吸入硫化氢气体而感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。

(8) 毒物进入口内。将 5%~10%稀硫酸铜溶液，加入一杯温水中，内服后，用手指伸入咽喉部，促其呕吐，并立即送往医院。

(9) 触电。人体若通以 50Hz 25mA 交流电时，会感到呼吸困难，100mA 以上则会致死。因此，使用电器必须制定严格的操作规程，以防触电。

① 已损坏的接头、插座、插头，或绝缘不良的电线，必须更换。

② 电线有裸露的部分，必须绝缘。

③ 不要用湿手接触或操作电器。

④ 接好线路后再通电，用后先切断电源再拆线路。

⑤ 一旦遇到有人触电，应立即切断电源，尽快用绝缘物（如竹竿、干木棒、绝缘塑料管棒等）将触电者与电源隔开，切不可用手去拉触电者。首先切断电源，必要时施以人工呼吸。

(10) 起火。既要灭火，又要防止火势蔓延。一般小火，可用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物即可灭火。火势大时，可使用 CCl_4 灭火器或 CO_2 泡沫灭火器，但不可用水扑救，因水能和有些化学药品（如金属钠）发生剧烈的反应而引起更大的火灾。电器起火时，只能用 CCl_4 灭火器灭火，而不能用泡沫灭火器，以免触电。衣服着火，应赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处。

(11) 对伤势较重者，应立即送往医院。

六、实验室“三废”的处理

在化学实验室中会遇到各种有毒的废渣、废液和废气（简称“三废”），如不加处理随意排放，就会对周围的环境、水源和空气造成污染，形成公害。“三废”中的有用成分，不加回收，在经济上会造成损失。通过处理，消除公害，变废为宝，综合利用，也是实验室工作的重要组成部分。

1. 废渣处理

有回收价值的废渣应收集起来统一处理，回收利用。少量无回收价值的有毒废渣也应集中起来分别进行处理或深埋于离水源远的指定地点。

(1) 钠、钾屑及碱金属、碱土金属氢化物、氨化物：悬浮于四氢呋喃中，在搅拌下慢慢滴加乙醇或异丙醇至不再放出氢气为止，再慢慢加水澄清后冲入下水道。

(2) 硼氢化钠（钾）：用甲醇溶解后，用水充分稀释，再加酸并放置，此时有剧毒硼烷产生，所以应在通风橱内进行，其废液用水稀释后冲入下水道。

(3) 酰氯、酸酐、三氯化磷、五氯化磷、氯化亚砷：在搅拌下加入大量水冲走。五氯化二磷加水，用碱中和后冲走。

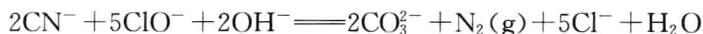
(4) 沾有铁、钴、镍、铜催化剂的废纸、废塑料：变干后易燃，不能随便丢入废纸篓内，应趁未干时，深埋于地下。

(5) 重金属及其难溶盐：能回收的尽量回收。不能回收的集中起来深埋于远离水源的地下。

2. 废液处理

(1) 废酸液、废碱液：将废酸（碱）液与废碱（酸）液中和至 pH 6~8（如有沉淀过滤后）排放。

(2) 氰化物废液：少量含氰废液可加入硫酸亚铁使之转变为毒性较小的亚铁氰化物冲走，也可用碱将废液调到 pH>10 后，用适量的高锰酸钾将 CN^- 氧化。大量含氰废液则需将废液用碱调到 pH>10 后，加入足量的次氯酸盐，充分搅拌，放置过夜，使 CN^- 分解为 CO_3^{2-} 和 N_2 后，再将溶液 pH 调到 6~8 排放。其基本反应原理为



(3) 含砷废水。

① 石灰法：将石灰投入到含砷废水中，使生成难溶的砷酸盐和亚砷酸盐。

② 硫化法：用 H_2S 或 NaHS 作硫化剂，使之生成难溶硫化物沉淀，沉降分离后，调 pH 6~8，排放。

③ 镁盐脱砷法：在含砷废水中加入足够的镁盐，调节镁砷比为 8~12，然后利用石灰或其他碱性物质将废水中和至弱碱性，控制 pH 9.5~10.5，利用新生的氢氧化镁与砷化合物共沉积和吸附作用，将废水中的砷除去。沉降后，将溶液 pH 调到 6~8 排放。

(4) 含汞废水处理。

① 化学沉淀法：在含 Hg^{2+} 的废液中通入 H_2S 或加入 Na_2S ，使 Hg^{2+} 形成 HgS 沉淀。为防止形成 HgS_2^{2-} 可加入少量的 FeSO_4 使过量的 S^{2-} 与 Fe^{2+} 生成 FeS 沉淀。过滤后残渣可回收或深埋，溶液调 $\text{pH}=6\sim 8$ 排放。

② 还原法：利用镁粉、铝粉、铁粉、锌粉等还原性金属，将 Hg^{2+} 、 Hg_2^{2+} 还原为单质 Hg （此法并不十分理想）。

③ 离子交换法：利用阳离子交换树脂把 Hg^{2+} 、 Hg_2^{2+} 交换于树脂上，然后再回收利用（此法较为理想，但成本较高）。

(5) 含铬废水处理。

① 铁氧体法：在含 Cr(VI) 的酸性溶液中加入硫酸亚铁，使 Cr(VI) 还原为 Cr(III) ，再利用 NaOH 调 pH 至 $6\sim 8$ ，并通入适量的空气，控制 Cr(VI) 与 FeSO_4 的比例，使生成难溶于水的组成类似于 Fe_3O_4 （铁氧体）的氧化物（此氧化物有磁性），借助于磁铁或电磁铁可使其沉淀分离出来，达到排放标准（ 0.5mg/L ）。

② 离子交换法：含铬废水中，除含有 Cr(VI) 外，还含有多种阳离子。通常将废液在酸性条件下（ $\text{pH } 2\sim 3$ ）通过强酸性 H^+ 型阳离子交换树脂，除去金属阳离子，再通过大孔弱碱性 OH^- 型阴离子交换树脂，除去 SO_4^{2-} 等阴离子。流出液为中性，可作为纯水循环利用。

阳离子树脂用盐酸再生，阴离子树脂用氢氧化钠再生，再生可回收铬酸钠。

七、化学实验常用仪器介绍

玻璃仪器按玻璃的性质不同可以简单地分为软质玻璃仪器和硬质玻璃仪器两类。软质玻璃承受温差的性能、硬度和耐腐蚀性都比较差，但透明度比较好，一般用来制造不需要加热的仪器，如试剂瓶、漏斗、量筒、吸管等。硬质玻璃具有良好的耐受温差变化的性能，用它制造的仪器可以直接用灯火加热，这类仪器耐腐蚀性强、耐热性能以及耐冲击性能都比较好，常见的烧杯、烧瓶、试管、蒸馏器和冷凝管等都用品质玻璃制作。

玻璃仪器按用途可以分为容器类、量器类和其他常用器皿三大类。

1. 烧杯

常用的烧杯有低形烧杯、高形烧杯、锥形瓶等三种（图 1-1），主要用于配制溶液，煮沸、蒸发、浓缩溶液，进行化学反应以及少量物质的制备等。烧杯用硬质玻璃制造，它可承受 500°C 以下的温度，在火焰上可直接或隔石棉网加热，也可选用水浴、油浴或砂浴等加热方式。烧杯的规格从 25mL 至 5000mL 不等（表 1-1）。



图 1-1 常用的烧杯

表 1-1 烧杯的主要规格

名 称	容量/mL	高度/mm	外径/mm
低形烧杯	50	58	46
	100	72	52
	250	94	69
	500	115	87
	1000	150	110
高形烧杯	50	67	40
	100	88	45
	250	122	60
	600	165	80
	1000	195	100
锥形瓶	125	110	口外径/底外径 34/55
	250	135	43/70
	500	155	53/88

2. 烧瓶

烧瓶用于加热煮沸以及物质间的化学反应，主要有平底烧瓶、圆底烧瓶、三角烧瓶和定碘烧瓶。平底烧瓶不能直接用火加热，圆底烧瓶可以直接用火加热，但两者都不能骤冷，通常在热源与烧瓶之间加隔石棉网。三角烧瓶也称锥形瓶，加热时可避免液体大量蒸发，反应时便于摇动，在滴定操作中经常用它作容器。定碘烧瓶主要用于碘法的测定中，也用于须严防液体蒸发和固体升华的实验，但加热或冷却瓶内溶液时应将瓶塞打开，以免因气体膨胀或冷却，使塞子冲出或难取下。

蒸馏烧瓶是供蒸馏使用的，蒸馏常用的还有三口烧瓶和四口烧瓶（图 1-2、表 1-2、表 1-3）。

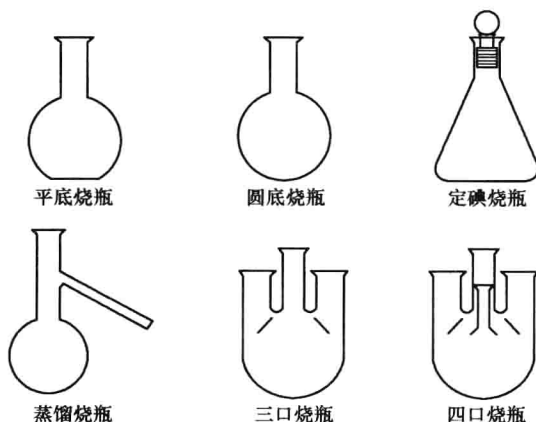


图 1-2 常用烧瓶