

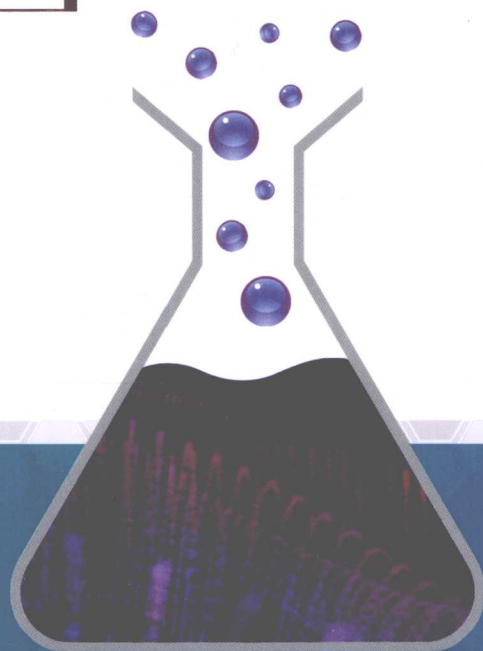


普通高等教育“十二五”规划教材

大学化学实验

丛书主编 张四方

本册主编 弓巧娟



# 化学技能训练

CHEMISTRY

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

大学化学实验

主编 张四方

# 化 学 技 能 训 练

本册主编 弓巧娟



中国石化出版社

## 内 容 提 要

本教材以教育部理科化学教学指导委员会制订的“化学、应用化学专业实验教学基本内容”为依据,内容包括:实验安全、实验物品、玻璃仪器、试样采集、实验操作、测量仪器、实验数据、技能训练等。旨在训练和规范学生实验操作技能,为后续化学实验教学的顺利进行夯实基础。

本书可以作为普通高等院校化学、应用化学专业的实验教材使用,也可作为相关人员的参考书使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

化学技能训练 / 弓巧娟主编. —北京: 中国石化出版社, 2011. 12

(大学化学实验/张四方主编)

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5114-1298-0

I. ①化… II. ①弓… III. ①化学实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 248614 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

## 中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com](mailto:press@sinopec.com)

北京华正印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 18.75 印张 464 千字

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

定价: 42.00 元

# 序

在过去的 100 多年里,化学作为一门核心、实用、创造性科学,为人类认识物质世界和人类文明进步做出了巨大贡献。特别是近几十年来,数学、物理、生物、计算机学科和量子化学的迅速发展,以及在化学中的广泛应用,化学已从描述性学科逐渐走向推理性学科,化学研究的对象也从传统的原子、分子层次扩展到了原子、分子片、分子、超分子、多分子聚集态层次;按无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、高分子化学划分的化学二级学科体系被打破,建构起了合成化学、分离化学、分析化学、物理化学、理论化学、化学生物学、纳米(材料)化学、绿色化学、化学信息学新体系;化学已成为研究从原子、分子片、分子、超分子,到分子和原子的各种不同尺度和不同复杂程度的聚集态和组装态的合成和反应、分离和分析、结构和形态、物理性能和生物活性及其规律和应用的自然科学。

化学学科的迅速发展,对化学人才的培养,特别是高素质创新人才的培养提出了更高的要求。高等院校作为我国高素质化学人才培养的重要基地,对高素质人才的培养将起到不可替代的作用。然而,我国高等化学教育长期以来一直沿用“专业化、专门化”的“窄、专、深”课程体系,使化学实验教学依附化学二级学科,化学实验的目的重在加深对理论的理解和技能的训练,人为地削弱了化学学科之间的内在联系与渗透,学生综合能力得不到有效提高,严重制约了高素质化学人才的培养。为了适应 21 世纪社会发展对高素质化学人才培养的需求,全面反映化学学科发展水平,中国石化出版社组织编写了普通高等教育“十二五”规划教材《大学化学实验》。

普通高等教育“十二五”规划教材《大学化学实验》编写时力求以培养高素质化学人才为宗旨,提高学生化学综合素质为目标,打破了传统化学实验教学的旧模式,建立了以能力培养渐进发展的新模式,使教材具备以下特点:

**新颖性** 编写体系上,根据社会对化学人才的需求和化学学科发展的变化,打破了传统化学实验教学依附于化学二级学科的实验教学模式,重建了以能力培养为核心的“技能、基础、综合、探究”能力培养新模式,强化了高素质化学人才能力培养在普通高等教育中的重要性;实验体例上,增加了实验背景、实验指导、实验拓展等内容。实验背景为学生课前准备实验提供了与本实验相关的背景材料,内容涉及相关物质的性质与用途、研究成果与动态、实验方法与技术等,旨在启发思维,拓展视野;实验拓展为学生实验后提供本实验延伸的

参考思路,内容涉及知识迁移、方法迁移、应用迁移等,旨在举一反三,触类旁通;实验指导为学生在实验过程中如何高质量完成实验提供指导,内容涉及实验安全注意事项、实验操作关键和技巧等,旨在保证安全,提高效率。这些变化使《大学化学实验》与传统教材相比具有了一定的新颖性。

**前导性** 内容选择上,删除了那些内容陈旧、方法简单,不再适应高素质人才培养需求的实验,增加了能够反映当今化学学科成就的新技术、新方法、新成果,并将新能源、新材料、食品安全、绿色化学等与人类社会关系密切的化学内容纳入到了教材之中,突出了化学对社会所应承担的义务,使《大学化学实验》在内容上具备了一定的前导性。

**系统性** 《大学化学实验》共分6册:《化学技能训练》、《化学基础实验》、《化学综合实验》、《化学探究实验》、《中学化学实验研究》和《化学创新实验》。《化学技能训练》、《化学基础实验》、《化学综合实验》、《化学探究实验》构成了现代高等教育本科化学基本实验教学体系;《中学化学实验研究》为这个实验教学体系提供了教师教育延伸,为未来从事化学教育教学的学生提供专项培养;《化学创新实验》为这个实验教学体系提供了科学研究延伸,为未来从事科学研究和继续深造的学生提供专项培养。一个基本实验教学体系和两个专项培养模块使《大学化学实验》比传统化学实验教材更具系统性。

**针对性** 《大学化学实验》编写时充分考虑了“985”和“211”院校与一般高等院校人才培养目标和教学条件的差异,将《大学化学实验》使用的对象定位于一般高等院校的化学和应用化学专业。为了更好地适应一般高等院校的使用,教材内容选择不求仪器设备的高精尖,但求实验思路的异新变,教材内容为教学选择留出来足够的余地,使不同层次、不同类型的学校可以根据自身特点和区域特点进行特色办学、个性办学。

《大学化学实验》主要内容介绍如下:

**《化学技能训练》** 以教育部理科化学教学指导委员会制订的“化学、应用化学专业化学实验教学基本内容”为依据,包括实验安全、实验物品、样品采集、实验操作、测量仪器、数据处理、技能训练等内容,旨在规范和训练学生操作技能。

本册教学建议:教学在第1学期,时数为78学时。

**《化学基础实验》** 以教育部理科化学教学指导委员会制订的“化学、应用化学专业化学实验教学基本内容”为依据,包括重要常数测定、物质性质检验、无机物质制备、有机物质制备、物质分离鉴定、化学方法分析、仪器方法分析、重要参数测定和化学过程操作等内容,旨在强化化学实验操作和学习解决化学问题的基本方法。

本册教学建议:教学在第2、3、4、5学期,时数为216学时。

《化学综合实验》 内容选择标准有二，一是实验内容的综合性，一个实验含有两个或两个以上知识点的有机结合与渗透；二是实验方法(或手段)的多元性，综合运用两种或两种以上方法和手段来完成同一个实验。包括无机物制备与分析、配合物制备与测定、有机物合成与表征、物质的分离与检测、物质参数控制与测量、新技术训练与应用等内容，旨在强化知识、方法的综合运用，在化学学科层次理解化学。

本册教学建议：教学在第6学期，时数为54学时。

《化学探究实验》 提出课题，给出背景材料，通过学生的创新活动，共同构成学生的科学训练计划。包括合成路线设计、反应过程控制、物质分离提纯、物质结构表征、性能参数测定等内容，旨在帮助学生构建科学研究意识，提升科学探究能力，实现自我价值。

本册教学建议：教学在第7学期，时数为54学时。

《中学化学实验研究》 以中学化学实验教学内容为研究对象，通过科学探究，了解过程与结果之间的关系，为未来从事化学实验教学储备能量。包括典型高中化学实验、典型初中化学实验、改进型化学实验、手持化学实验、综合化学实验和探究化学实验等内容，旨在为学生未来从事化学教学做准备。

本册教学建议：教学在第7学期，时数为51学时。

《化学创新实验》 实验内容来自于教师科研项目成果、大学生创新性实验成果、化学学科的研究成果等。内容包括无机物、有机物、高分子化合物的合成与表征，新型功能性材料的制备与功能研究，食品、环境、化工等领域的化学问题与解决，旨在为学生从事科学研究和研究生学习做准备。

本册教学建议：教学在第7学期或第8学期，时数为54学时。

《大学化学实验》由张四方任总主编。参编院校有：太原师范学院、海南师范大学、晋中学院、忻州师范学院、运城学院和长治学院。所有分册的编写思路、实验内容、实验体例等都由大家共同讨论，充分酝酿确定，是集体智慧的结晶。《大学化学实验》的编写得到了参编院校、中国石化出版社的大力支持，太原师范学院教务处和中国石化出版社任翠霞老师给予了大力协助，在此向他们表示衷心的感谢。在编写过程中，我们参阅了大量文献资料，在此也衷心地向参阅文献的所有作者表示最诚挚谢意。

由于编者水平所限，加之时间仓促，教材中存在不妥之处，真诚希望读者提出宝贵意见。

张四方

2011年6月于太原

# 前 言

《化学技能训练》是高等教育本科化学基本实验教学体系的重要组成部分，是高等院校化学类本科学生必修课程之一。其目的在于规范学生化学实验的操作与技能，夯实化学实验基本功，为未来化学实验研究进行前期准备。

《化学技能训练》的编写是以高等化学教育改革为指导，以提高学生实验能力为目的。内容选择上以教育部化学教学指导委员会制订的“化学、应用化学专业实验教学基本内容”为依据，包括了实验安全、实验物品、玻璃仪器、试样采集、基本操作、测量仪器、实验数据、技能训练等内容；训练安排上努力遵循“模仿、同化、内化”的认知发展规律，通过方法原理了解、动作分解训练、规范组合强化，达到在无意识控制下准确、熟练、连贯、协调、规范地完成基本操作；编排思路打破了传统化学二级学科的界限，实现了化学层面的大融合、大贯通，保证了知识的交叉与渗透。通过努力，使《化学技能训练》具有了基础性、操作性和前导性。

《化学技能训练》共有8个单元，其内容介绍如下：

**单元1 实验安全** 内容包括：实验室安全、实验废弃物的回收与处理、一般化学实验伤害的预防与急救。

**单元2 实验物品** 内容包括：纯水、化学试剂、常用试纸、加热用灯、气体钢瓶、各种加热设施、微波反应器、温度计、压力计。

**单元3 玻璃仪器** 内容包括：常用玻璃仪器、玻璃仪器洗涤与干燥、玻璃仪器的组装、玻璃管加工与塞子的钻孔、识别和选择玻璃材料、玻璃管(棒)的切割、弯制与拉伸、塞子的钻孔。

**单元4 试样采集** 内容包括：土样的采集与制备、水样的采集、大气试样的采集、生物及食品等试样的采集和制备、物质的富集。

**单元5 基本操作** 内容包括：溶解、搅拌、过滤、洗涤、干燥、结晶、加热、冷却、升华、滴定、蒸馏、分馏、萃取、色谱等。

**单元6 测量仪器** 内容包括：电光天平、通用离子计、电导率仪、酸度计、阿贝折光仪、旋光仪、可见-分光光度计、紫外-可见分光光度计、红外-分光光度计等。

**单元7 实验数据** 内容包括：误差、有效数字、实验数据、数据处理等。

**单元8 技能训练** 内容包括玻璃仪器的洗涤和干燥、玻璃管加工和塞子的钻孔、分析天平称量、重结晶与热过滤、滴定分析基本操作、容量仪器的校准、

溶液的配制与标定、组分富集与测定、理化常数测定等训练。

教材使用建议：教学安排在第1、2学期；教学时数78学时。

本教材由运城学院弓巧娟担任主编，并由弓巧娟、张四方、李军修改并统校全稿。参加编写的有：运城学院弓巧娟(第1、7单元)、运城学院朱运德(第2单元)、忻州师范学院李志英(第3、4单元)、太原师范学院李好样(第5单元)、晋中学院吕秀清(第6单元)、长治学院晨晓霓(第8单元)，附录部分由晨晓霓执笔。审稿由太原师范学院、海南师范大学、长治学院、晋中学院、忻州师范学院、运城学院等院校共同完成。在编写过程中，我们参阅了大量文献和资料，在此向这些文献和资料的作者表示衷心感谢，中国石化出版社和运城学院给予了大力支持，白官和吕秀清对全书的图表进行了绘制和加工，在此也向他们表示诚挚的感谢。

由于编者的水平所限，加之时间仓促，教材的不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

弓巧娟

2011年8月于运城学院

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 单元1 实验安全 .....           | 1  |
| §1-1 学生实验规则 .....        | 1  |
| §1-2 危险化学品 .....         | 2  |
| 1-2.1 危险化学品分类 .....      | 2  |
| 1-2.2 危险化学品储存 .....      | 5  |
| §1-3 实验废弃物 .....         | 6  |
| 1-3.1 实验废弃物回收 .....      | 6  |
| 1-3.2 实验废弃物处理 .....      | 7  |
| §1-4 一般化学伤害的预防与急救 .....  | 9  |
| 1-4.1 一般伤害的预防 .....      | 9  |
| 1-4.2 一般伤害的急救 .....      | 10 |
| 单元2 实验物品 .....           | 12 |
| §2-1 纯水 .....            | 12 |
| 2-1.1 蒸馏法制纯水 .....       | 12 |
| 2-1.2 离子交换法制纯水 .....     | 13 |
| 2-1.3 纯水的检验方法 .....      | 15 |
| 2-1.4 实验室用水标准 .....      | 16 |
| 2-1.5 纯水的存放 .....        | 16 |
| §2-2 化学试剂 .....          | 16 |
| 2-2.1 化学试剂的分类 .....      | 16 |
| 2-2.2 化学试剂的储存 .....      | 17 |
| 2-2.3 化学试剂的取用 .....      | 17 |
| §2-3 常用试纸 .....          | 18 |
| 2-3.1 石蕊试纸 .....         | 18 |
| 2-3.2 pH 试纸 .....        | 18 |
| 2-3.3 乙酸铅试纸 .....        | 19 |
| 2-3.4 淀粉-KI 试纸 .....     | 19 |
| 2-3.5 酚酞试纸 .....         | 19 |
| 2-3.6 品红试纸 .....         | 19 |
| §2-4 加热用灯 .....          | 20 |
| 2-4.1 加热用灯的类型 .....      | 20 |
| 2-4.2 加热用灯的使用 .....      | 20 |
| §2-5 钢瓶 .....            | 23 |
| 2-5.1 钢瓶的使用 .....        | 24 |
| 2-5.2 特殊气体的性质和安全使用 ..... | 25 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| § 2-6 电炉和加热套 .....            | 25 |
| 2-6.1 电炉 .....                | 25 |
| 2-6.2 加热套 .....               | 26 |
| § 2-7 马弗炉 .....               | 26 |
| 2-7.1 马弗炉的分类 .....            | 26 |
| 2-7.2 马弗炉的安装与使用 .....         | 26 |
| 2-7.3 马弗炉的维护 .....            | 27 |
| § 2-8 电热恒温箱 .....             | 27 |
| 2-8.1 电热恒温箱的种类 .....          | 27 |
| 2-8.2 电热恒温箱的使用 .....          | 27 |
| § 2-9 电热恒温水浴锅(箱) .....        | 28 |
| 2-9.1 电热恒温水浴锅的用途 .....        | 28 |
| 2-9.2 电热恒温水浴锅的使用 .....        | 28 |
| § 2-10 电热板和电热砂浴 .....         | 28 |
| 2-10.1 电热板 .....              | 28 |
| 2-10.2 电热砂浴 .....             | 29 |
| § 2-11 微波反应器 .....            | 30 |
| § 2-12 温度计 .....              | 31 |
| 2-12.1 温度计的类型和使用 .....        | 31 |
| 2-12.2 控温技术 .....             | 35 |
| § 2-13 压力计 .....              | 36 |
| 2-13.1 压力计的类型 .....           | 36 |
| 2-13.2 压力计的使用 .....           | 36 |
| <b>单元3 玻璃仪器</b> .....         | 42 |
| § 3-1 常用玻璃仪器 .....            | 42 |
| 3-1.1 容器类仪器 .....             | 42 |
| 3-1.2 量器类仪器 .....             | 42 |
| 3-1.3 磨口玻璃仪器 .....            | 47 |
| 3-1.4 磨口玻璃仪器的保养 .....         | 49 |
| § 3-2 玻璃仪器的洗涤 .....           | 49 |
| 3-2.1 常用的洗涤方法 .....           | 50 |
| 3-2.2 洗液的配制和使用 .....          | 51 |
| § 3-3 玻璃仪器的干燥 .....           | 51 |
| 3-3.1 晾干法 .....               | 51 |
| 3-3.2 烤干法 .....               | 51 |
| 3-3.3 快干法 .....               | 52 |
| 3-3.4 烘干法 .....               | 52 |
| § 3-4 玻璃仪器组装 .....            | 52 |
| 3-4.1 玻璃导管与塞子的连接 .....        | 52 |
| 3-4.2 玻璃导管与橡皮管(或乳胶管)的连接 ..... | 53 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 3-4.3 实验装置的安装步骤 .....     | 53 |
| §3-5 玻璃管(棒)加工 .....       | 54 |
| 3-5.1 玻璃管质料的识别 .....      | 54 |
| 3-5.2 玻璃成分 .....          | 55 |
| 3-5.3 玻璃管(棒)的加工 .....     | 55 |
| 3-5.4 塞子与钻孔 .....         | 57 |
| <b>单元4 试样采集</b> .....     | 59 |
| §4-1 土样的采集与制备 .....       | 59 |
| 4-1.1 土样的采集 .....         | 59 |
| 4-1.2 土样的制备 .....         | 60 |
| §4-2 水样的采集 .....          | 61 |
| 4-2.1 水样的采集方法 .....       | 61 |
| 4-2.2 水样的采集类型 .....       | 62 |
| 4-2.3 水试样的预处理 .....       | 62 |
| §4-3 大气试样的采集 .....        | 62 |
| 4-3.1 大气试样的采样原则 .....     | 62 |
| 4-3.2 大气试样采集的器皿 .....     | 63 |
| 4-3.3 大气试样的采集方法 .....     | 64 |
| §4-4 其他试样的采集和制备 .....     | 65 |
| 4-4.1 生物试样的采集与制备 .....    | 65 |
| 4-4.2 食品样品的采集和制备 .....    | 67 |
| §4-5 试样的分解 .....          | 69 |
| 4-5.1 试样的分解原则 .....       | 69 |
| 4-5.2 试样分解的方法 .....       | 69 |
| 4-5.3 溶解和分解过程中的误差来源 ..... | 72 |
| §4-6 物质的富集方法 .....        | 72 |
| 4-6.1 共沉淀富集法 .....        | 73 |
| 4-6.2 泡沫浮选法 .....         | 74 |
| 4-6.3 液膜分离法 .....         | 75 |
| 4-6.4 浊点萃取法 .....         | 76 |
| 4-6.5 微乳液萃取法 .....        | 76 |
| <b>单元5 基本操作</b> .....     | 78 |
| §5-1 溶解 .....             | 78 |
| 5-1.1 一般溶液的配制 .....       | 79 |
| 5-1.2 标准溶液的配制 .....       | 79 |
| §5-2 搅拌 .....             | 81 |
| 5-2.1 人工搅拌 .....          | 81 |
| 5-2.2 电动搅拌 .....          | 81 |
| 5-2.3 磁力搅拌 .....          | 82 |
| 5-2.4 超声波搅拌 .....         | 82 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| §5-3 过滤 .....        | 83  |
| 5-3.1 普通过滤 .....     | 83  |
| 5-3.2 减压过滤 .....     | 84  |
| 5-3.3 保温过滤 .....     | 84  |
| §5-4 干燥 .....        | 86  |
| 5-4.1 液体的干燥 .....    | 86  |
| 5-4.2 固体的干燥 .....    | 89  |
| 5-4.3 气体的净化和干燥 ..... | 90  |
| §5-5 结晶 .....        | 91  |
| 5-5.1 重结晶 .....      | 92  |
| 5-5.2 熔点测定 .....     | 94  |
| §5-6 加热 .....        | 98  |
| §5-7 冷却 .....        | 99  |
| §5-8 升华 .....        | 100 |
| 5-8.1 升华原理 .....     | 100 |
| 5-8.2 常压升华 .....     | 101 |
| 5-8.3 减压升华 .....     | 102 |
| §5-9 滴定 .....        | 102 |
| 5-9.1 容量瓶 .....      | 102 |
| 5-9.2 吸管 .....       | 103 |
| 5-9.3 滴定管 .....      | 106 |
| §5-10 蒸馏 .....       | 109 |
| 5-10.1 常压蒸馏 .....    | 109 |
| 5-10.2 减压蒸馏 .....    | 112 |
| 5-10.3 水蒸气蒸馏 .....   | 116 |
| §5-11 分馏 .....       | 118 |
| 5-11.1 分馏原理 .....    | 118 |
| 5-11.2 分馏装置及安装 ..... | 120 |
| 5-11.3 分馏操作 .....    | 121 |
| 5-11.4 二次分馏操作 .....  | 121 |
| §5-12 萃取 .....       | 123 |
| 5-12.1 液-液萃取 .....   | 123 |
| 5-12.2 固-液萃取 .....   | 125 |
| §5-13 色谱 .....       | 125 |
| 5-13.1 薄层色谱 .....    | 126 |
| 5-13.2 纸色谱 .....     | 129 |
| 5-13.3 柱色谱 .....     | 131 |
| 单元6 测量仪器 .....       | 135 |
| §6-1 称量仪器 .....      | 135 |
| 6-1.1 天平 .....       | 135 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 6-1.2 | 双盘电光分析天平                 | 138 |
| 6-1.3 | 单盘电光分析天平                 | 141 |
| 6-1.4 | 电子天平                     | 143 |
| 6-1.5 | 试样的称量方法及称量误差             | 146 |
| §6-2  | 测量仪器                     | 147 |
| 6-2.1 | 电学测量仪器                   | 147 |
| 6-2.2 | 光学测量仪器                   | 159 |
| 单元7   | 实验数据                     | 174 |
| §7-1  | 误差                       | 174 |
| 7-1.1 | 准确度与误差                   | 174 |
| 7-1.2 | 精密度与偏差                   | 174 |
| 7-1.3 | 准确度与精密度的关系               | 175 |
| 7-1.4 | 误差产生的原因及减少的方法            | 176 |
| 7-1.5 | 误差的传递                    | 176 |
| 7-1.6 | 提高测定结果准确度的方法             | 178 |
| §7-2  | 有效数字                     | 179 |
| 7-2.1 | 有效数字的定义                  | 179 |
| 7-2.2 | 有效数字的修约规则                | 180 |
| 7-2.3 | 有效数字的运算规则                | 180 |
| §7-3  | 实验数据记录与处理                | 180 |
| 7-3.1 | 实验数据的记录                  | 180 |
| 7-3.2 | 实验数据的处理                  | 181 |
| 7-3.3 | 实验结果的正确表示方法              | 183 |
| 7-3.4 | 分析测试中的标准曲线               | 185 |
| §7-4  | Excel 在化学实验数据处理中的应用      | 186 |
| 7-4.1 | Excel 的启动与退出             | 186 |
| 7-4.2 | Excel 的窗口界面              | 187 |
| 7-4.3 | 数据输入                     | 190 |
| 7-4.4 | 图表生成                     | 193 |
| 7-4.5 | 图表的编辑与格式化                | 195 |
| 7-4.6 | 数据处理                     | 197 |
| §7-5  | Origin 在化学实验数据处理中的应用     | 199 |
| 7-5.1 | Origin 的启动与退出            | 200 |
| 7-5.2 | Origin 的窗口界面             | 200 |
| 7-5.3 | 数据输入                     | 200 |
| 7-5.4 | 图形绘制                     | 203 |
| 7-5.5 | 图形的编辑与修改                 | 203 |
| 7-5.6 | 数据的拟合处理                  | 208 |
| §7-6  | ChemOffice 在化学实验结果处理中的应用 | 209 |
| 7-6.1 | ChemOffice 的启动与退出        | 210 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 7-6.2 ChemOffice 的窗口界面 .....         | 211 |
| 7-6.3 ChemOffice 在化学上的应用 .....       | 211 |
| <b>单元8 技能训练</b> .....                | 218 |
| 训练一 玻璃仪器的认识、洗涤和干燥 .....              | 218 |
| 训练二 玻璃管(棒)的加工和塞子钻孔 .....             | 221 |
| 训练三 分析天平称量训练 .....                   | 223 |
| 训练四 重结晶与热过滤训练 .....                  | 225 |
| 训练五 滴定操作训练 .....                     | 226 |
| 训练六 容量仪器的校准 .....                    | 229 |
| 训练七 溶液配制训练 .....                     | 231 |
| 训练八 盐酸和氢氧化钠溶液的配制和标定 .....            | 233 |
| 训练九 EDTA 标准溶液的配制和标定 .....            | 235 |
| 训练十 $\text{KMnO}_4$ 标准溶液的配制与标定 ..... | 237 |
| 训练十一 沉淀滴定法测定可溶性氯化物中氯的含量 .....        | 238 |
| 训练十二 沉淀重量法测定氯化钡中钡的含量 .....           | 240 |
| 训练十三 硼镁矿的离子交换分离和硼含量测定 .....          | 242 |
| 训练十四 熔点测定训练 .....                    | 244 |
| 训练十五 乙醇的蒸馏和沸点测定 .....                | 246 |
| 训练十六 丙酮-水二组分混合物的分离 .....             | 247 |
| 训练十七 呋喃甲醛的减压蒸馏 .....                 | 248 |
| 训练十八 水蒸气蒸馏提纯正丁醇 .....                | 249 |
| 训练十九 常压升华提纯樟脑中的萘 .....               | 250 |
| 训练二十 甲苯-苯胺-苯甲酸混合物的萃取分离 .....         | 251 |
| 训练二十一 偶氮苯顺反异构体的薄层色谱分离 .....          | 252 |
| 训练二十二 纸色谱法分离氨基酸 .....                | 253 |
| 训练二十三 甲基橙和亚甲基蓝的柱色谱分离 .....           | 254 |
| 训练二十四 水溶液 pH 值的测定 .....              | 255 |
| 训练二十五 电导率仪的操作训练 .....                | 257 |
| 训练二十六 旋光仪的操作训练 .....                 | 258 |
| 训练二十七 阿贝折射仪的操作训练 .....               | 259 |
| 训练二十八 邻二氮菲分光光度法测定微量铁 .....           | 262 |
| 训练二十九 苯甲酸红外吸收光谱的测定 .....             | 263 |
| <b>附录</b> .....                      | 266 |
| 附录1 元素的相对原子质量表 .....                 | 266 |
| 附录2 常用酸碱溶液的浓度 .....                  | 267 |
| 附录3 常用基准物质 .....                     | 268 |
| 附录4 酸碱指示剂 .....                      | 269 |
| 附录5 氧化还原指示剂 .....                    | 269 |
| 附录6 金属离子指示剂 .....                    | 270 |
| 附录7 常用的缓冲溶液 .....                    | 271 |

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 附录 8  | 特殊无机试剂的配制 .....               | 272 |
| 附录 9  | 特殊有机试剂的配制 .....               | 273 |
| 附录 10 | 弱电解质在水溶液中的标准电离常数 .....        | 275 |
| 附录 11 | 难溶电解质的标准溶度积常数(18 ~ 25℃) ..... | 276 |
| 附录 12 | 配离子标准稳定常数 .....               | 277 |
| 附录 13 | 标准电极电势 .....                  | 277 |
| 附录 14 | 不同温度下水的饱和蒸气压 .....            | 280 |
| 附录 15 | 常用化学网站 .....                  | 281 |
| 参考文献  | .....                         | 283 |

## 单元 1 实验安全

实验室是从实验教学、科学研究、社会服务的重要场所,是培养学生动手能力、创新能力,提高学生综合素质的重要基地。实验室的安全管理,对学生具有深远的影响。从实验室的布局、设备的维护保养,到危险化学品的存放、仪器设备的使用记录、安全检查记录,到实验室的管理模式、管理制度等许多方面,都在训练学生严谨求实、精益求精的作风,培养学生安全实验的良好习惯。但实验室中潜伏着许多危险因素,稍有疏忽,极易出现安全事故,影响师生的身体健康,进而影响教学、科研任务的顺利完成。所以说实验室的安全管理,责任重于“泰山”。因此,化学实验室应坚持“安全第一、预防为主”的原则,安全的实验环境对保持正常有序的教学秩序、确保师生员工的健康和安全、减少实验过程中发生意外的风险十分必要。

### § 1-1 学生实验规则

①实验前充分预习并撰写预习报告,未做预习报告者,不得进入实验室。

②做实验必须着实验服,否则不得进入。不得将其他物品带入实验室。遵守纪律,每次实验必须提前 10 分钟进入实验室,不得在实验室里大声喧哗,不得使用手机、MP3、随身听等音响设备,保持实验室内安静。

③实验前应认真检查、清洗所需仪器,并按顺序整齐排放。未经老师同意不得任意动用备用仪器及备用药品。

④认真听讲积极思考,严格按照操作规范要求进行实验,认真完成规定的实验内容。不得随意变更实验操作,如有改动须经指导教师允许方可实施。

⑤必须按规定用量取用药品。取用固体药品时,注意勿使其散落。药品自瓶中取出后,不应再倒回原瓶中,以免带入杂质而引起药品变质。试剂用后应立即盖上塞子并放回原位。试剂瓶中试剂不足时应报告指导教师,及时补充。使用危险药品更应谨慎小心。

⑥仔细观察并及时、准确记录实验现象和数据。

⑦保持实验台面清洁整齐,爱护仪器和公用设施,使用精密仪器时,必须严格按规程操作,发现故障应立即停止使用,报告指导教师。使用后必须填写使用登记。

⑧实验课期间不得擅自离开实验室,不得随意更改座次。未经许可不得动用与本实验无关的仪器设备及物品,严禁将实验物品带出室外。

⑨熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急疏散方法,清楚灭火器材(如灭火器、石棉布等)的存放位置及使用方法。灭火器使用后,使用者应及时报告以便更换。实验中严格遵守水、电、煤气以及易燃、易爆和有毒药品等的安全使用规则。遇到事故应立即采取紧急措施,并及时向教师报告。

⑩实验完毕后清理实验所用仪器,实验废弃物须放入指定容器。将实验报告交指导教师检查,签字后方可离开实验室。值日生负责实验室内的清洁卫生,检查并关好水、电和煤气及门窗等。

## § 1-2 危险化学品

危险化学品是指具有燃烧、爆炸、毒害、腐蚀等性质，在生产、储存、装卸、运输等过程中易造成人身伤亡和财产损失的化学物质。

### 1-2.1 危险化学品分类

危险化学品按其危险特性，根据中华人民共和国国家标准《危险货物分类和品名编号》(GB 6944—86)和《常用危险化学品的分类及标志》(GB 13690—92)共分为八大类：即爆炸品，压缩气体和液化气体，易燃液体，易燃固体，自燃物质和遇湿易燃物质，氧化剂和有机过氧化物，有毒品，放射性物质，腐蚀物质。

#### 第一类：爆炸物质

该类化学品是指在外界作用下，能发生剧烈的化学反应，瞬时产生大量的气体和热量，使周围压力急剧上升，发生爆炸，对周围环境造成破坏的物质。爆炸物质一般具有以下特性：化学反应速度快，可在万分之一秒或更短的时间内以爆炸形式完成反应；在爆炸瞬间，固态爆炸物迅速转变为气态，生成大量气体，使原来的体积成百倍的增加；反应过程中能放出大量热量，一般可以放出数百或数千兆焦耳的热量，温度可达数千度并产生高压。

实验室中常见的有爆炸危险的化学药品有：

①能自行爆炸的化学药品：高氯酸钾、硝酸铵、浓高氯酸、雷酸汞、三硝基甲苯等。

②能混合发生爆炸的化学药品：高氯酸 + 酒精或其他有机物；高锰酸钾 + 甘油或其他有机物；高锰酸钾 + 硫酸或硫；硝酸 + 镁或碘化氢；硝酸铵 + 酯类或其他有机物；硝酸铵 + 锌粉 + 水；硝酸盐 + 氯化亚锡；过氧化物 + 铝 + 水；硫 + 氧化汞；金属钠或钾 + 水。

#### 第二类：压缩气体和液化气体

该类化学品是指压缩、液化或加压溶解的气体，并符合下述情况之一者：

①临界温度低于 50℃，或在 50℃时蒸气压大于 294kPa 的压缩或液化气体；

②温度在 21.1℃时，气体的绝对压力大于 294kPa；或在 37.8℃时，Reid 蒸气压大于 275kPa 的液化气体和加压溶解的气体。

为了便于储运和使用，常将气体用降温加压法压缩或液化后储存于钢瓶内。由于各种气体的性质不同，有的气体在室温下，无论对它加多大的压力也不会变为液体，而必须在加压的同时使温度降低至一定数值才能使它液化(该温度叫临界温度)。有的气体较易液化，在室温下，单纯加压就能使它呈液态，如氯气、氨气、二氧化碳。有的气体较难液化，如氦气、氢气、氮气、氧气。因此，有的气体容易加压成液态，有的仍为气态，在钢瓶中处于气体状态的称为压缩气体，处于液体状态的称为液化气体。此外，本类还包括加压溶解的气体，例如乙炔。

#### 压缩气体和液化气体特性：

①储于钢瓶内的压缩气体、液化气体或加压溶解的气体受热膨胀，压力升高，能使钢瓶爆裂。特别是液化气体装得太满时尤其危险，应严禁超量灌装，并防止钢瓶受热。

②压缩气体和液化气体不允许泄漏。其原因除有些气体有毒、易燃外，还因有些气体相互接触后会发生化学反应引起燃烧爆炸。例如氢气和氯气、氢气和氧气、乙炔和氯气、乙炔和氧气均能发生爆炸。因此，凡内容物为禁忌物的钢瓶应分别存放。