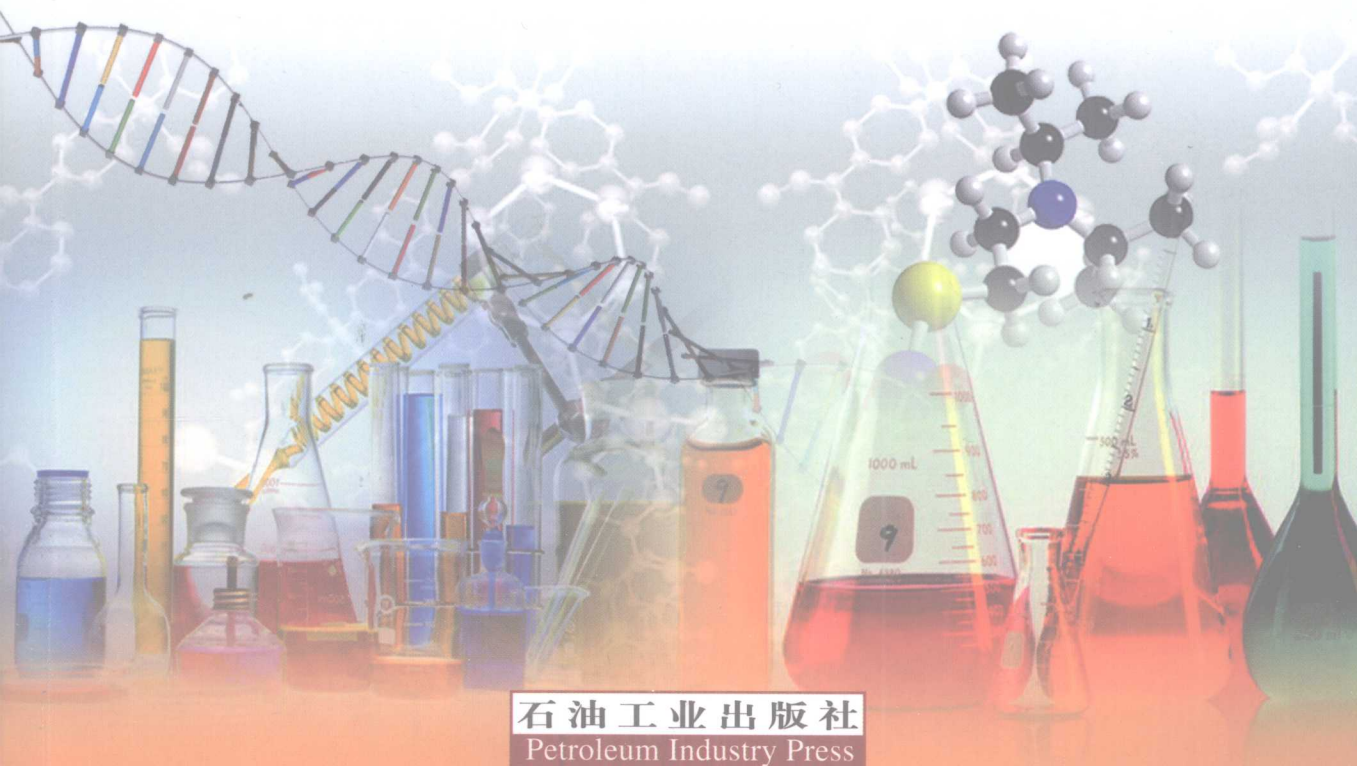




北京市高等教育精品教材立项项目

# 基础化学实验

胡应喜 主编



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

北京市高等教育精品教材立项项目

# 基础化学实验

胡应喜 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

全书主要介绍化学实验基础、基础化学实验的基本操作技能、实验室常用仪器的原理及其使用方法、滴定分析法和称量分析法,并精选了七十个基础化学实验和十八个综合设计性实验。实验内容的选取既考虑了基本实验方法、操作的完整性和系统性,也充分考虑了与工业生产、材料科学、环境保护、生活实践等的密切相关性。

本书可作为高等院校应用化学、化学化工类等专业的基础化学实验教材,也可作为相关专业的教师和学生的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/胡应喜主编.

北京:石油工业出版社,2009.6

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 978-7-5021-7099-8

I. 基…

II. 胡…

III. 化学实验-高等学校-教材

IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 050413 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)

编辑部: (010) 64523612 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 中国石油报社印刷厂

---

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 25

字数: 638 千字

---

定价: 38.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究



## 前言

化学实验教学是化学教育过程中的重要环节。随着社会发展对化学人才知识、技能等综合素质的要求不断提高,化学实验在培养学生的基础知识、实践能力和科学素养等方面发挥的作用日益凸显。加强实验教学环节、提高学生动手能力、增强学生的创新意识,已成为全面提高学生素质、满足社会需要的迫切要求。本教材立足于课程的整体性和基础性,着重于培养学生的创新精神和创新能力,将原来彼此独立、条块分割的无机化学、分析化学、有机化学实验进行综合,形成一套全新的、与后续课程紧密联系的基础化学实验课程体系。近年来,北京石油化工学院基础化学教学与实验中心紧密结合学校的定位、教学科研及服务面向,积极开展实验教学改革,为培养出具有鲜明工程实践特色的化学化工人才做了大量尝试。本教材是在综合历年传统基础化学实验讲义的基础上,结合我校实验室及学生的实际情况编写而成的。

本教材共六章。第一章为基础化学常识,主要介绍基础化学实验室的基础知识、数据处理及有效数字等;第二、第三、第四章为基础化学实验的基本操作技能、实验室常用仪器的原理及使用方法和滴定分析方法;第五章为基础性实验,包括无机物和有机物的制备、性质与分析、物性常数的测定等实验内容;同时,为了培养学生分析和解决复杂问题的能力及创新意识,第六章还安排一定数量的综合型、设计型实验。本教材力求体现工程实践特色,以实验操作技术为主线,精选教材内容,由浅入深、循序渐进。实验内容的选取既考虑了基本实验方法、实验操作的完整性与系统性,也充分考虑了与工业生产、材料科学、环境保护、生活实践等的密切相关性。在实验项目的安排上,尽量减少昂贵和有毒试剂的使用,力求实验项目绿色环保、试剂及装置微型化。

在编写过程中参考了不少兄弟院校已出版的实验教材,得到了教务处、学院领导及许多教师的无私帮助,也得到了北京市高等教育精品教材项目立项和北京石油化工学院教材建设基金资助。在此一并表示衷心的感谢。

本教材由胡应喜任主编,吴新民、刘壮、佟拉嘎、刘霞、林世静、李艳云、尹振晏、晁建平、李巍、荣华、戚传松等参与编写并进行校对。

由于编者水平所限,书中错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009年1月

# 目录

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 绪论                   | 1   |
| 0.1 基础化学实验的特点        | 1   |
| 0.2 基础化学实验的性质、目的和任务  | 1   |
| 0.3 基础化学实验课的学习方法     | 2   |
| 第一章 基础化学实验常识         | 4   |
| 1.1 实验常识             | 4   |
| 1.2 实验中意外事故的处理       | 7   |
| 1.3 试剂取用的安全知识        | 9   |
| 1.4 高压气体钢瓶及氧气减压阀     | 14  |
| 1.5 实验数据处理           | 15  |
| 1.6 基础化学实验室常用仪器介绍    | 21  |
| 第二章 基础化学实验基本操作技术     | 25  |
| 2.1 玻璃仪器的洗涤与干燥       | 25  |
| 2.2 加热干燥和冷却技术        | 27  |
| 2.3 容量器皿的使用和校正       | 32  |
| 2.4 天平和称量            | 37  |
| 2.5 玻璃加工和塞子钻孔        | 42  |
| 2.6 熔点的测定            | 46  |
| 2.7 物质的分离与提纯         | 47  |
| 第三章 实验室常用仪器的原理及其使用方法 | 82  |
| 3.1 温度计              | 82  |
| 3.2 气压计              | 90  |
| 3.3 电性测量仪器           | 91  |
| 3.4 光性测量仪器           | 113 |
| 第四章 滴定分析法和称量分析法      | 125 |
| 4.1 滴定分析法            | 125 |
| 4.2 称量分析法            | 149 |
| 第五章 基础实验             | 160 |
| 实验一 氯化钠的提纯           | 160 |
| 实验二 从硼镁泥制取七水硫酸镁      | 162 |
| 实验三 硫酸铜的制备           | 165 |
| 实验四 化学反应速率、活化能的测定    | 166 |

|       |                                                                                                                                                     |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 实验五   | 过氧化氢分解速率常数和活化能的测定                                                                                                                                   | 170 |
| 实验六   | 酸碱标准溶液的配制及浓度标定                                                                                                                                      | 173 |
| 实验七   | 混合碱的分析                                                                                                                                              | 176 |
| 实验八   | 食醋总酸度的测定                                                                                                                                            | 179 |
| 实验九   | 醋酸标准解离常数和解离度的测定                                                                                                                                     | 180 |
| 实验十   | 分光光度法测定平衡常数                                                                                                                                         | 183 |
| 实验十一  | 石灰石中微量铁的测定                                                                                                                                          | 185 |
| 实验十二  | 磺基水杨酸铁配合物的组成及稳定常数的测定                                                                                                                                | 188 |
| 实验十三  | 铵盐中含氮量的测定                                                                                                                                           | 190 |
| 实验十四  | EDTA 标准溶液的配制、标定及自来水总硬度测定                                                                                                                            | 192 |
| 实验十五  | 高锰酸钾溶液的配制与标定                                                                                                                                        | 195 |
| 实验十六  | 过氧化氢含量的测定(高锰酸钾法)                                                                                                                                    | 197 |
| 实验十七  | 化学需氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)                                                                                                                                | 199 |
| 实验十八  | 高锰酸钾法测钙                                                                                                                                             | 201 |
| 实验十九  | 碘和硫代硫酸钠溶液的配制和标定                                                                                                                                     | 203 |
| 实验二十  | 胆矾中铜的测定                                                                                                                                             | 206 |
| 实验二十一 | 葡萄糖含量的测定(碘量法)                                                                                                                                       | 207 |
| 实验二十二 | 维生素 C 含量的测定(直接碘量法)                                                                                                                                  | 209 |
| 实验二十三 | 生理盐水中氯化钠含量的测定(银量法)                                                                                                                                  | 210 |
| 实验二十四 | 氯化钡中钡的测定(称量法)                                                                                                                                       | 212 |
| 实验二十五 | 磷矿石中磷含量的测定(称量法)                                                                                                                                     | 215 |
| 实验二十六 | 电导滴定法测定盐酸溶液和乙酸溶液的浓度                                                                                                                                 | 217 |
| 实验二十七 | 水样中微量氟的测定(氟离子选择电极法)                                                                                                                                 | 219 |
| 实验二十八 | 电位滴定法连续滴定水中的碘和氯(附维生素 B <sub>1</sub> 片剂中总氯量的测定)                                                                                                      | 222 |
| 实验二十九 | 电位法测定卤化银的溶度积                                                                                                                                        | 225 |
| 实验三十  | 电离平衡和沉淀溶解平衡                                                                                                                                         | 227 |
| 实验三十一 | 氧化还原反应                                                                                                                                              | 231 |
| 实验三十二 | 配位化合物                                                                                                                                               | 235 |
| 实验三十三 | 非金属化合物的性质                                                                                                                                           | 237 |
| 实验三十四 | 阴离子的初步试验和分别鉴定                                                                                                                                       | 242 |
| 实验三十五 | 金属化合物的性质(一)                                                                                                                                         | 246 |
| 实验三十六 | 金属化合物的性质(二)                                                                                                                                         | 250 |
| 实验三十七 | 水溶液中 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$<br>离子的分离和检出                       | 256 |
| 实验三十八 | 水溶液中 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$<br>离子的分离和检出 | 259 |
| 实验三十九 | 简单蒸馏操作                                                                                                                                              | 261 |
| 实验四十  | 重结晶、测熔点                                                                                                                                             | 262 |
| 实验四十一 | 环己烯的制备(含微量实验)                                                                                                                                       | 264 |

|            |                                   |            |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 实验四十二      | 溴乙烷的制备(含微量实验)                     | 265        |
| 实验四十三      | 1-溴丁烷的制备(含微量实验)                   | 267        |
| 实验四十四      | 环己酮的合成                            | 269        |
| 实验四十五      | 乙酸正丁酯的制备(含微量实验)                   | 270        |
| 实验四十六      | 肉桂酸的制备(含微量实验)                     | 272        |
| 实验四十七      | 乙酰苯胺的制备(含微量实验)                    | 274        |
| 实验四十八      | 2-甲基-2-丁醇的制备                      | 276        |
| 实验四十九      | 苯乙酮的制备                            | 277        |
| 实验五十       | 3-丁酮酸乙酯的制备(含微量实验)                 | 278        |
| 实验五十一      | 双酚 A 的制备                          | 280        |
| 实验五十二      | 三乙基苄基氯化铵的制备(含微量实验)                | 281        |
| 实验五十三      | 对羟基苯甲酸苄酯的合成                       | 282        |
| 实验五十四      | 二苯甲醇的合成                           | 283        |
| 实验五十五      | 甲基橙的制备                            | 284        |
| 实验五十六      | 8-羟基喹啉的制备                         | 285        |
| 实验五十七      | 薄层色谱分离菠菜叶色素                       | 286        |
| 实验五十八      | 从茶叶中提取咖啡因                         | 288        |
| 实验五十九      | 恒温技术                              | 290        |
| 实验六十       | 燃烧热的测定                            | 293        |
| 实验六十一      | 纯液体饱和蒸气压的测定                       | 297        |
| 实验六十二      | 凝固点降低法测定摩尔质量                      | 301        |
| 实验六十三      | 氨基甲酸铵分解反应平衡常数的测定(附化学纯氨基甲酸铵的制备)    | 305        |
| 实验六十四      | 双液系沸点-组成图的绘制(附正常沸点的压力校正)          | 309        |
| 实验六十五      | 二组分合金系统相图的绘制                      | 313        |
| 实验六十六      | 原电池电动势的测定和热力学量的计算                 | 316        |
| 实验六十七      | 一级反应动力学——蔗糖转化                     | 319        |
| 实验六十八      | 二级反应动力学——乙酸乙酯皂化                   | 323        |
| 实验六十九      | 溶液表面张力的测定                         | 325        |
| 实验七十       | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备及电泳 | 329        |
| <b>第六章</b> | <b>综合设计性实验</b>                    | <b>333</b> |
| 实验一        | 硫酸亚铁铵的制备及组成分析                     | 333        |
| 实验二        | 三草酸根合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成分析               | 336        |
| 实验三        | 蛋壳中 Ca、Mg 含量的测定                   | 344        |
| 实验四        | 顺、反-二甘氨酸合铜(Ⅱ)水合物的制备及组成分析          | 348        |
| 实验五        | 反-二苯乙烯的制备                         | 350        |
| 实验六        | 三苯甲基碳负离子、正离子和自由基及其反应              | 351        |
| 实验七        | 从烂板液中回收硫酸铜及组成测定                   | 355        |
| 实验八        | 由锌灰制备硫酸锌和提取金属镉及成分测定               | 356        |
| 实验九        | 三氯化六氨合钴(Ⅲ)的制备及组成测定                | 356        |

|                                            |                            |     |
|--------------------------------------------|----------------------------|-----|
| 实验十                                        | 锌钡白(立德粉)的合成及组成测定·····      | 357 |
| 实验十一                                       | 水泥熟料中铁、铝、钙、镁含量的测定·····     | 358 |
| 实验十二                                       | 离子选择性电极法测定水及饲料中的游离氟·····   | 358 |
| 实验十三                                       | 阿司匹林的合成、鉴定与含量的测定·····      | 359 |
| 实验十四                                       | 2, 4-二氯苯氧乙酸的合成(植物生长素)····· | 359 |
| 实验十五                                       | 苯甲酸的合成与性能·····             | 360 |
| 实验十六                                       | 醇、酚、醛、酮未知液的分析·····         | 360 |
| 实验十七                                       | 表面活性剂和溶液表面张力及吸附量的研究·····   | 361 |
| 实验十八                                       | 溶胶的制备及电性质研究(设计型)·····      | 361 |
| 附录                                         | ·····                      | 364 |
| 一、国际制单位(SI)、SI 辅助单位、具有专门名称的 SI 导出单位与十倍进的词头 | ·····                      | 364 |
| 二、国家选定的非国际单位制的单位·····                      | 365                        |     |
| 三、不同温度下水的折射率·····                          | 366                        |     |
| 四、常见离子的鉴定方法·····                           | 366                        |     |
| 五、实验室中常用酸碱的相对密度和浓度·····                    | 372                        |     |
| 六、缓冲溶液·····                                | 373                        |     |
| 七、某些液体的密度·····                             | 375                        |     |
| 八、难溶化合物的溶度积常数·····                         | 376                        |     |
| 九、几种物质的蒸气压·····                            | 377                        |     |
| 十、弱电解质的解离常数·····                           | 378                        |     |
| 十一、常用的标准电极电势(25.0℃, 101.325kPa)·····       | 380                        |     |
| 十二、某些配合物的稳定常数(18~25℃)·····                 | 381                        |     |
| 十三、氨羧配位剂类配合物的稳定常数(18~25℃)·····             | 381                        |     |
| 十四、某些试剂的配制·····                            | 383                        |     |
| 十五、某些离子和化合物的颜色·····                        | 385                        |     |
| 十六、常见物质的摩尔质量·····                          | 386                        |     |
| 十七、常用加热浴种类·····                            | 389                        |     |
| 十八、元素的相对原子质量(1999 年)·····                  | 389                        |     |
| 十九、常用化学信息网址·····                           | 391                        |     |
| 参考文献                                       | ·····                      | 392 |

# 结论

## 0.1 基础化学实验的特点

化学是一门实验科学，化学中的定律和学说大都来源于实验，因此，化学实验在大学教育中占有特别重要的地位。

基础化学实验是研究物质的组成(成分、含量)、结构、性能和制备的科学。纯物质的分子中所含的元素和各元素的含量，分子中原子间的结构关系，混合物中各物质组分、结构及其含量，各物质的物理和化学性能，各物质的制备、分离、提纯，各种物理和化学常数的测定等，都需要通过化学及物理实验认识、测定、验证。因此，基础化学实验在基础化学课程的学习和化学学科的研究中具有特别重要的作用。

## 0.2 基础化学实验的性质、目的和任务

基础化学实验是学生化学实验技能与化学素质培养不可缺少的一个重要环节。“基础化学实验”是将传统的无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验和物理化学实验四大化学实验融合而成的一门新的实验课程，独立设课。该课程以物质制备(含无机合成和有机合成)为主线，将化学基本操作、物理和化学实验研究方法等有机融合，呈现给学生一个完整的基础化学实验知识体系。课程目的是：

(1) 理论联系实际，使基础化学教学中的重要理论和概念得到巩固和深化，并扩展课堂中所获得的知识。

(2) 培养学生掌握基本的实验操作技能，熟悉常用仪器的使用方法，获得准确的实验数据和结果。

(3) 培养学生独立思考和独立工作的能力，学会联系课堂知识，独立进行实验，仔细观察和分析实验现象，学会正确处理数据及解释现象，以从中得出科学的结论。

(4) 培养学生严谨科学的工作态度和作风，培养学生的创新能力，为学习其他课程和今后从事化学领域的科研、生产打下坚实的基础。

通过基础化学实验的教学，不仅使学生验证、巩固和加强课堂所学的基础理论和基本知识，更重要的是培养学生的实验操作能力、分析问题和解决问题的能力，养成严肃认真、实事求是的科学态度和严谨的工作作风，培养学生的创新精神和创新能力，并为后续的专业实验课及今后的发展打下良好基础。

### 0.3 基础化学实验课的学习方法

要做好基础化学实验，不仅要有正确的学习态度，而且还需要有正确的学习方法。基础化学实验学习方法可归纳成以下几方面。

#### 1. 充分预习

实验前预习是必要的准备工作，是做好实验的前提和保证。预习应达到下列要求：

(1) 认真阅读实验教材及有关参考资料，明确实验目的，理解实验原理，熟悉实验内容，掌握实验方法，了解基本操作和仪器的使用方法及注意事项。

(2) 根据实验内容查阅附录及有关手册，列出实验所需的物理、化学数据。在此基础上，写出预习报告。

(3) 实验前，教师要检查每个学生的预习报告，必要时进行提问，并解答疑难问题。对未预习和未达到预习要求的学生，必须首先预习，而后经教师同意，方可进行实验。

#### 2. 认真实验

(1) 根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量规范操作，仔细观察实验现象，认真详实地做好实验记录，既要大胆又要细心。

(2) 实验中观察到的现象、测定的数据要如实记录在报告本上，不得用铅笔随意记在草稿纸或实验教材上；不凭主观意愿删去自己认为不对的数据；更不能杜撰原始数据；原始数据不得随意涂改，如果记录错误，可在原来数据上画一道杠，再在上面或旁边写上正确数据。

(3) 在实验中遇到疑难问题或者“反常现象”，应首先尊重实验事实，并认真分析和检查其原因，做对照、空白试验，或自行设计实验进行核对。必要时应多次重复验证，直到从中得到正确结论。

(4) 实验过程中要勤于思考，遇到问题要善于仔细分析，力争独立解决问题；遇到疑难问题而自己无法解决时，可请教指导教师给予指导。如实验失败，要查明原因，经教师准许后重做实验。

(5) 在实验过程中应该保持肃静，严格遵守实验守则。自觉养成良好的实验习惯，始终保持实验桌面布局合理、环境整洁。实验结束后，必须经指导教师在原始记录本上签字后才能离开实验室。

#### 3. 做好总结

做完实验仅是完成实验的一部分，余下更为重要的任务是分析实验现象、整理实验数据，对实验进行全面总结，写出实验报告。

(1) 根据所做的实验记录，对实验现象进行解释，写出反应式，处理原始数据，并进行归纳总结，得出结论。

(2) 对实验结果进行讨论，分析误差产生的原因，回答相关的思考题，对实验内容和实验方法提出改进意见或建议。

#### 4. 实验报告

实验报告的书写有法，但无定法。一份好的实验报告，应目标明确、重点突出、条理清

楚、层次分明、书写整洁、格式规范、表述准确、详略得当；尽可能用图、表、公式等科学语言，在较少的篇幅里，让阅读者获得实验者关于实验尽可能多的信息。

实验报告主要包括：(1) 目的；(2) 原理；(3) 操作步骤及实验性质、现象；(4) 数据处理(含误差原因及分析)；(5) 经验与教训；(6) 思考题回答。

书写实验报告应注意以下几点：

(1) 每次做完实验后均应及时上交实验报告，书写基础化学实验报告应根据实验的类型有所侧重。

(2) 实验报告的书写应实事求是、独立完成，同学间可互相讨论，但严禁杜撰、修改实验数据或抄袭他人数据和报告。

(3) 实验的原理、过程、结果分析与讨论应简明详实。

(4) 书写应字迹工整，段落结构层次清楚，文字叙述准确、规范。

# 第一章 基础化学实验常识

## 1.1 实验常识

### 1.1.1 基础化学实验室规则

实验室规则是人们从长期的实验室工作经验和教训中归纳总结出来的，它可以保持正常的实验环境和工作秩序，防止意外事故发生。遵守实验室规则是做好实验的前提和保障，必须严格遵守。

(1) 实验前一定要做好预习和实验准备工作，明确实验目的，了解实验的基本原理、方法和注意事项。

(2) 遵守纪律，不迟到、不早退，保持肃静，不准大声喧哗，不得到处乱走。

(3) 实验时集中精力，认真操作，仔细观察，积极思考，详细如实做好实验记录。

(4) 爱护国家财产，小心使用仪器和实验设备，注意节约水、电和煤气。实验中使用自己的仪器，不得随意动用他人的仪器。公用仪器使用完毕后应洗净，放回原处。如有损坏，必须及时登记补领。

(5) 实验仪器应整齐地摆放在实验台上，保持台面清洁。实验中产生的废纸、火柴梗和碎玻璃等应倒入垃圾箱内，酸碱废液必须小心倒入废液缸内。

(6) 按规定用量取用药品，注意节约。取药品时要小心，不要撒落在实验台上。药品自瓶中取出后，不能再放回原瓶中。称取药品后，应及时盖好瓶盖。放在指定地方的药品不得擅自拿走。

(7) 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行操作。操作中细心谨慎，避免粗心大意，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。

(8) 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、水和环境的污染。产生有毒气体的实验应在通风橱内进行。

(9) 实验完成后，应将自己所用仪器洗净，整齐摆放在指定位置，并将实验台、试剂架和通风橱擦净。

(10) 实验结束后，值日生负责打扫和整理实验室，关闭水、电和煤气，关闭窗户。经教师检查合格后，值日生方可离开实验室。

### 1.1.2 实验安全守则

化学实验用到的药品中，有的是易燃、易爆药品，有的具有腐蚀性和毒性。因此，实验

中要特别注意安全，必须将“安全”放在首位。发生了事故不仅损害个人的身体健康，而且有可能危及他人，还有可能导致国家的财产受到损失，影响工作的正常进行。因此，首先要从思想上重视实验安全，绝不能麻痹大意。其次，在实验前应了解仪器的性能、药品的性质以及实验中应注意的安全事项。在实验过程中，应集中精力，严格遵守实验安全守则，防止意外事故的发生。第三，要掌握必要的救护措施。一旦发生意外事故，可进行及时处理。

实验室安全守则如下：

(1) 严禁在实验室内饮食、吸烟，或把食具(食物、餐具)带进实验室。化学实验药品禁止入口。实验完毕应洗手。

(2) 不要用湿的手、物接触电源，以免发生触电事故。

(3) 一切涉及有毒、有刺激性或有恶臭气味物质(如硫化氢、氟化氢、氯气、一氧化碳、二氧化硫、二氧化氮等)的实验，必须在通风橱中进行。

(4) 一切易挥发和易燃物质的实验，必须在远离火源的地方进行，以免发生爆炸事故。

(5) 加热试管时，不得将试管口对着自己，也不可指向别人，避免溅出的液体烫伤人。

(6) 倾注有腐蚀性的液体或加热有腐蚀性的液体时，不要俯向容器直接去嗅容器中溶液或气体的气味，应使面部远离容器，用手把逸出容器的气流慢慢地煽向自己的鼻孔。

(7) 稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢倒入水中，并不断搅拌，切不可将水倒入硫酸中，以免产生局部过热使硫酸溅出，引起灼伤。

(8) 取用在空气中易燃烧的钾、钠和白磷等物质时，要用镊子，不要用手去接触。

(9) 许多气体和空气的混合物有爆炸组分界限。当混合物的组分介于爆炸高限与爆炸低限之间时，只要有一适当的灼热源(如一个火花、一根高热金属丝)诱发，全部气体混合物便会瞬间爆炸。某些气体与空气混合的爆炸高限和低限，以其体积分数表示，见表 1.1。因此实验时应尽量避免能与空气形成爆鸣混合气的气体散逸到室内空气中，同时实验室工作时应保持室内通风良好，不使某些气体在室内积聚而形成爆鸣混合气。实验需要使用某些与空气混合有可能形成爆鸣气的气体时，室内应严禁明火和使用可能产生电火花的电器等，禁穿鞋底上有铁钉的鞋子。

表 1.1 与空气混合的某些气体的爆炸极限(20℃,  $p^\ominus$ )

| 气 体  | 爆炸高限,% | 爆炸低限,% | 气 体 | 爆炸高限,% | 爆炸低限,% |
|------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 氢    | 74.2   | 4.0    | 乙醇  | 19.0   | 3.2    |
| 一氧化碳 | 74.2   | 12.5   | 丙酮  | 12.8   | 2.6    |
| 煤气   | 74.0   | 35.0   | 乙醚  | 36.5   | 1.9    |
| 氨    | 27.0   | 15.5   | 乙烯  | 28.6   | 2.8    |
| 硫化氢  | 45.5   | 4.3    | 乙炔  | 80.0   | 2.5    |
| 甲醇   | 36.5   | 6.7    | 苯   | 6.8    | 1.4    |

(10) 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。表 1.2 所示为基础化学实验中可能遇到的有毒物质。因此实验时应尽量减少与这些物质接触。确实需要使用时应戴好防护手套，并尽可能在通风橱中操作。这些物质中特别要注意的是苯、四氯化碳、氯仿等常见溶剂，所以实验时通常用甲苯代替苯，用二氯甲烷代替四氯化碳和氯仿。实验过程剩余的废液也不能随便倒入下水道，应倒入

废液缸或由教师指定的容器里。

表 1.2 化学实验中常见的有毒化学物质

|        |                                                                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 致癌物质   | 对甲苯磺酸甲酯、亚硝基二甲胺、偶氮乙烷、二甲胺偶氮苯、 $(\alpha)\beta$ -萘胺、2-乙酰氨基苯、2-乙酰氨基酚、2-乙酰氨基苄、3,4-苯并蒽、1,2,4,5-二苯并蒽、9,10-二甲基-1,2-苯并蒽、N-亚硝基化合物、石棉粉尘 |
| 剧毒物质   | 硫酸二甲酯、氰化钾、氰化钠、氢氰酸、氯化汞、砷化物、氟化氢、氯化氢、溴化氢、硫化氢                                                                                   |
| 有毒溶剂   | 苯、甲苯、乙醚、氯仿、苯胺                                                                                                               |
| 腐蚀性化合物 | 有机强酸、有机强碱、硫酸、盐酸、硝酸、氢氧化钠、氢氧化钾、生物碱、苯酚、硝基苯、黄磷                                                                                  |
| 有毒气体   | 氟、氯、二氧化硫、一氧化碳、光气、汞蒸气、溴蒸气                                                                                                    |

- (11) 金属汞易挥发，并通过呼吸道而进入人体，逐渐积累会引起慢性中毒。所以做金属汞的实验时应特别小心，不得把金属汞洒落在桌上或地上。若不小心洒落，必须尽可能收集起来，并用硫黄粉撒在洒落汞的地方，让金属汞转变成不挥发的硫化汞。
- (12) 洗涤过的仪器应放在烘箱或气流干燥器上干燥，严禁用手甩干。
- (13) 水、电、煤气一经使用完毕，应立即关闭开关。
- (14) 点燃的火柴用后应立即熄灭，不得乱扔。
- (15) 不得将实验室的化学药品带出实验室。

1.1.3 实验室“三废”的处理

实验中不可避免产生的某些有毒气体、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，使环境污染，损害人体健康。因此，对废液、废气和废渣必须经过一定的处理，才能排弃。

对于产生少量有毒气体的实验，可在通风橱内进行，通过排风设备将少量有毒气体排到室外，以免污染室内空气。对于产生毒气量较大的实验，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、氟化氢等可用碱溶液吸收，一氧化碳可直接点燃使其转为二氧化碳。少量有毒的废渣可埋于地下(应有固定地点)。下面主要介绍常见废液处理的一些方法：

- (1) 实验中产生的废液中量较大的是废酸液，可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤，滤液用石灰或碱中和，调 pH 值至 6~8 后就可排出。少量的滤渣可埋于地下。
- (2) 实验中含铬废液量较大的是废铬酸洗液，可用高锰酸钾氧化法使其再生，继续使用。方法是：先在 110~130℃ 下不断搅拌加热浓缩，除去水分后，冷却至室温，缓缓加入高锰酸钾粉末，每 1000mL 中加入 10g 左右，直至溶液呈深褐色或微紫色(注意不要加过量)，边加边搅拌，然后直接加热至有三氧化硫产生，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。少量的洗液可加入废碱液或石灰使其生成氢氧化铬沉淀，将废渣埋于地下。
- (3) 氰化物是剧毒物质，含氰废液必须认真处理。少量的含氰废液可先加氢氧化钠调至 pH 值大于 10，再加入少量高锰酸钾使  $CN^-$  氧化分解。量大的含氰废液可用碱性氯化法处理，方法是：先用碱调至 pH 值大于 10，再加入漂白粉，使  $CN^-$  氧化成氰酸盐，并进一步分解为二氧化碳和氮气。含氰化物的废液在处理时，切勿与酸性废液混合，否则会产生毒性

极强的挥发性的氢氰酸。

(4) 含汞盐废液应先调 pH 值至 8~10 后, 加适当过量的硫化钠, 生成硫化汞沉淀, 同时加入硫酸亚铁生成硫化亚铁沉淀, 从而吸附硫化汞沉淀下来。静置后分离, 再离心过滤, 清液中的含汞量降到  $0.02\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  以下, 可直接排放。少量残渣可埋于地下, 大量残渣需要用焙烧法回收汞。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而沉积下来, 从而过滤分离, 少量残渣可埋于地下。

(6) 有机实验中产生的废液多为有机—无机混合物废液, 应倒到指定废液桶中集中处理。

## 1.2 实验中意外事故的处理

基础化学实验室工作存在着不同程度的危险, 因为实验室所用的化学试剂大多具有腐蚀性, 有毒、易燃或易爆; 另外, 实验室中有各种各样的玻璃仪器、电加热设备、高压钢瓶等, 如果不慎, 容易造成触电、火灾、爆炸以及其他伤害事故。因此必须了解实验室的一般安全知识, 细心谨慎, 以防事故的发生。一旦发生事故, 则应头脑冷静, 积极采取措施进行处理。

### 1.2.1 实验室常见事故及其预防方法

实验室中可能发生的事故大致可分为四类: 烧伤、中毒、火灾、爆炸。

#### 1. 烧伤的预防

- (1) 取用固体氢氧化钠和腐蚀性药品时, 应使用药匙, 严禁直接用手拿取。
- (2) 稀释浓酸特别是浓硫酸时, 只能在搅拌下将酸慢慢地注入水中, 切不可将水倒入酸中, 否则酸液溅出, 会造成伤害。如溶液剧烈发热, 则待其冷却后再继续加酸。
- (3) 在用移液管移取强酸、强碱溶液时, 严禁用嘴直接吸取, 应用吸耳球吸取。
- (4) 在搬运浓酸、浓碱时要特别小心, 防止容器破碎而造成烧伤。
- (5) 倾注试剂和加热溶液时不可俯视。

#### 2. 中毒的预防

- (1) 一切有毒气逸出的实验都应在通风橱中进行。
- (2) 一切有毒药品必须妥善保管, 按照制度规则取用。有毒的废液不可倒入下水道中, 应集中存放, 并即时加以处理。
- (3) 在处理有毒物品时, 应戴护目镜和橡胶手套。

#### 3. 火灾的预防

- (1) 实验楼内必须备有灭火器材、沙土等, 每一个实验工作者都应知其放置地点。
- (2) 一切电热设备, 如马福炉、管式炉、烘箱、电炉等有专人管理, 并定期检查, 防止发生触电及漏电失火等事故。
- (3) 使用易燃药品(如乙醚、苯等), 绝对不能靠近火源。
- (4) 离开实验室时, 要关好煤气和电源开关。

#### 4. 爆炸的预防

- (1) 易分解的具有爆炸性的药品(如过氧化氢、浓高氯酸等)必须防止光线直射和受潮。
- (2) 必须经常检查煤气管道是否漏气。若发现实验室中散布着煤气时,则应立即打开门窗进行通风。
- (3) 遵守高压钢瓶的使用规则。

### 1.2.2 实验室发生意外事故的急救常识

(1) 割伤:伤口处不能用手抚摸,也不能用水洗涤。若是玻璃割伤,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,再用绷带包扎。

(2) 烫伤:不要用冷水洗涤伤处。伤口处皮肤未破时,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,可涂些紫药水或高锰酸钾溶液。

(3) 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、肥皂水)洗,最后再用水冲洗。如果酸液溅入眼睛内,用大量水冲洗后送医院处理。

(4) 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。如果是碱液溅入眼中,用硼酸溶液冲洗。

(5) 溴腐蚀致伤:用苯或甘油洗伤口,再用水洗。

(6) 磷灼伤:用1%硝酸银、5%硫酸铜或浓高锰酸钾溶液洗伤口,然后包扎。

(7) 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使之解毒。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。特别应指出的是,氯气、溴中毒不可进行人工呼吸。

(8) 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。

(9) 触电:首先切断电源,然后在必要时进行人工呼吸。

(10) 起火:发生火灾后,不要惊慌。物质燃烧需要空气和一定的温度,所以通过降温或者将燃烧的物质与空气隔绝,便能达到灭火的目的。一旦发生火灾后可采取以下措施:

①停止加热,切断电源,避免引燃电线;把易燃、易爆的物质移远处。

②用湿布、石棉布、沙土灭火。小火用湿布、石棉布覆盖在着火的物体上便可方便地扑灭火焰。对钠、钾等金属着火,通常用干燥的细沙覆盖。

③使用灭火器。不同的灭火器有不同的应用范围,不能随便使用。表1.3列出常用灭火器及其应用范围。

表 1.3 灭火器及其应用范围

| 灭火器名称    | 应用范围                                                                                                                                                    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 泡沫灭火器    | 用于油类着火。这种灭火器由 $\text{NaHCO}_3$ 与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液作用产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\text{CO}_2$ 泡沫,泡沫把燃烧物质包住,与空气隔绝而灭火;因泡沫能导电,因此不能用于扑灭电器着火 |
| 二氧化碳灭火器  | 内装液态 $\text{CO}_2$ , 用于扑灭电气设备失火和小范围油类及忌水的化学品着火                                                                                                          |
| 1211 灭火器 | 内装 $\text{CF}_2\text{ClBr}$ 液化气,适用于油类、有机溶剂、精密仪器、高压电气设备                                                                                                  |

| 灭火器名称                     | 应用范围                                                                          |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 干粉灭火器                     | 这种灭火器内装 $\text{NaHCO}_3$ 等盐类物质与适量的润滑剂和防潮剂, 用于油类、可燃气体、电气设备、精密仪器、图书文件等不能用水扑灭的火焰 |
| 四氯化碳( $\text{CCl}_4$ )灭火器 | 内装液态 $\text{CCl}_4$ , 用于电气设备和小范围汽油、丙酮等的着火                                     |

(11) 伤势较重者, 应立即送医院治疗。

为了对实验室内意外事故进行紧急处理, 每个实验室都应配备一个急救药箱。药箱内可准备下列药品: 红药水、(饱和)碳酸氢钠溶液、饱和硼酸溶液、獾油或烫伤膏、2%醋酸溶液、5%氨水、3%碘酒、5%硫酸铜溶液、10%高锰酸钾、消炎粉、氯化铁溶液(止血剂)、甘油、凡士林、消毒棉、氧化锌橡皮膏、绷带、棉签、剪刀、纱布、创可贴。

## 1.3 试剂取用的安全知识

### 1.3.1 常用化学试剂的规格

关于化学试剂规格的划分, 各国不一致。我国常用化学试剂等级的划分参阅表 1.4。除表 1.4 中五个等级外, 还根据特殊需要而定出相应的纯度规格, 如供光谱分析用的光谱纯, 供核试验及其分析用的核纯等。

表 1.4 常用化学试剂的规格

| 等级  | 名称        | 符号            | 标签颜色 | 适用范围                |
|-----|-----------|---------------|------|---------------------|
| 一级品 | 优级纯(保证试剂) | G. R.         | 绿色   | 纯度很高, 用于精密分析和科学研究工作 |
| 二级品 | 分析纯(分析试剂) | A. R.         | 红色   | 纯度仅次于一级品, 用于一般分析工作  |
| 三级品 | 化学纯       | C. P.         | 蓝色   | 纯度较二级品差, 适用于一般分析工作  |
| 四级品 | 实验试剂(医用)  | L. R.         | 棕色等  | 纯度低, 用于辅助试剂         |
| 五级品 | 生物试剂      | B. R. 或 C. R. | 黄色等  |                     |

对于不同的试剂, 各种规格要求的标准不同。但总的说来, 优级纯试剂杂质含量最低, 实验试剂杂质含量较高。应根据实际工作的需要, 选用适当等级的试剂, 既满足工作要求, 又符合节约原则。

### 1.3.2 试剂的取用

取用试剂时, 不能用手接触化学试剂, 应根据试剂的特点及实验要求选取合适的试剂取用方法。

#### 1. 液体试剂的取用

(1) 从试剂瓶中取出液体试剂, 用倾注法。取下瓶盖仰放桌面, 手握住试剂瓶上贴标签的一面, 倾斜瓶子, 让试剂慢慢倒出, 沿着洁净的试管壁流入试管如图 1.1(a)所示, 或沿洁净的玻璃棒注入烧杯中如图 1.1(b)所示。然后将试剂瓶边缘在容器壁上靠一下, 再加盖放回原处。