

“十二五”普通高等教育规划教材

# 医用化学实验

第二版

Medical Chemical Experiments

主 编 ◎ 王学东 马丽英

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社

“十二五”普通高等教育规划教材

# 医用化学实验 第二版

Medical Chemical Experiments

主 编 ◎ 王学东 马丽英

山东人民出版社

全国百佳图书出版单位 国家一级出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医用化学实验 / 王学东, 马丽英主编, — 2版, —  
济南: 山东人民出版社, 2014.8  
ISBN 978-7-209-08696-7

I. ①医… II. ①王… ②马… III. ①医用化学—化  
学实验—高等学校—教材 IV. ①R313-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 202091 号

责任编辑: 麻素光

医用化学实验

王学东 马丽英 主编

山东出版传媒股份有限公司

山东人民出版社出版发行

社 址: 济南市经九路胜利大街 39 号 邮 编: 250001

网 址: <http://www.sd-book.com.cn>

发行部: (0531)82098027 82098028

新华书店经销

日照市恒远印务有限公司印装

规 格 16开 (184mm×260mm)

印 张 15

字 数 300 千字

版 次 2014 年 8 月第 1 版

印 次 2014 年 8 月第 1 次

ISBN 978-7-209-08696-7

定 价 28.00 元

如有质量问题, 请与印刷厂调换。电话: (0633)8285999

## 编委会成员名单

主 编 王学东 马丽英

副主编 邓树娥 李 慧 盛继文

付彩霞 胡 威 刘 君

编 者 (以姓氏笔画为序)

马丽英 王 雷 王江云 王学东

邓树娥 边玮玮 付彩霞 刘 君

刘 景 李文静 李兆楼 李振泉

李 慧 张凤莲 张怀斌 郑爱丽

胡 威 秦骁强 盛继文 潘芊秀

魏光成

# 前言

《医用化学实验》第二版是根据高等医学院校临床医学、护理学、麻醉学、口腔医学、医学影像学、预防医学等专业的培养目标和教学大纲要求,在我们长期教学实践的基础上组织编写的,主要适用于普通高等医学院校本科临床医学、护理学、麻醉学、口腔医学、医学影像学、预防医学、生物技术、药学等专业的化学实验教学,也可作为化学、化工、中药学、环境科学等专业的教材选用。

为进一步贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》,深化实践教学改革,培养学生的科学素养和创新能力,根据近年来我们的教学改革实践和教材使用者所反映的问题和建议,我们对第一版教材进行了修订,重新编写了第一部分“医用化学基础知识”和第三部分“实验新技术介绍”的大部分内容,对第二部分“实验内容”进行了调整,删除了一些内容陈旧、技术落后的实验项目,增加了部分与医学联系密切、实验技术和设备先进的实验内容,同时更新了一些数据表格,使该书更符合现代教育理念,有利于实践能力和创新能力的培养。

本书保留了第一版的基本内容框架、特色和编写风格,突出了以下特点:①形式和内容新颖。将基础化学与有机化学实验分类混编,使两者充分融合,便于学生对所学化学知识的前后联系与概括。增加了实验新技术介绍,有利于拓宽学生视野。②密切联系医药实践。在保持知识的系统性、完整性的前提下,在实验内容设置上侧重于与医学联系密切的实验项目;在实验技术的选择上,增加了先进的仪器设备和实验方法,有助于提高学生的学习和实践能力,提高实验学习效果。③具有时代特色。为提高学生综合运用知识的能力,编写了设计性实验,使学生熟悉科学研究的初步程序,更有利于学生的深入学习。以人为本,增加绿色化学理念,培养绿色化学思维,增强环保意识。④具有可操作性和实用性。所选实验项目大多是在长期的实验教学实践和反复试验的基础上编写而成,实验结果稳定,并详细列出了实验所用器材和试剂,便于实验的准备和材料药品的统计。书后列出了更多的附录,方便资料的查找等。

第二版《医用化学实验》包括四部分内容:①化学实验基本知识和基本操作。②实验内容。包括物理化学常数测定、溶液的配制与性质、有机物的化学性质、定量分析实验、分离与提纯、合成实验、设计性实验,共计五十八个实验。③新实验技术介绍。④附录。各校可根据各专业培养目标和教学大纲选用。

本书由王学东和马丽英教授负责全面修订和审核工作,潍坊医学院的邓树娥、李慧、盛继文等老师为修订工作付出了大量心血,衷心感谢全体编委的努力。

在修订过程中参考了兄弟院校编写的有关教材,在此向编者深表谢意。限于编者水平,书中错误、遗漏、不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2014 年 7 月

# 目 录

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| <b>第一部分 化学实验基础知识和基本操作</b> | <b>(1)</b>  |
| 1.1 医用化学实验基础知识            | (1)         |
| 1.1.1 实验目的要求              | (1)         |
| 1.1.2 实验室规则               | (1)         |
| 1.1.3 实验预习、记录和实验报告的书写     | (2)         |
| 1.1.4 实验室安全知识             | (3)         |
| 1.1.5 常见事故的预防和处理          | (4)         |
| 1.1.6 绿色化学实验理念            | (6)         |
| 1.1.7 实验废弃物的处理            | (8)         |
| 1.1.8 化学试剂的分类和取用          | (8)         |
| 1.1.9 有效数字及计算规则           | (11)        |
| 1.2 医用化学实验基本操作            | (13)        |
| 1.2.1 常用玻璃仪器简介            | (13)        |
| 1.2.2 玻璃仪器的洗涤、干燥和保养       | (15)        |
| 1.2.3 滴定分析常用仪器及使用         | (17)        |
| 1.2.4 固液分离和沉淀洗涤           | (24)        |
| 1.2.5 干燥                  | (27)        |
| 1.2.6 加热                  | (32)        |
| 1.2.7 萃取和洗涤               | (34)        |
| 1.2.8 重结晶和过滤              | (37)        |
| 1.2.9 升华                  | (38)        |
| <b>第二部分 实验内容</b>          | <b>(40)</b> |
| 2.1 物理化学常数测定及模型作业         | (40)        |
| 实验一 镁原子量的测定               | (40)        |
| 实验二 醋酸解离平衡常数的测定           | (45)        |
| 实验三 配位化合物的组成和稳定常数的测定      | (49)        |



|       |                                         |       |
|-------|-----------------------------------------|-------|
| 实验四   | 离子交换法测定 $\text{PbCl}_2$ 的溶度积 .....      | (52)  |
| 实验五   | 化学反应速率及活化能的测定 .....                     | (55)  |
| 实验六   | 熔点的测定 .....                             | (59)  |
| 实验七   | 常压蒸馏及沸点的测定 .....                        | (64)  |
| 实验八   | 折射率的测定 .....                            | (67)  |
| 实验九   | 旋光度的测定 .....                            | (69)  |
| 实验十   | 有机分子结构模型作业 .....                        | (75)  |
| 2.2   | 溶液的配制及性质 .....                          | (79)  |
| 实验十一  | 电解质溶液的性质 .....                          | (79)  |
| 实验十二  | 缓冲溶液的配制与性质 .....                        | (82)  |
| 实验十三  | 胶体的制备与性质 .....                          | (84)  |
| 实验十四  | 溶液的渗透压测定及其对细胞形态的影响 .....                | (87)  |
| 2.3   | 有机物的化学性质 .....                          | (91)  |
| 实验十五  | 醇和酚的化学性质 .....                          | (91)  |
| 实验十六  | 醛和酮的化学性质 .....                          | (94)  |
| 实验十七  | 羧酸及其衍生物的化学性质 .....                      | (96)  |
| 实验十八  | 羟基酸和酮酸的化学性质 .....                       | (98)  |
| 实验十九  | 含氮有机物的化学性质 .....                        | (100) |
| 实验二十  | 糖类的化学性质 .....                           | (104) |
| 2.4   | 定量分析实验 .....                            | (107) |
| 实验二十一 | 盐酸和氢氧化钠溶液的配制与标定 .....                   | (107) |
| 实验二十二 | 双氧水中 $\text{H}_2\text{O}_2$ 含量的测定 ..... | (109) |
| 实验二十三 | 碘量法测定维生素 C 的含量 .....                    | (112) |
| 实验二十四 | 离子选择电极法测定自来水中氟的含量 .....                 | (114) |
| 实验二十五 | 水的总硬度测定 .....                           | (116) |
| 实验二十六 | 阿司匹林中乙酰水杨酸的含量测定 .....                   | (118) |
| 实验二十七 | 肉制品中亚硝酸盐的含量测定 .....                     | (120) |
| 实验二十八 | 分光光度法测定自来水中铁的含量 .....                   | (123) |
| 2.5   | 分离与提纯 .....                             | (129) |
| 实验二十九 | 粗食盐的精制 .....                            | (129) |
| 实验三十  | 减压蒸馏与旋转蒸发仪 .....                        | (131) |
| 实验三十一 | 水蒸气蒸馏 .....                             | (136) |
| 实验三十二 | 氨基酸的纸上层析 .....                          | (138) |
| 实验三十三 | 薄层层析 .....                              | (141) |
| 实验三十四 | 柱层析 .....                               | (144) |



|                    |                          |       |
|--------------------|--------------------------|-------|
| 实验三十五              | 氨基酸的纸上电泳 .....           | (146) |
| 实验三十六              | 离子交换柱层析法分离氨基酸 .....      | (148) |
| 实验三十七              | 黄连中黄连素的提取、分离及含量测定 .....  | (150) |
| 实验三十八              | 银杏中黄酮类有效成分的提取 .....      | (151) |
| 实验三十九              | 红辣椒色素的微波提取 .....         | (153) |
| 实验四十               | 蛋黄中提取卵磷脂 .....           | (157) |
| 实验四十一              | 茶叶中咖啡碱的提取及分离 .....       | (159) |
| 实验四十二              | 花生油的提取及油脂的性质 .....       | (161) |
| 2.6 合成实验 .....     |                          | (164) |
| 实验四十三              | 葡萄糖酸锌的制备及锌含量的测定 .....    | (164) |
| 实验四十四              | 相转移催化法制备苯甲醇 .....        | (166) |
| 实验四十五              | 乙酸乙酯的制备 .....            | (169) |
| 实验四十六              | 乙酰水杨酸的制备 .....           | (172) |
| 实验四十七              | 乙酰苯胺的制备 .....            | (174) |
| 实验四十八              | 肉桂酸的制备 .....             | (175) |
| 实验四十九              | 苯甲酸乙酯的微波合成 .....         | (178) |
| 实验五十               | 对氨基苯甲酸乙酯的合成 .....        | (181) |
| 实验五十一              | 3,4-二氯硝基苯的合成 .....       | (185) |
| 实验五十二              | 查尔酮的合成 .....             | (187) |
| 2.7 设计性实验 .....    |                          | (190) |
| 实验五十三              | 食盐中碘含量的测定 .....          | (190) |
| 实验五十四              | 食醋中总酸度的测定 .....          | (191) |
| 实验五十五              | 碳酸钠和碳酸氢钠混合物的分析 .....     | (192) |
| 实验五十六              | 从工业酒精制备无水乙醇(99.9%) ..... | (194) |
| 实验五十七              | 未知有机化合物的鉴定 .....         | (195) |
| 实验五十八              | 新鲜蔬菜中胡萝卜素的提取及分离 .....    | (196) |
| 第三部分 实验新技术介绍 ..... |                          | (198) |
| 3.1                | 微波技术在化学领域中的应用简介 .....    | (198) |
| 3.2                | 二氧化碳超临界流体萃取介绍 .....      | (201) |
| 3.3                | 膜分离技术 .....              | (205) |
| 3.4                | 纳米材料在生物学上的应用 .....       | (208) |
| 3.5                | 石墨烯的制备及其在医药中的应用 .....    | (212) |
| 附录 .....           |                          | (214) |
| 附录 1               | 不同温度下水的饱和蒸气压 .....       | (214) |
| 附录 2               | 常用缓冲溶液的配制 .....          | (215) |

|       |                                  |       |
|-------|----------------------------------|-------|
| 附录 3  | 常见有机化合物的物理常数 .....               | (217) |
| 附录 4  | 常见有毒危害性有机化学物质 .....              | (220) |
| 附录 5  | 常用元素的原子量表 .....                  | (221) |
| 附录 6  | 常见化合物式量表(2004 年) .....           | (222) |
| 附录 7  | 常用酸碱的密度和浓度 .....                 | (224) |
| 附录 8  | 弱酸弱碱在水中的解离常数(298K, $I=0$ ) ..... | (225) |
| 附录 9  | 难溶化合物的溶度积(298K) .....            | (227) |
| 附录 10 | 常用基准物质的干燥条件和应用 .....             | (229) |
| 附录 11 | 常用辞典、手册及网络信息资源 .....             | (230) |
| 参考文献  | .....                            | (232) |

# 第一部分

## 化学实验基础知识和基本操作

### 1.1 医用化学实验基础知识

#### 1.1.1 实验目的要求

医用化学实验是一门实验性的学科。除了通过实验理解和巩固化学基础知识、训练实验技能外,还能培养学生的思维能力,以及实事求是、严肃认真的科学态度。要达到上述目的,必须做到以下几点:

1. 在实验前预习实验内容,明确实验目的、原理、用途和注意事项,熟悉实验的操作过程,安排好实验计划,按要求写出预习报告。

2. 在实验过程中,要严格按照实验方法进行操作,不能随意改变操作方法和试剂用量。

3. 实验中要认真观察,勤于思考。同时要注意安全,爱护仪器,节约药品,保持实验环境的整洁。

4. 要养成及时记录的良好习惯,如实记录实验结果、反应现象和有关数据,要尊重实验结果,实事求是,不是记录理论上应该观察到的现象。

5. 实验结束后,及时按要求写好实验报告。

#### 1.1.2 实验室规则

为了保证实验的安全操作和顺利进行,提高学习效率,节约使用实验材料以及保持实验室整洁等,实验时必须遵守下列事项:

1. 实验前做好预习及各项准备工作。

2. 实验开始时应检查仪器是否完好,使用时应小心谨慎,避免损坏。实验完毕,应将仪器洗涤干净,按要求摆放。

3. 药品用量按照实验方法中所指示的量称取或量取,不能随意更改,以免影响实验效果和造成浪费。未经教师许可,不得改变实验方法或做指定内容以外的实验。

4. 在实验室中要保持安静。进行实验时应集中注意力,认真操作,细心观察,避免不必要的谈话和走动,更不得擅自离开实验室。

5. 进行实验时要做到整洁有序,并保持“四洁”(桌面、仪器、水槽和地面整洁)。火柴

梗、废纸等物应放入垃圾桶中,绝不能丢入水槽或下水道,以免堵塞,也不要随意乱丢。

6. 爱护国家财产,公用仪器及药品用后应放回原处。节约水、电、煤气及消耗物品,水、电、煤气不用时应立即关闭。

7. 同学轮流做值日生。值日生的职责是整理仪器,打扫实验室,检查水、电、煤气,关好门窗等。

### 1.1.3 实验预习、记录和实验报告的书写

#### (一) 实验预习

实验预习是化学实验的重要环节,写实验预习报告不仅能提高实验课的效率,还能加深学生对理论课内容的理解,增强学生做实验的积极性,锻炼学生的自学能力。这些都在培养学生探究能力和创新能力等方面发挥着重要作用。因此学生必须在课前认真预习,写好预习报告。实验前应仔细阅读实验教材,并按要求写好预习报告,上实验课时应携带预习报告,交辅导教师审阅。教师可拒绝那些未进行预习的学生进入实验室进行实验。预习报告一般包括以下内容:

1. 实验名称 日期

2. 实验目的

3. 实验原理 用自己的话扼要写出,重在理解,不是照抄书本,对特殊实验装置应用铅笔画出仪器装置图。

4. 器材和试剂 对所仪器的原理、性能、使用方法、仪器使用注意事项进行预习,必要时可参考理论教材。了解实验所用试剂的物理、化学性质,如熔点、沸点与挥发性、相对密度、折光率、可燃性、爆炸极限、毒性强弱及使用时的注意事项等。

5. 操作步骤 应在仔细阅读教材的基础上简写实验步骤,可用符号代替部分文字。通过预习,找出对实验结果影响较大的关键操作。

6. 注意事项 对实验中可能出现的安全问题、仪器使用注意事项、实验操作等有充分的预期和准备,写出防范措施和解决办法。

7. 数据记录与处理 可在预习时设计数据记录与处理的表格,加深对实验的理解。查得或计算出实验时需要的相关数据。

#### (二) 实验记录

实验记录是培养学生科学素养的重要途径。学生应认真按要求进行实验,仔细观察实验现象,实事求是地记录实验现象和实验数据,不能根据理论预测随意修改所得结果。

实验现象包括反应温度变化、颜色变化,是否混浊、有无沉淀、沉淀的颜色及晶型等。

实验数据是使用各种测量仪器得到的数据,应根据所用仪器的精度正确记录有效数字,有效数字的位数既不能少,也不能多,保留几位有效数字是由仪器测量精度决定的,不是人为规定的。

实验过程中的每一个数据都是测量结果,重复测量时,即使数据完全相同,也应认真

记录,不能丢掉。

实验记录应整洁,发现记录错误需要改动时,应用双斜线划去,在其上方书写正确的数字。

### (三)实验报告的书写

实验完成后,应根据要求和实验中的现象与数据记录等,及时认真地写出实验报告。

下面概括介绍一般实验报告的书写内容和格式。

1. 实验名称 日期 室温 天气
2. 实验目的
3. 实验原理 简要地用文字或化学反应式说明,对特殊实验装置,应用铅笔画出实验装置图。
4. 器材和试剂
5. 操作步骤 简要写出实验步骤。
6. 数据与处理 应用文字、图表将数据及处理结果表示出来,根据具体实验情况写出计算公式、计算产率等。
7. 注意事项
8. 结果分析 对实验现象、实验结果、产生的误差等结合理论知识进行讨论分析,以提高分析问题和解决问题的能力。

#### 1.1.4 实验室安全知识

化学实验需要用各种化学试剂及热源、电器、玻璃仪器等设备。不少试剂是易燃、易爆,或者具有一定毒性的物质。不熟悉药品和仪器性能、违反操作规程和麻痹大意就可能发生中毒、火灾、爆炸、触电、割伤或仪器设备损坏等事故。为预防事故的发生和正确处理危险事故,应熟悉实验室安全的基本知识。

1. 进入实验室之前,必须认真预习实验内容,明确实验目的及要掌握的操作技能。了解实验步骤、所用药品的性能及相关的安全问题。
2. 实验开始前应检查仪器是否完整无损,装置是否正确稳妥,若有破损及时报告指导老师,征得指导教师同意之后,方可进行实验。
3. 实验进行时,不得擅自离开岗位,要注意观察实验的进行情况,检查装置是否有漏气、仪器是否有破损等现象。
4. 当进行可能发生危险的实验时,要根据实验情况采取必要的安全措施,如戴防护眼镜、面罩或橡皮手套等。
5. 使用易燃、易爆药品时,应远离火源。
6. 实验试剂不得入口。严禁在实验室内吸烟或饮食,严禁把餐具带进实验室,更不能把实验器皿当作餐具。实验结束后要细心漱口、洗手。
7. 要熟悉灭火器材、沙箱以及急救药箱等的放置地点和使用方法,并妥善爱护。安

全用具和急救药箱不准移作他用。

8. 一旦发生事故,要及时报告指导教师,并在教师指导下进行妥善处理。

### 1.1.5 常见事故的预防和处理

#### (一)玻璃割伤

化学实验室中最常见的外伤是由玻璃仪器或玻璃管的破碎引发的。使用玻璃仪器时要轻拿轻放,不能对玻璃仪器的任何部位施加过度的压力。安装玻璃仪器时,最好用布片包裹;往玻璃管上连接橡皮管时,最好用水浸湿橡皮管的内口。发生割伤后,应先将伤口处的玻璃碎片取出,再用生理盐水将伤口洗净,轻伤可用“创可贴”,伤口较大时,用纱布包好伤口送至医院。割破血管,流血不止时,应先止血。具体方法是:在伤口上方5~10 cm处用绷带扎紧或用双手掐住,尽快送医院救治。

#### (二)药品的灼伤与处理

药品灼伤是由于操作者的皮肤触及腐蚀性化学试剂所致。这些试剂包括:强酸类,特别是氢氟酸及其盐类;强碱类,如碱金属的氢化物、浓氨水、氢氧化物等;氧化剂类,如浓的过氧化氢、过硫酸盐等;还有如溴、钾、钠等某些单质。为防止药品灼伤,取用危险药品及强酸、强碱和氨水时,必须戴橡皮手套和防护眼镜。

化学药品灼伤时,要根据药品性质及灼伤程度采取相应措施。①被碱灼伤时,先用大量水冲洗,再用1%~2%的乙酸或硼酸溶液冲洗,然后再用水冲洗,最后涂上烫伤膏;②被酸灼伤时先用大量水冲洗,然后用1%~2%的碳酸氢钠溶液冲洗,最后涂上烫伤膏;③被溴灼伤时应立即用大量水冲洗,再用酒精擦洗或用2%的硫代硫酸钠溶液洗至灼伤处呈白色,然后涂上甘油或鱼肝油软膏;④被金属钠灼伤时,可见的小块用镊子移走,再用乙醇擦洗,然后用水冲洗,最后涂上烫伤膏;⑤以上这些物质一旦溅入眼睛中,应立即用大量水冲洗,并及时去医院治疗。

#### (三)防火防爆与灭火

实验室常见的易燃物有苯、甲苯、甲醇、乙醇、石油醚、丙酮等易燃液体;钾、钠等易燃易爆性固体;硝酸铵、硝酸钾、高氯酸、过氧化钠、过氧化氢、过氧化二苯甲酰等强氧化剂;氢气、乙炔等可燃性气体等。某些化合物容易发生爆炸,如过氧化物、芳香族多硝基化合物等,在受热或受到碰撞时均会发生爆炸。含过氧化物的乙醚在蒸馏时也有爆炸的危险。乙醇和浓硝酸混合在一起,会引起极强烈的爆炸等。为防止火灾和爆炸事故的发生,需要注意以下几点:①热源附近严禁放置易燃物,严禁用一只酒精灯点燃另一只酒精灯。加热设备使用完毕时,必须立即关闭;②不能用敞口容器加热和存放易燃、易挥发的试剂,倾倒或使用易燃试剂时,必须远离明火,最好在通风橱中进行;③蒸发、蒸馏易燃液体时,不许使用明火直接加热,应根据沸点高低分别用水浴、砂浴或油浴等加热;④在蒸发、蒸馏易燃液体过程中,要经常检查实验装置是否破损,是否被堵塞,如发现破损或堵塞应停止加热,将危险排除后再继续实验。要注意,常压蒸馏不能形成密闭系统,减压蒸馏不能用平底烧瓶、锥形瓶、薄壁试管等不耐压容器作为接受瓶或反应器;⑤反应过于猛

烈时,应适当控制加料速度和反应温度,必要时采取冷却措施;⑥易燃易爆物若不慎外撒,必须迅速清扫干净,并注意室内通风换气;⑦易燃易爆废弃物,不得倒入废液缸和垃圾桶中,应专门回收处理。

实验室起火或爆炸时,要立即切断电源,打开窗户,移走易燃物,然后根据起火或爆炸原因及火势采取正确方法灭火。①地面或实验台着火,若火势不大,可用湿抹布或沙土扑灭;②反应器内着火,可用灭火毯或湿抹布盖住瓶口灭火;③有机溶剂和油脂类物质着火,火势小时,可用湿抹布或沙土扑灭,或撒上干燥的碳酸氢钠粉末灭火;火势大时,必须用二氧化碳灭火器、泡沫灭火器或四氯化碳灭火器扑灭;④电源起火时,立即切断电源,用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火(四氯化碳蒸气有毒,应在空气流通的情况下使用);⑤衣服着火时,切勿奔跑,应迅速脱衣,用水浇灭,若火势过猛,应就地卧倒打滚灭火,或迅速以大量水扑灭;⑥火势较大时,应采用灭火器灭火。灭火器分二氧化碳灭火器、泡沫灭火器、四氯化碳灭火器等几种。二氧化碳灭火器是化学实验室最常用的灭火器。使用时,一手提灭火器,一手握在喷二氧化碳喇叭筒的把手上,打开开关,二氧化碳即可喷出。这种灭火器,灭火后危害小,特别适用于油脂、电器及其他较贵重的仪器着火时灭火。泡沫灭火器适用于油类着火,但污染严重,后处理麻烦。四氯化碳灭火器适用于扑灭电器设备、小范围的汽油、丙酮等着火,不能用于扑灭活泼金属钾、钠的着火。干粉灭火器的主要成分是碳酸氢钠等盐类物质,适用于油类、可燃性气体、电器设备、精密仪器、图书文件等物品的初期火灾。

一旦发生烧伤,应立即用冷水冲洗、浸泡或湿敷受伤部位。如伤势较轻,涂上苦味酸或烫伤软膏即可;如伤势较重,应立即送医院治疗。

#### (四)安全用电

使用电器时,应防止人体与金属导电部分直接接触,不能用湿手或手握湿的物体接触电源插头。实验后应先关闭仪器开关,再将电源插头拔下。实验中如发现麻木等漏电情况发生,应立即报告指导教师。

#### (五)防中毒

化学实验所涉及物质大部分具有毒性。 $\text{Br}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{COCl}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_3$  和  $\text{BF}_3$  等均为有毒气体,具有窒息性或刺激性;强酸和强碱均会刺激皮肤,有腐蚀作用,会造成化学烧伤;无机氰化物、 $\text{As}_2\text{O}_3$  等砷化物、 $\text{HgCl}_2$  等可溶性汞化合物为高毒性物质;大部分有机物如苯、甲醇、 $\text{CS}_2$  等有机溶剂、芳香硝基化合物、苯酚、硫酸二甲酯、苯胺及其衍生物等均有较强的毒性。为避免中毒,最根本的一条是,一切实验室工作都应遵守规章制度。操作中注意以下事项:①进行有毒物质实验时,要在通风橱内进行,并保持室内通风良好。②鉴别气体气味时,可用手轻轻将气流扇向鼻孔,吸入少量即可,切勿直接俯嗅所产生的气体。③只要实验允许,应选用毒性较小的溶剂,如石油醚、丙酮、乙醚等。④尽量避免皮肤与有毒试剂直接接触。⑤使用强腐蚀性试剂,如浓酸、浓碱时,应谨慎操作,不要溅到衣服或皮肤上,取用这些试剂时应



尽可能戴橡皮手套和防护眼镜。⑥用移液管吸取时,应用洗耳球操作;实验操作的任何时候都不得将瓶口、试管口等对着人的脸部,以防由于气体、液体等冲出造成伤害。⑦实验过程中如发现头晕、无力、呼吸困难等症状,应立刻离开实验室,必要时应到医院就诊。

### 1.1.6 绿色化学实验理念

#### (一)绿色化学及化学实验绿色化

自 20 世纪化学废弃物的危害被发现以来,经过数十年的努力,化学污染的防治取得了巨大成就,然而,实践表明,以减少接触和治理为主解决化学污染问题的效果是有限的。化工生产过程中“三废”治理所需的费用急剧攀升,使得化工企业不堪重负。与此同时,人类生活已无法摆脱造就当今物质文明的化学工业和化工产品,化学化工面临着前所未有的挑战。

20 世纪 90 年代初,综合考虑环保、经济、社会以及化学工业自身发展的要求,具有全新理念的“绿色化学”(green chemistry)应运而生。绿色化学又称环境无害化学(Environmentally Benign Chemistry)、环境友好化学(Environmentally Friendly Chemistry)或清洁化学(Clean Chemistry),它是从源头上防止污染产生或把化学过程对环境的负面影响降低到最低程度的化学。它强调的是用化学的技术和方法去减少或杜绝那些对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂、产物、副产物等的使用和产生。它是一门从源头上阻止污染的化学,所研究的中心问题是使化学反应、化工工艺及其产物具有以下四个方面的特点:①采用无毒、无害的原料。②在无毒、无害的反应条件(溶剂、催化剂等无毒无害)下进行。③使化学反应具有极高的选择性,极少的副产物,甚至达到“原子经济”的程度,即 100% 的选择性及废物的零排放。④产品对环境无害。当然,它还应满足技术上经济合理的传统要求。绿色化学使用化学品要体现“五 R 原则”。“五 R 原则”即:拒用危害品(Reject)、减少用量(Reduce)、循环使用(Recycle)、重新利用(Reuse)、再生利用(Regenerate)。具体体现在原料、试剂、溶剂绿色化,尽量避免使用对人体和环境有毒害的原料和试剂;化学过程、产品绿色化,合理设计实验,提高反应选择性和转化率,探究环境友好的化学过程,优化产品结构,取得绿色产品;合理处理“三废”,杜绝“三废”直接进入环境,确保物资的回收和循环再利用,实现末端绿色化。

总之,绿色化学及在此基础上产生的清洁技术,就是要依靠科技发展,使生产单位产品对环境的污染最低,资源及能源消耗最少的先进工艺技术,从化学反应入手,在根本上减少环境污染,而不是对废水、废气、废渣等进行处理的环保局部性终端治理技术。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质,不再产生废物,因而也就不再需要考虑废物的处理。随着人们环境保护意识的提高及环境保护各项工作的深入,科学实验的环境保护问题越来越被人们重视,化学实验的绿色化是大势所趋。绿色化学实验就是以绿色化学的理念和方法为核心和基本原则,对化学实验进行改进,为使化学实验过程达到绿色化而构建的化学实验新方法和新体系。化学实验绿色化是绿色化学理念在实际工作中的体现,其最终目的是最大限度地降低实验室的废物排放,使实验室废物得到妥善处理,

实验室的安全性和环境质量得到提升,实验人员的绿色化学和环保意识得到强化。绿色化学的提出和绿色化学实验体系的构建,是具有产业革命性质的跨世纪科技战略问题,具有重大的科学、经济和社会意义。

## (二) 实现化学实验绿色化的途径

通过计算机辅助与多媒体仿真实现化学实验绿色化。学生实验的内容大多是非常经典和成熟的,几乎每一个实验过程及结果都可用已有理论进行预测。利用计算机储存大量已有化学反应的资料和数据,设计程序对化学实验过程进行模拟,并对比判断反应的合理性和可行性。目前,国内外许多高校已开发出计算机仿真教学实验软件。仿真实验软件对实验装置、过程、现象进行模拟,再辅助动画等多媒体技术,让实验者身临其境,全方位感受实验的动态过程。学生只需在多媒体计算机上像玩游戏一样,进入虚拟现实场景,就可学到在实际操作中可能需要付出极大代价才能学到的东西。例如,在仿真实验室里中,参与者可以通过仿真试验平台,利用各种模块模拟进行各种化学实验,比如可以选择试管、烧杯、酒精灯、铁架台、烧瓶、锥形瓶等这些真实实验器具,自由搭建实验设施、添加药品,组织化学反应,观察实验现象等。对于一些简单的化学实验,对环境污染严重的实验,对设备复杂、反应速度慢、操作条件苛刻、常规方法无法开展而又很重要的实验,对于那些容易引起爆炸的实验,以生动有趣的多媒体技术表现出来,寓教于乐,可取得较好的教学效果。多媒体技术在化学实验中的具体应用,是化学实验摆脱实物教育的一场革命。它的运用和发展,对保护自然资源,实现化学实验绿色化,具有非常重要的意义。

通过微型化实现化学实验绿色化。微型化学实验是在微型的化学仪器装置中进行的化学实验,其试剂用量比相应的常规化学实验节省 90% 以上,它是以尽可能少的试剂来获取所需化学信息的实验原理与技术。它是 20 世纪 80 年代由美国几所大学首先发起的化学实验改革,它不是常规实验的简单微缩,而是在微型化的条件下对实验进行创新的再现,仪器的微型化、试剂的微量化、实验的创新性和绿色化是微型化学实验的特征,虽然它的化学试剂用量一般只为常规实验用量的几十分之一乃至几千分之一,但其效果却可以达到准确、明显、安全、方便和防止环境污染等目的。微型实验的开设对毒性大、药品贵、耗量大、易燃、易爆、污染严重、操作复杂的化学实验尤为必要,它能杜绝或明显减少实验过程中给环境带来的污染。例如,氯气的制备和性质实验,需要成套玻璃仪器,产生的氯气有毒,排入环境会导致环境污染,在通风设备不良的实验室还可能导致中毒事故的发生。若改为微型实验,则只需一粒芝麻般大小的高锰酸钾晶体和几滴试剂,就可完成,实验现象清楚明了,却极大地较少了氯气的泄漏。由于产生的气体量极小,处理所产生的废气较为方便,即使偶尔散发到环境中也较易控制在安全浓度以下,因而不存在中毒的危险。微型化学实验体现了化学科学发展的趋势,符合可持续发展战略和科学发展观的要求,因此受到国内外化学界的青睐。在近 20 多年来,发展速度很快,现已在九十多个国家与地区推广。我国从 1998 年底开始进行微型化学实验的研究与应用工