

WUJI HUAXUE SHIYAN

高等学校基础化学实验系列教材



# 无机化学实验

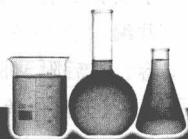
第二版

李月云 张 慧 王 平 张道鹏 主编



化学工业出版社

高等学校基础化学实验系列教材



# 无机化学实验

第二版

李月云 张 慧 王 平 张道鹏 主编



化学工业出版社

·北京·

《无机化学实验》(第二版)共分为四章,绪论介绍了无机化学实验的目的、要求及学习方法,列出了几类实验报告的基本格式。第一章介绍了无机化学实验基本知识,是学生进入无机化学实验室前必须学习的内容。第二章介绍了无机化学实验基本操作与技能。第三章为实验部分,共编写了46个实验项目,包括基础实验和综合设计性实验,涵盖了无机化学理论教学的主要内容。书后附录收集了各类实验常用数据表,便于查阅。

《无机化学实验》(第二版)可作为综合性大学化学化工类专业以及相关专业的教材,同时也适用于高职高专学校的学生以及实验室工作人员和科研人员。

# 无机化学实验

第二版

李月云 张慧 王平 张道鹏 主编

## 图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/李月云,张慧,王平,张道鹏主编. —2版.  
北京:化学工业出版社,2017.8  
高等学校基础化学实验系列教材  
ISBN 978-7-122-29908-6

I. ①无… II. ①李…②张…③王…④张… III. 无机化学-  
化学实验-高等学校-教材 IV. ①O61-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第135294号

责任编辑:宋林青  
责任校对:王静

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 字数273千字 2017年8月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

## 高等学校基础化学实验系列教材编写指导委员会

主任：黄家寅  
副主任：李悦 董云会 王亦军 曲建华  
委员：唐建国 于德爽 王培政 李群 孙典亭  
黄志刚 李月云 张慧 赵剑英 汪学军

### 《无机化学实验》(第二版)编写组

主编：李月云 张慧 王平 张道鹏  
副主编：王凤云 张丽鹏 王静霞  
编者：庄淑娟 孟秀霞 胡环宗  
吕忆民 王捷 张亚莉

# 前 言

《无机化学实验》是山东理工大学、青岛大学合编的系列基础化学实验教材中的一部，自 2009 年第一次出版以来，经过了 8 年的教学实践。在这段时间里，山东理工大学、青岛大学等高校教师使用该教材开展了大量的实验教学实践和研究，对教材提出了许多宝贵的意见和建议，在第二版中，我们吸收了大家的宝贵意见，对相关内容进行了相应的修改，例如氧化还原反应和氧化还原平衡实验中，增加了酸度、浓度对反应速率的影响；溶液的配制及酸碱滴定基本操作中增加了数据记录及处理的表格；硫酸亚铁铵的制备及纯度分析实验中，改变了物料的质量比；表面处理技术实验中修改了盐酸的浓度，以确保学生在实验中取得更好的结果；附录中增加了经常用到的不同温度下水的饱和蒸气压。

随着实验教学的改革和发展要求，为了更好地适应现阶段学生的特点，此次修订增加了部分综合性实验及趣味性实验，删除了第一版教材中的碱式碳酸铜的制备实验，替换成了更加综合性的铜系列化合物的制备与分析；元素部分增加了常见阳离子的分离、鉴定；增加了由易拉罐制备明矾及其纯度测定、从茶叶和紫菜中分离与鉴定某些元素、高温超导材料制备及性能测量等十二个新的实验，引入了目前常用的一些实验方法，更加重视无机化学实验方法在实践中的综合应用，同时也为广大师生提供了充分的选择余地，这也反映了无机化学教学的发展趋势。

此次修订过程中，青岛大学的张慧老师，山东理工大学的李月云老师、张道鹏老师等在修改实验内容、增加新实验及编写等方面做了大量的工作，本书再版得到了山东理工大学和青岛大学院领导和无机化学教研室老师们的大力支持，编者在此表示诚挚的谢意。

限于时间和水平，疏漏之处在所难免，请读者多提宝贵意见。

编者

2017 年 4 月

# 第一版前言

本书是山东理工大学和青岛大学等高校合作编写的高等学校基础化学实验系列教材中的一部。该系列教材的编写目的是为普通高等院校的化学、化工类专业以及相关专业的学生提供一套适用性强的实验教材。

无机化学实验是学生进入大学后的第一门实验课程，也是一门独立的基础化学实验课程，本书的编写宗旨是使学生加深对无机化学基本理论的理解，加深对元素及化合物性质的理解，学习掌握无机化学实验的基本操作方法，注重基本技能训练，养成严格、认真和实事求是的科学态度，提高其观察、分析和解决问题的能力。

本书的编写结合实验室实际情况，以加强基本操作训练为主线，编者结合十几年的无机化学教学经验，借鉴和汲取众家之长，精选实验内容，既注重基本技能训练，又增强教材的实用性。实验内容的安排是在基础实验的基础上，补充了综合性实验和设计性实验，综合设计性实验是为了培养学生独立进行实验的能力，为今后从事科研工作打下基础。

全书共分四部分：绪论介绍了无机化学实验的目的要求及学习方法，列出了几类实验报告的基本格式；第一章介绍了化学实验基础知识，是学生进入无机化学实验室前必须学习的内容；第二章介绍了无机化学实验的基本操作和技能；第三章是本书最重要的内容——实验部分，共编写了 35 个实验项目，包括基础实验、综合设计性实验，涵盖了无机化学理论教学的主要内容。每个实验包括目的、实验原理、仪器和试剂、实验内容、思考题等部分，有些实验还附有记录实验数据的规范格式，供学生参考使用。综合设计实验由学生选择适当的题目，自行拟订实验方案和步骤，在教师的协助下完成实验。书后附录收集各类实验常用数据表，便于查阅。

本书可作为综合性大学化学化工类专业以及相关专业的本科生的无机化学实验教材，同时也适用于高职高专学校的学生以及实验室工作人员和科研人员。

本书由李月云（山东理工大学）、张慧（青岛大学）、王平（山东理工大学）担任主编，王凤云（青岛大学）、张丽鹏（山东理工大学）、王静霞（青岛大学）担任副主编，参加编写的还有庄淑娟、孟秀霞、胡环宗、吕亿民、王捷、张亚莉等，赵增典教授给予了很好的意见。全书由李月云负责筹划和统稿。本教材在编写过程中，得到了山东理工大学和青岛大学有关领导和同仁的大力支持，在此深表由衷的谢意。

限于编者水平，时间紧促，书中难免还有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2009 年 1 月

# 目 录

绪论 .....	1
第一节 无机化学实验的目的与要求 .....	1
第二节 无机化学实验的学习方法 .....	1
第三节 实验报告的撰写要求 .....	2
第一章 无机化学实验基本知识 .....	4
第一节 实验室基本常识 .....	4
第二节 绿色化学简介 .....	7
第三节 微型化学实验简介 .....	8
第二章 无机化学实验基本操作与技能 .....	10
第一节 玻璃仪器的洗涤与干燥 .....	10
第二节 常用加热器及加热操作 .....	11
第三节 玻璃量器及使用方法 .....	16
第四节 天平与称量 .....	21
第五节 化学试剂的取用 .....	31
第六节 常用试纸的制备及用法 .....	33
第七节 气体的发生、收集和洗涤 .....	34
第八节 水的纯化及水质鉴定 .....	36
第九节 试管反应与离子的检出 .....	37
第十节 无机合成基本操作 .....	39
第十一节 离子交换技术 .....	44
第三章 实验部分 .....	49
实验一 常用玻璃仪器的洗涤和干燥 .....	49
实验二 简单玻璃工基本操作和塞子的配置 .....	50
实验三 分析天平的使用 .....	53
实验四 容量仪器的校准 .....	54
实验五 溶液的配制 .....	57
实验六 酸碱滴定基本操作 .....	59
实验七 气体常数的测定 .....	61
实验八 密度的测定 .....	63
实验九 硝酸钾溶解度的测定 .....	65
实验十 醋酸电离常数的测定 .....	67
实验十一 化学反应速率、反应级数和活化能的测定 .....	69
实验十二 离子交换法测定硫酸钙的溶度积 .....	71
实验十三 硫酸钡溶度积的测定(电导率法) .....	73

实验十四	配位化合物的生成和性质	75
实验十五	磺基水杨酸合铁配合物的组成及其稳定常数测定	77
实验十六	硫酸铜结晶水的测定	80
实验十七	二氧化碳分子量的测定	81
实验十八	离子交换法制备纯水	83
实验十九	氯化钠的提纯	85
实验二十	硝酸钾的制备和提纯	87
实验二十一	硫酸亚铁铵的制备及纯度分析	89
实验二十二	硫酸铝钾大晶体的制备	91
实验二十三	柔性石墨的制备及性质	92
实验二十四	硫代硫酸钠的制备	93
实验二十五	水合硫酸亚铁和莫尔盐的制备	96
实验二十六	三氯化六氨合钴(Ⅲ)的制备、性质和组成	97
实验二十七	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的合成及组成分析	100
实验二十八	铜系列化合物的制备与分析	101
实验二十九	氮和磷	104
实验三十	由易拉罐制备明矾及其纯度测定	107
实验三十一	氧化还原反应和氧化还原平衡	109
实验三十二	表面处理技术	111
实验三十三	金属的腐蚀及防止	114
实验三十四	碱金属与碱土金属	118
实验三十五	卤素	120
实验三十六	氧、硫	123
实验三十七	碳、硅、硼、锡、铅、铝	125
实验三十八	铁、钴、镍	126
实验三十九	铜、锌、银、汞	128
实验四十	铬、锰	130
实验四十一	元素性质综合实验	132
实验四十二	从茶叶和紫菜中分离与鉴定某些元素	138
实验四十三	常见阳离子的分离、鉴定	139
实验四十四	废干电池的综合利用	145
实验四十五	趣味实验	146
实验四十六	高温超导材料制备及性能测量	150
附录		153
附录 1	无机化学实验常用仪器	153
附录 2	水在不同温度下的密度	156
附录 3	元素的相对原子质量表	157
附录 4	常用酸碱的浓度	158
附录 5	溶度积常数表	159

附录 6	标准电极电势 .....	160
附录 7	常用缓冲溶液 .....	161
附录 8	常用试剂的配制 .....	162
附录 9	常见离子及化合物的颜色 .....	163
附录 10	弱电解质的电离常数 .....	166
附录 11	常见沉淀物的 pH 值 .....	167
附录 12	常见配离子的稳定常数 .....	168
附录 13	不同温度下水的饱和蒸气压 .....	169
参考文献	.....	171

# 绪 论

## 第一节 无机化学实验的目的与要求

化学是一门以实验为基础的学科。许多化学理论和规律是对大量实验资料进行分析、概括、综合和总结而形成的；实验又为理论的完善和发展提供了依据。化学实验教学是全面实施化学教育的有效教学形式之一。

无机化学实验是大学阶段的第一门化学实验课程，它不仅是化学实验的重要分支，也是学生学习其他化学实验的重要基础，是学生必修的一门独立的基础实验课程。通过无机化学实验，要达到以下几方面的目的：

① 通过实验使学生对无机化学中的一些基本概念和原理能进一步理解和应用。培养通过实验获取新知识的能力。

② 通过实验使学生掌握无机化学实验中的一些基本操作，正确使用某些玻璃仪器和测量仪器，具备安装实验装置的初步能力。

③ 通过无机化学实验基本技能的训练，使学生获得大量物质变化的感性认识，在此基础上能达到掌握一般无机化合物的制备和提纯方法，养成独立思考、独立准备和进行实验的能力，养成细致的观察和记录实验现象的习惯，达到正确归纳综合处理数据和分析实验结果的能力。

④ 通过元素性质实验使学生对无机化学中一些常见元素的单质或化合物的主要性质有较牢固的掌握，培养严格的科学态度、良好的实验素养以及分析和解决问题的能力，为后续实验课奠定良好的基础。

## 第二节 无机化学实验的学习方法

要使无机化学实验取得良好效果，不仅要求学生有正确的学习态度和良好的学习习惯，还需要有正确的实验方法，本教材将化学实验的学习方法归纳为以下三个环节。

### 一、课前预习

课前预习是做好化学实验的前提和保证。预习主要包括：阅读实验教材、教科书和参考资料中的有关内容；明确本实验的目的；了解实验的内容、步骤、操作过程和实验时应注意的安全知识、操作技能和实验现象；在预习的基础上，写好预习笔记。

特别需要注意的是，若教师发现学生不预习和预习不够充分，有权让学生停止实验，要求其在了解实验内容之后再行实验。

### 二、实验过程

在良好实验预习的基础上，在教师的指导下独立完成实验是至关重要的一步，实验过程中，根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量进行操作，并应该做到下列几点。

① 认真操作，细心观察现象，并及时、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，并认真分析和检查原因，可以做对照试验、空白试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学习科学思维的方法。

③ 实验过程中应勤于思考，仔细分析，力争自己解决问题。但遇到疑难问题而自己难以解决时，可提请教师讨论解决。

④ 在实验过程中应保持肃静，严格遵守实验室工作规则；实验结束，应清理好自己的实验台，洗净、整理好玻璃仪器。

### 三、实验报告

实验完毕应对实验现象进行解释并作出结论，或根据实验数据进行处理和计算，独立完成实验报告；还可对本次实验提出自己的见解和建议。

## 第三节 实验报告的撰写要求

实验报告是对每次所做实验的概括和总结，必须严肃认真如实填写。并严格按照格式书写，书写实验报告应字迹端正，简明扼要，整齐清洁。

### 一、实验报告的内容

一份合格的报告应该包括以下内容。

① 实验目的：具体写该次实验要达到的要求和实现的任务。

② 实验原理：简述实验的基本原理和主要的化学方程式、结果计算公式。要注意简明扼要。

③ 实验内容或步骤：简述实验过程，尽量利用表格、框图、流程图等形式，只需简单明了地说明实验过程，避免抄书。

④ 实验现象、数据记录及结果处理：记录实际的实验现象，数据记录要真实完整。特别强调，实验记录要尊重实验事实，不允许编造和抄袭，若发现主观臆造或抄袭者取消实验成绩。

⑤ 问题分析及讨论：包括针对实验中遇到的疑问提出见解；分析实验误差产生的原因；对实验方法，实验内容等提出的意见或建议。

### 二、不同类型实验报告格式示例

#### 1. 无机化学测定类实验报告格式

课程名称：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

\_\_\_\_\_学院\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_班 姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_同组人\_\_\_\_\_

实验名称：\_\_\_\_\_成绩\_\_\_\_\_

一、实验目的：

二、实验原理：（简述）

三、实验内容：（简写）

四、数据记录及结果处理：

五、问题与讨论：（根据具体情况，该部分可以不写）

## 2. 无机化学制备类实验报告格式

课程名称：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日  
 \_\_\_\_\_学院\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_班 姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_同组人\_\_\_\_\_

实验名称：\_\_\_\_\_成绩\_\_\_\_\_

一、实验目的：

二、实验原理：(简述)

三、实验步骤：(用框图表示基本流程)

四、实验结果：

1. 实验过程中主要现象

2. 产品外观

3. 产量及产率

4. 产品纯度检验

五、问题与讨论：(根据实际情况，该部分可以不写)

## 3. 无机化学性质类实验报告

课程名称：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日  
 \_\_\_\_\_学院\_\_\_\_\_专业\_\_\_\_\_班 姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_同组人\_\_\_\_\_

实验名称：\_\_\_\_\_成绩\_\_\_\_\_

一、实验目的：

二、实验内容：(最好用表格表示)

序号	实验内容	实验现象	结论或解释

三、实验小结

四、问题与讨论：(根据实际情况，该部分可以不写)

# 第一章 无机化学实验基本知识

## 第一节 实验室基本常识

化学实验室是开展实验教学的主要场所，涉及许多仪器、仪表、化学试剂甚至有有毒的药品。教学过程中，保证教学人员的安全、实验室设备的完好、安全防火和保护环境是贯穿整个实验过程的十分重要的任务，也是要求学生掌握的重要课程内容。

本章对无机化学实验室中经常遇到的一些问题加以介绍，以引起实验教师和学生的注意。

### 一、实验室规则

实验室规则是人们从长期的实验室工作中归纳总结出来的，它是保持正常的实验环境和工作秩序，防止意外事故，做好实验的一个重要前提，必须做到人人遵守。

① 实验前一定要做好预习和实验准备工作，检查实验所需的药品、仪器是否齐全。做规定以外的实验，应先经教师允许。

② 实验时要集中精力，认真操作，仔细观察，积极思考，如实详细地做好记录。

③ 实验中必须保持肃静，不准大声喧哗，不得到处乱走。不得无故缺席，因故缺席未做实验应该补做。

④ 爱护仪器和设备，小心使用仪器和实验室设备，注意节约水、电和煤气。每人应取用自己的仪器，不得动用他人的仪器；公用仪器和临时公用的仪器用毕应洗净，并立即送回原处。如有损坏，必须及时登记补领并按照规定赔偿。

⑤ 加强环境保护意识，采取积极措施，减少有毒气体和废液对大气、水和周围环境的污染。

⑥ 剧毒药品必须有严格的管理、使用制度，领用时要登记，用完后要回收或销毁，并把落有毒物的桌子和地面擦净，洗净双手。

⑦ 实验台上的仪器、药品应整齐地放在一定的位置上并保持台面的清洁。每人准备一个废品杯，实验中的废纸、火柴梗和碎玻璃等应随时放入废品杯中，待实验结束后，集中倒入垃圾箱。酸性溶液应倒入废液缸，切勿倒入水槽，以防腐蚀下水管道。碱性废液倒入水槽并用水冲洗。

⑧ 按规定的量取用药品，注意节约。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。

⑨ 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行操作，细心谨慎，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，及时排除故障。

⑩ 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。

⑪ 如果发生意外事故，应保持镇静，不要惊慌失措；遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即

报告教师，及时救治。

⑫ 实验后，应将所用仪器洗净并整齐地放回实验柜内。实验台和试剂架必须擦净，最后关掉电门、水和煤气龙头。实验柜内仪器应存放有序，清洁整齐。

## 二、实验室工作安全操作

进行化学实验时，要严格遵守关于水、电、煤气和各种仪器、药品的使用规定。化学药品中，很多是易燃、易爆、有腐蚀性和有毒的。因此，重视安全操作，熟悉一般的安全知识是非常必要的。

注意安全不仅是个人的事情。发生了事故不仅损害个人的健康，还会危及周围的人，并使国家财产受到损失，影响工作的正常进行。因此，首先需要从思想上重视实验安全工作，决不能麻痹大意。其次，在实验前应了解仪器的性能和药品的性质以及本实验中的安全事项。在实验过程中，应集中注意力，并严格遵守实验室安全守则，以防意外事故的发生。再次，要学会一般救护措施。一旦发生意外事故，可进行及时处理。最后，对于实验室的废液，也要知道一些处理的方法，以保持实验室环境不受污染。

### 1. 实验室的安全操作

① 不要用湿手、物接触电源。水、电、煤气一经使用完毕，就立即关闭水龙头、煤气开关，拉掉电闸。点燃的柴火用后立即熄灭，不得乱扔。

② 严禁在实验室内饮食、吸烟，严禁把食具带进实验室。实验完毕，必须洗净双手。

③ 绝对不允许随意混合各种化学药品，以免发生意外事故。

④ 金属钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧，所以金属钾、钠应保存在煤油中，白磷则可保存在水中，取用时要用镊子。一些有机溶剂（如乙醚、乙醇、丙酮、苯等）极易易燃，使用时必须远离明火、热源，用毕立即盖紧瓶塞。

⑤ 含氧气的氢气遇火易爆炸，操作时必须严禁接近明火。在点燃氢气前，必须先检查并确保纯度符合要求。银氨溶液不能留存，因久置后会变成氮化银，也易爆炸。某些强氧化剂（如氯酸钾、硝酸钾、高锰酸钾等）或其混合物不能研磨，否则将引起爆炸。

⑥ 应配备必要的护目镜。倾注药剂或加热液体时，容易溅出，不要俯视容器。尤其是浓酸、浓碱具有强腐蚀性，切勿使其溅在皮肤或衣服上，眼睛更应注意防护。稀释酸、碱时（特别是浓硫酸），应将它们慢慢倒入水中，而不能反向进行，以避免迸溅。加热试管时，切记不要使试管口向着自己或别人。

⑦ 不要俯向容器去嗅放出的气味。面部应远离容器，用手把逸出容器的气体慢慢地扇向自己的鼻孔。能产生有刺激性或有毒气体（如  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{Br}_2$  等）的实验必须在通风橱内进行。

⑧ 有毒药品（如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物，特别是氰化物）不得进入口内或接触伤口。剩余的废液也不能随便倒入下水道，应倒入废液缸或教师指定的容器里。

⑨ 金属汞易挥发，并通过呼吸道而进入人体内，逐渐积累会引起慢性中毒。所以做金属汞的实验应特别小心，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。

⑩ 实验室所有药品不得携出室外。用剩的有毒药品应交还给教师。

### 2. 实验室事故急救的处理

为了对实验室内意外事故进行紧急处理，应该在每个实验室内准备一个急救药箱。药箱内可准备下列药品：

红药水	碘酒 (3%)
獾油或烫伤膏	碳酸氢钠溶液 (饱和)
饱和硼酸溶液	醋酸溶液 (2%)
氨水 (5%)	硫酸铜溶液 (5%)
高锰酸钾晶体 (需要时再制成溶液)	氯化铁溶液 (止血剂)
甘油	消炎粉

另外，消毒纱布、消毒棉（均放在玻璃瓶内，磨口塞紧）、剪刀、氧化锌橡皮膏、棉花棒等，也是不可缺少的。

在实验过程中，若不慎发生意外，要保持镇静，采取措施紧急处理。

① 创伤 伤处不能用手抚摸，也不能用水洗涤。若是玻璃创伤，应先把碎玻璃从伤处挑出。轻伤可涂以紫药水（或红汞、碘酒），必要时撒些消炎粉或敷些消炎膏，用绷带包扎。

② 烫伤 不要用冷水洗涤伤处。伤处皮肤未破时，可涂擦饱和碳酸氢钠溶液或用碳酸氢钠粉调成糊状敷于伤处，也可抹獾油或烫伤膏；如果伤处皮肤已破，可涂些紫药水或1%高锰酸钾溶液。

③ 受碱腐蚀致伤 先用大量水冲洗，再用2%醋酸溶液或饱和硼酸溶液洗，最后用水冲洗。如果碱液溅入眼中，用硼酸溶液洗。

④ 受溴腐蚀致伤 用苯或甘油洗涤伤口，再用水洗。

⑤ 受磷灼伤 用1%硝酸银、5%硫酸铜或浓高锰酸钾溶液洗涤伤口，然后包扎。

⑥ 吸入刺激性或有毒气体 吸入氯气、氯化氢气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒。吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。但应注意氯气、溴中毒不可进行人工呼吸，一氧化碳中毒不可施用兴奋剂。

⑦ 毒物进入口内 将5~10mL稀硫酸铜溶液加入一杯温水中，内服后，用手指伸入咽喉部，促使呕吐，吐出毒物，然后立即送医院。

⑧ 触电 首先切断电源，然后在必要时进行人工呼吸。

⑨ 起火 起火后，要立即一面灭火，一面防止火势蔓延（如采取切断电源，移走易燃药品等措施）。灭火的方法要针对起因选用合适的方法和灭火设备。

一般的小火用湿布、石棉布或砂子覆盖燃烧物，即可灭火。火势大时可使用泡沫灭火器。但电器设备所引起的火灾，只能使用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，不能使用泡沫灭火器，以免触电。实验人员衣服着火时，切勿惊慌乱跑，赶快脱下衣服，或用石棉布覆盖着火处。

⑩ 伤势较重者，应立即送医院。

### 三、实验室“三废”的处理

实验中经常会产生某些有毒的气体、液体和固体，都需要及时排弃，特别是某些剧毒物质，如果直接排出就可能污染周围空气和水源，损害人体健康。因此，对废液和废气、废渣要经过一定的处理后，才能排弃。

#### 1. 废气

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，使排出气在外面大量空气中稀释，以免污染室内空气。

产生毒气量大的实验必须备有吸收或处理装置。如二氧化氮、二氧化硫、氯气、硫化氢、氟化氢等可用导管通入碱液中，使其大部分吸收后排出，一氧化碳可点燃转成二氧化碳。

## 2. 废液

① 无机实验中通常大量的废液是废酸液。废酸缸中废酸液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤，滤液加碱中和，调 pH 至 6~8 后就可排出。少量滤渣可埋于地下。

② 废铬酸洗液可以用高锰酸钾氧化法使其再生，重复使用。氧化方法：先在 110~130℃ 下将其不断搅拌、加热、浓缩，除去水分后，冷却至室温，缓缓加入高锰酸钾粉末。每 1000mL 加入 10g 左右，边加边搅拌直至溶液呈深褐色或微紫色，不要过量。然后直接加热至有三氧化硫出现，停止加热。稍冷，通过玻璃砂芯漏斗过滤，除去沉淀；冷却后析出红色三氧化铬沉淀，再加适量硫酸使其溶解即可使用。少量的废铬酸洗液可加入废碱液或石灰使其生成氢氧化铬(III)沉淀，将此废渣埋于地下。

③ 氰化物是剧毒物质，含氰废液必须认真处理。对于少量的含氰废液，可先加氢氧化钠调至  $\text{pH} > 10$ ，再加入几克高锰酸钾使  $\text{CN}^-$  氧化分解。大量的含氰废液可用碱性氯化法处理。先用碱将废液调至  $\text{pH} > 10$ ，再加入漂白粉，使  $\text{CN}^-$  氧化成氰酸盐，并进一步分解为二氧化碳和氮气。

④ 含汞盐废液应先调 pH 至 8~10，然后，加适当过量的硫化钠生成硫化汞沉淀，并加硫酸亚铁生成硫化亚铁沉淀，从而吸附硫化汞共沉淀下来。静置后分离，再离心，过滤。清液的汞含量降到  $0.02\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  以下可排放。少量残渣可埋于地下，大量残渣可用焙烧法回收汞，但要注意一定要在通风橱内进行。

⑤ 含重金属离子的废液，最有效和最经济的处理方法是加碱或加硫化钠把重金属离子变成难溶性的氢氧化物或硫化物沉积下来，然后过滤分离，少量残渣可埋于地下。

## 3. 废渣

实验室产生的少量固体废渣，绝不能与生活垃圾混倒。固体废弃物经回收，提取有用物质后，少量有毒的废渣常埋于地下（应有固定地点）。填埋场应该远离水源，场地底层不透水，不能渗入地下水层。

## 第二节 绿色化学简介

### 一、绿色化学的概念

绿色化学 (green chemistry)，又称清洁化学 (clean chemistry)、环境无害化学 (environmentally benign chemistry)、环境友好化学 (environmentally friendly chemistry)。绿色化学有三层含义：第一，是清洁化学，绿色化学致力于从源头制止污染，而不是污染后的再治理，绿色化学技术应不产生或基本不产生对环境有害的废弃物，绿色化学所产生出来的化学品不会对环境产生有害的影响；第二，是经济化学，绿色化学在其合成过程中不产生或少产生副产物，绿色化学技术应是低能耗和低原材料消耗的技术；第三，是安全化学，在绿色化学过程中尽可能不使用有毒或危险的化学品，其反应条件尽可能是温和的或安全的，其发生意外事故的可能性是极低的。

总之，绿色化学是用化学的技术和方法去减少或消灭对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、溶剂和试剂、催化剂、产物、副产物、产品等的产生和使用。

## 二、绿色化学的发展

不可否认,人类进入 20 世纪以来创造了高度的物质文明,从 1990 年到 1995 年的 6 年间合成的化合物数量就相当于有记载以来的 1000 多年间人类发现和合成化合物的总量(1000 万种),这是科技的发展、是社会的进步;但同时也带来了负面的效应:资源的巨大浪费,日益严重的环境问题等。人们开始重新认识和寻找更为有利于其自身生存和可持续发展的道路,注意人与自然的和谐发展,绿色意识成了人类追求自然完美的一种高级表现形式。

1995 年 3 月,美国成立“绿色化学挑战计划”并设立“总统绿色化学挑战奖”。1997 年中国国家科委主办第 72 届香山科学会议,主题为“可持续发展对科学的挑战——绿色化学”。近些年来,各国化学家在绿色化学的研究领域里,运用物理学、生态学、生物学等的最新理论、技术和手段,取得了可喜的成绩。

## 三、绿色化学的思维方式

绿色化学的核心是“杜绝污染源”,防治污染的最佳途径就是从源头消除污染,一开始就不要产生有毒、有害物。事实上,实现化学实验绿色化的关键是建立绿色化学的思维方式。在化学实验教学中,应在教师和学生的头脑中确立这种意识,要树立绿色化学的思维方式,应从环境保护的角度、从经济和安全的角度来考虑各个实验的设置、实验手段、实验方法等,并遵循以下原则。

① 设计合成方法时,只要可能,不论原料、中间产物还是终产品,均应对人体健康和环境无毒害(包括极小毒性和无毒)。

② 合成方法必须考虑能耗、成本,应设法降低能耗,最好采用在常温常压下的合成方法。

③ 化工产品要设计成在其使用功能终结后,它不会永存于环境中,要能分解成可降解的无害产物。

④ 选择化学生产过程的物质时,应使化学意外事故(包括渗透、爆炸、火灾等)的危险性降低到最低程度。

⑤ 在技术可行和经济合理的前提下,原料要采用可再生资源以代替消耗性资源。

## 第三节 微型化学实验简介

### 一、微型化学实验的概念

微型化学实验(microscale chemical experiment 或 microscale laboratory, M. L.)是近年来国外日益广泛使用的一种实验方法。所谓微型化学实验,即在一些专门设计的微型化的仪器装置中进行的化学实验。

微型化学实验的试剂用量比对应的常规实验节约 90% 以上。微型实验有两个基本特征:试剂用量少和仪器微型化。微型化实验不是常规实验的简单缩微或减量,而是在微型化的条件下对实验进行重新设计和探索,以尽可能少的试剂来获取尽可能多的化学信息。可以达到准确、明显、安全、方便和防止环境污染等目的。

微型化学实验与微量化学实验是不同的概念。微量化学指组分的微量或痕量的定量测定、理论、技术和方法,即微量分析化学。而微型化学实验尽管会包含一些微量化学的技术,但实验的对象和内容却超越了微量化学的范围。用于化学教学的微型实验还要具备现象