

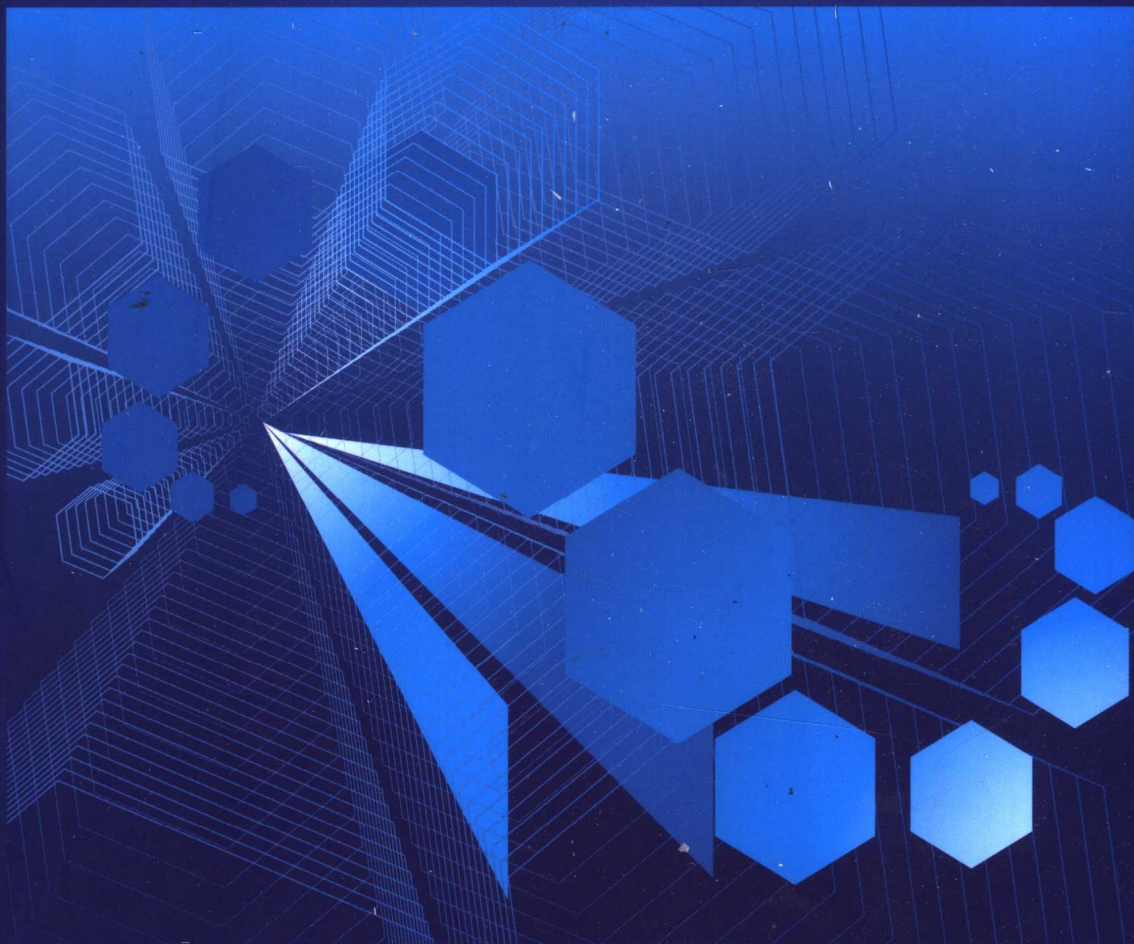
基础化学实验教学示范中心建设系列教材

方志杰 主编

# 大学化学实验 1

## 基础知识与技能

贡雪东 主编



化学工业出版社

基础化学实验教学示范中心建设系列教材

方志杰 主编

# 大学化学实验 1

## 基础知识与技能

贡雪东 主编



化学工业出版社

·北京·

《基础化学实验教学示范中心建设系列教材》是南京理工大学、南通大学、南京理工大学泰州科技学院等几家院校大学化学实验教学改革的成果。经过十几年不断的探索、教学实践的检验和完善,也参考了其他院校基础化学实验课程改革的经验。该系列教材将基础化学实验分成四个部分:基础知识与技能、合成实验与技术、测试实验与技术、综合与设计性实验。本书是第一分册。

《大学化学实验 1 基础知识与技能》共 6 章,主要分两大部分:前四章着重介绍化学实验的相关基础知识和基本技能,并作适当拓展,加入了与试验结果处理有关的软件介绍和应用、文献和网络资源介绍和应用。第 5 和第 6 章精选了部分元素定性、常数测定和定量化学分析实验。

该书内容广泛而新颖,适用于化学、化工、环境、生物、制药、材料等专业的学生,也可供从事化学实验和科研的相关人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验 1 基础知识与技能/贡雪东主编. 北京:化学工业出版社,2007.8  
(基础化学实验教学示范中心建设系列教材)  
ISBN 978-7-122-00963-0

I. 大… II. 贡… III. 化学实验-高等学校-教材  
IV. O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 122439 号

---

责任编辑:刘俊之  
责任校对:王素芹

文字编辑:颜克俭  
装帧设计:张辉

---

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:化学工业出版社印刷厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 299 千字 2007 年 9 月北京第 1 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:19.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

为实施“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”计划，拓宽基础，淡化专业，注重知识、能力和素质的综合协调发展，培养面向 21 世纪的创新型人才，以基础化学实验教学示范中心建设为契机，我们对原有的实验课程教学模式进行了较大的调整改革，对基础化学实验内容进行了整合、优化与更新，将实验课由原来依附于理论课开设变成独立设课，由原来按二级或三级学科内容开设变为分层次开设，将基础化学实验作为以能力培养为目标的整体来考虑。从培养技能的基本操作性实验，到培养分析解决问题能力的有关原理、性质、合成、表征等方面的一般实验，进而到重点培养综合思维和创新能力的综合与设计性实验，分层次展开。希望进一步强化大学生的自我获取知识的能力，在巩固其基础知识和基本技能的基础上，更有利于培养学生的动手能力和创新能力。据此，我们编写了《基础化学实验教学示范中心建设系列教材》丛书，由方志杰主编。该系列教材共分 4 册，分别为《大学化学实验 1 基础知识与技能》、《大学化学实验 2 合成实验与技术》、《大学化学实验 3 测试实验与技术》和《大学化学实验 4 综合与设计性实验》。

本书作为系列教材的第一册，着重编排介绍了大学化学实验的相关基础知识与基本技能，以及基础化学实验中基本的元素定性、常数测定和定量化学分析实验，作为后续实验的基础，另外，从拓展知识、培养能力出发，增加了与结果处理有关的软件应用介绍以及文献和网络资源应用介绍。

本书由贡雪东任主编，施新宇、罗元香任副主编，参与编写的有姬俊梅（第 1 章，实验 6.1、6.9、6.12、6.15）、曹健（第 1 章）、罗元香（2.1~2.3）、贡雪东（2.4~2.6）、刘彦（3.1~3.4）、林雪梅（3.5~3.8）、徐皖育（3.9，实验 6.2、6.5、6.7、6.11）、彭新华（3.10）、方志杰（第 4 章）、施新宇（第 5 章，实验 6.3、6.4、6.6、6.8、6.10、6.13、6.14、6.16）、王双（实验 6.1、6.9、6.12、6.15）。

本书的出版得到南京理工大学化工学院和教务处，南通大学，泰州科技学院等单位的大力支持，还得益于化学工业出版社编辑认真细致的工作，编者在一并致以衷心的感谢。同时还要感谢书中所列参考文献的作者，以及由于疏漏等原因未列出的文献作者。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，恳请广大师生和读者批评指正。

编 者  
2007 年 6 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 化学实验的目的和要求 .....	1
1.2 化学实验的学习方法 .....	1
1.2.1 预习 .....	2
1.2.2 操作记录 .....	2
1.2.3 实验报告 .....	2
1.3 化学实验安全知识 .....	3
1.3.1 实验守则 .....	3
1.3.2 危险品的使用 .....	4
1.3.3 意外事故的处理 .....	7
参考文献 .....	8
<b>第 2 章 误差和数据处理</b> .....	9
2.1 误差 .....	9
2.1.1 准确度与误差 .....	9
2.1.2 精密度与偏差 .....	10
2.1.3 准确度与精密度的关系 .....	11
2.1.4 误差产生的原因及减免的方法 .....	11
2.1.5 误差的传递 .....	12
2.1.6 提高测定结果准确度的方法 .....	12
2.2 有效数字 .....	13
2.2.1 有效数字的定义 .....	13
2.2.2 有效数字的修约规则 .....	14
2.2.3 有效数字的运算规则 .....	14
2.3 实验数据记录与处理 .....	14
2.3.1 实验数据的记录 .....	14
2.3.2 实验数据的处理 .....	15
2.3.3 实验结果的正确表示方法 .....	17
2.3.4 分析测试中的标准曲线 .....	18
2.4 Origin 在化学实验数据处理中的应用 .....	19
2.4.1 Origin 的启动 .....	19
2.4.2 数据的输入 .....	20
2.4.3 图形绘制 .....	21
2.4.4 图形的编辑修改 .....	22
2.4.5 数据的拟合处理 .....	24
2.5 Excel 在化学实验数据处理中的应用 .....	25
2.5.1 Excel 的启动与退出 .....	25
2.5.2 Excel 的窗口界面 .....	25
2.5.3 数据输入 .....	26

2.5.4	图表生成	28
2.5.5	图表的编辑与格式化	29
2.6	化学结构绘制软件在化学实验结果处理中的应用	30
2.6.1	ChemWindow 及其应用	30
2.6.2	ChemDraw 简介	34
2.6.3	ChemSketch 简介	35
2.6.4	ISIS/Draw 简介	36
	参考文献	36
<b>第3章</b>	<b>化学实验的基本操作</b>	<b>38</b>
3.1	纯水的制备	38
3.2	化学试剂的分类与取用	39
3.2.1	化学试剂的分类	39
3.2.2	试剂的取用	39
3.3	常用试纸及使用方法	40
3.3.1	石蕊试纸	40
3.3.2	pH 试纸	41
3.3.3	醋酸铅试纸	41
3.3.4	淀粉-KI 试纸	41
3.4	气体钢瓶及使用	41
3.5	常用玻璃仪器及加工洗涤与干燥方法	42
3.5.1	化学实验常用玻璃仪器	43
3.5.2	玻璃仪器的清洗、干燥和塞子的配置	45
3.5.3	简单玻璃工操作	46
3.6	加热与制冷技术	49
3.6.1	加热	49
3.6.2	制冷技术	50
3.7	温度与压力的测量	51
3.7.1	温度的测量与控制	51
3.7.2	压力的测量	59
3.7.3	真空技术	62
3.8	干燥技术	66
3.8.1	干燥剂	66
3.8.2	干燥方法	70
3.9	化学分析的基本操作	73
3.9.1	分析天平及其使用	73
3.9.2	标准物质和标准溶液配制	77
3.9.3	滴定分析的基本操作	80
3.9.4	重量分析的基本操作	84
3.10	化学实验绿色化发展	87
3.10.1	化学实验绿色化内容	87
3.10.2	化学实验绿色化技术	87
3.10.3	化学实验绿色化发展前景	88
	参考文献	88

<b>第 4 章 常用化学文献和网络资源</b>	89
4.1 工具书简介	89
4.1.1 化学化工综合性工具书	89
4.1.2 无机化学工具书	90
4.1.3 有机化学工具书	91
4.1.4 物理化学工具书	91
4.1.5 分析化学工具书	91
4.1.6 CA on CD 光盘数据库	92
4.2 期刊	94
4.2.1 化学化工综合性期刊	95
4.2.2 无机化学期刊	96
4.2.3 有机化学期刊	96
4.2.4 物理化学期刊	97
4.2.5 分析化学期刊	97
4.3 Internet 上的化学化工资源	97
4.3.1 一本书	98
4.3.2 一个专业门户网站	98
4.3.3 几个免费的化学网站	99
4.4 结语	115
参考文献	116
<b>第 5 章 元素定性和常数测定实验</b>	117
实验 5.1 氧、硫、氮、磷	117
实验 5.2 碱金属和碱土金属	120
实验 5.3 锡、铅、铋、铊	122
实验 5.4 铬、锰、铁、钴、镍	125
实验 5.5 铜、银、锌、镉、汞	128
实验 5.6 常见阴离子的分离与鉴定	131
实验 5.7 常见阳离子的分离与鉴定	133
实验 5.8 化学反应速率、活化能的测定	135
实验 5.9 化学平衡常数的测定	138
实验 5.10 醋酸离解常数和离解度的测定	140
实验 5.11 硫酸钡溶度积常数的测定	142
实验 5.12 磺基水杨酸合铁(Ⅲ)配合物的组成及稳定常数的测定	144
参考文献	146
<b>第 6 章 定量化学分析实验</b>	147
实验 6.1 分析天平的操作练习	147
实验 6.2 容量分析的基本操作和酸碱标准溶液配制及浓度比较	148
实验 6.3 盐酸标准溶液浓度的标定	150
实验 6.4 工业纯碱中总碱度的测定	151
实验 6.5 混合碱的分析测定	152
实验 6.6 氢氧化钠标准溶液浓度的标定	154

实验 6.7	有机酸分子量的测定 .....	155
实验 6.8	EDTA 标准溶液的配制与标定 .....	156
实验 6.9	水的硬度测定 .....	157
实验 6.10	高锰酸钾标准溶液的配制和标定 .....	158
实验 6.11	碳酸钙中钙含量的测定 .....	159
实验 6.12	过氧化氢含量的测定 .....	160
实验 6.13	硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定 .....	161
实验 6.14	硫酸铜中铜含量的测定 .....	162
实验 6.15	氯化钠中氯含量的测定 (银量法) .....	163
实验 6.16	水泥熟料中 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 和 $\text{MgO}$ 的含量测定 .....	165
参考文献	.....	169
<b>附录</b>	.....	170
1.	国际相对原子质量表 .....	170
2.	常用有机溶剂的沸点和相对密度 .....	171
3.	常用缓冲溶液的配制 .....	171
4.	常用缓冲溶液的 pH 范围 .....	172
5.	常用酸碱的浓度、密度及配制方法 .....	172
6.	常用基准物及其干燥条件 .....	172
7.	酸碱指示剂 .....	173
8.	能量单位换算表 .....	173
9.	压力单位换算表 .....	174
参考文献	.....	174



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 化学实验的目的和要求

实验是人类研究自然规律的一种基本方法。化学是一门以实验为基础的自然科学，没有实验就没有化学。化学中的所有定律、原理、学说都来源于实验，同时又通过实验进行检验。化学实验课是传授知识和技能、训练科学思维和方法、培养科学精神和职业道德、实施全面化学素质教育的最有效的形式，它不仅涉及理论的验证性，还应涉及主观能动的探索性内容；不仅涉及制备产品的合成性，还应涉及操作训练的基础性内容；不仅涉及性质实验的单一性，还应涉及实验技术的综合性内容；不仅涉及方法的经典性，还涉及其先进性的内容。

实验是大学化学课程的重要环节。通过实验，可以培养科学的认识能力和研究能力，即实验操作能力、细致观察和记录现象，归纳、综合、正确处理数据的能力，分析和正确表达实验结果的能力等。实验课要达到的目的如下所述。

(1) 巩固、扩大和加深课堂所学的理论知识，加深对化学的基本原理和基础知识的理解和掌握。通过实验可发现和发展理论，同时通过实验对理论进行检验和评价。因此，学好化学实验是学好化学理论的重要环节。学生可以在实验中直接获得大量的化学事实，经过归纳总结，从感性认识上升到理性认识，对化学基础理论和基本知识的认识会产生新的飞跃。通过实验可以实现理论与实践的结合，训练理论联系实际以及分析问题和解决问题的能力。

(2) 加强化学实验基本操作技能的训练，初步学会常用仪器的使用，培养独立操作动手能力，严格训练实验的技能技巧。通过实验课程的学习，使学生受到系统、规范的化学实验训练。大学化学实验要使学生受到以下几方面的训练：①规范基本操作，正确使用仪器；②准确记录、处理数据，正确表达实验结果；③认真观察实验现象，科学推断、逻辑推理，得出正确结论；④学习查阅手册及参考资料，正确设计实验，培养科学思维和独立工作能力。通过以上训练，使学生能较好地掌握化学实验基本技能，提高他们的创新意识和实际工作能力。

(3) 通过实验现象的观察、分析，测试数据的处理和撰写报告，培养科学思维的方法。通过自拟实验方案的综合设计实验的训练，进一步培养独立思考、独立工作的科学实验能力。

(4) 加强品德修养，培养基本素质。通过实验培养严肃认真、实事求是、一丝不苟的科学态度，同时使学生养成准确细致、整齐整洁的良好实验室工作习惯。在实验中培养求真、探索、协作、创新的科学精神以及科学的思维方式，提高学生的思想修养、综合素质，从而使学生逐步掌握科学研究的方法，为学生参加科学研究及实际工作打下坚实的基础。

## 1.2 化学实验的学习方法

实验的目的不但是要培养学生的实验操作技术、巩固化学理论知识，更重要的是培养学生良好的实验作风和科学的思维方法，调动学生的主观能动性和创造性，通过长期的规范训练使学生具有独立解决问题的能力。因此，化学实验主要由学生独立完成，要求学生端正学

习态度,明确学习目的,严格按照要求完成下列基本的实验程序,掌握正确的学习方法。

### 1.2.1 预习

为了避免实验中“照方抓药”的不良现象,使实验能够获得良好的效果,实验前必须进行预习。预习是实验前必须完成的准备工作,是做好实验的前提和保证。教师要严格要求,强调预习的重要性,保证学生对预习环节的足够重视。为了确保实验质量,实验前教师要检查每个学生的预习情况。对没有预习或预习不合格者,任课教师有权不让其参加本次实验,学生应严格服从教师的安排。

认真阅读实验教材、教科书、参考资料等相关内容,掌握本实验的预备知识。明确本实验的目的,了解实验的内容、步骤、操作过程和注意事项。写好简明扼要的预习报告后,方能进行实验。通过预习应达到的目的是:弄清实验要做什么,怎么去做,为什么这样做,不这样做是否可行,还有什么更好的方法能达到同样的目的,基本了解本实验所用仪器的工作原理、用途和正确的操作方法。

实验预习一般应达到下列要求:①阅读实验教材,明确实验目的;②掌握本次实验的主要内容,阅读实验中有关的实验操作技术及注意事项;③按教材规定设计实验方案,并回答“预习思考题”;④写出实验预习报告,预习报告是进行实验的依据,因此预习报告应包括简要的实验步骤与操作、定量实验的计算公式等。

### 1.2.2 操作记录

实验是培养独立工作能力和思维能力的重要环节,必须认真、独立地完成。在教师指导下,学生独立进行实验是训练学生正确掌握实验技术、达到培养能力目的的重要手段。为做好实验,应该做到以下几点。

(1) 根据实验内容,认真操作,仔细观察现象,如实将实验现象和数据记录在预习报告中。

(2) 若对实验现象有怀疑,应首先尊重实验事实,并认真分析和检查原因。也可以做对照实验、空白实验或自行设计实验来核对,必要时应多次实验,从中得出有益的结论。

(3) 实验中要勤于思考、仔细分析,力争自己解决问题。实验中遇到疑难问题或者有反常现象时,应认真分析操作过程,思考其原因。对于疑难问题,可与教师讨论,在教师指导下,重做或补做某些实验,自觉养成动脑筋分析问题的习惯。

(4) 若实验失败,要检查原因,经教师同意后重做实验。

(5) 遵守实验工作规则。实验完毕,按要求洗净仪器,整理药品及实验台。实验过程中应始终保持台面布局合理、环境整洁卫生。

### 1.2.3 实验报告

实验结束后,应严格地根据实验作出记录,对实验现象作出解释,写出有关反应,或根据实验数据进行处理和计算,作出相应的结论,并对实验中的问题进行讨论,独立完成实验报告,及时交指导教师审阅。

实验报告是描述、记录、讨论某项试验的过程和结果的报告,是对实验结果进一步分析、归纳和提高的过程。实验报告反映了学生的实验技术水平和总结归纳能力,必须认真完成。书写实验报告应字迹端正、简明扼要、清洁整齐,实验报告写得潦草者应重写。

实验报告应包括以下几方面的内容。

(1) 实验目的、要求。说明为什么进行实验,通过实验应掌握什么原理、方法和实验技能。

(2) 实验基本原理和主要反应方程式。主要仪器设备和材料、试剂。

(3) 实验内容。尽量采用表格、框图、符号等形式，清晰、明了地表示实验内容、实验步骤。

(4) 实验现象和数据记录。如实记录实验现象，数据记录要完整，绝不允许主观臆造或抄袭别人实验结果。

(5) 数据处理和结论。对现象加以简明的解释，分标题小结或者最后得出结论，数据计算要准确。数据处理以原始数据记录为依据，最好用列表加以整理，明了地显示数据的变化规律，同时注意数据的量纲单位，有效数字处理方法应符合规定。

(6) 完成实验教材中规定的作业。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、检测手段、合成路线、实验内容等提出自己的意见，分析实验误差原因，对实验方法、教学方法和实验内容等提出改进意见。

(7) 讨论。一般在实验过程中，常会出现实验现象和数据与教材内容有些差别，同学之间、实验小组之间也会存在不同程度的差别。针对上述情况，要认真思考，反思自己是否严格按实验操作步骤及实验条件进行实验，是否有操作失误；若无上述原因，则同学之间相互交流，或与指导教师一起讨论，认真分析导致异常现象或误差的原因。根据讨论结果再对实验条件和实验方法进行改进以取得科学的实验结果。讨论是一种很好的学习方法，它可以明理、求真，因而在实验教学中经常被使用。实验前可以以提问的形式由师生共同讨论，以掌握实验原理、操作要点和注意事项；实验后可以组织课堂讨论，对实验现象、结果进行分析，对实验操作和素养进行评价，以提高实验效果。学生也可以在实验报告上对实验现象、实验误差及出现的其他问题进行讨论，敢于提出自己的见解或对实验提出改进意见。

## 1.3 化学实验安全知识

在进行化学实验时，会经常使用水、电、燃气和各种药品、仪器，如果马马虎虎、不遵守操作规则，不但会造成实验失败，还可能发生事故（如失火、中毒、烫伤或烧伤等）。只要我们在思想上重视安全工作，又遵守操作规则，则相关安全事故完全可以避免。

### 1.3.1 实验守则

#### 1.3.1.1 实验室守则

(1) 实验过程中要集中精力，认真操作，仔细观察，如实记录。

(2) 保持严肃、安静的实验室氛围，不得高声谈话、嬉笑打闹。

(3) 注意安全，爱护仪器、设备。使用精密仪器应格外小心，严格按操作规程进行。若发生故障，要及时报告指导教师。损坏仪器，酌情赔偿。

(4) 节约试剂，按实验教材规定用量取用试剂。从试剂瓶中取出的试剂不可再倒回瓶中，以免带进杂质。取用试剂后应立即盖上瓶塞，切忌张冠李戴污染试剂。试剂瓶应及时放回原处。

(5) 随时保持实验室和桌面的整洁。火柴梗、废纸屑、金属屑等固体废物应投入废纸篓内。废液倒入废液缸内，严禁将其投入或倒入水槽，以防堵塞、腐蚀管道。

(6) 实验完毕，须将玻璃仪器洗涤干净，放回原位。清洁并整理好桌面，打扫干净水槽、地面。检查电插头或闸刀是否拉开、水龙头是否关闭。

(7) 实验室的一切物品（仪器、药品等）均不得带离实验室。

#### 1.3.1.2 实验室安全守则

(1) 实验开始前，检查仪器是否完整无损，装置安装是否正确。要了解实验室安全用具

放置的位置,熟悉各种安全用具(如灭火器、沙桶、急救箱等)的使用方法。

(2) 嗅闻气体时,应用手轻拂气体。使用酒精灯时,应随用随点燃,不用时盖上灯罩。不要用已点燃的酒精灯去点燃其他酒精灯,以免酒精溢出而失火。

(3) 绝不允许任意混合化学药品,以免发生事故。

(4) 浓酸浓碱等具有强腐蚀性的药品,切勿将其溅在皮肤或衣服上,尤其不可将其溅入眼睛中。稀释浓硫酸时,应将浓硫酸慢慢倒入水中,而不能将水倒向浓硫酸中,以免迸溅。

(5) 乙醚、乙醇、丙酮、苯等易挥发和易燃的有机溶剂,放置和使用时必须远离明火,取用完毕后应立即盖紧瓶塞和瓶盖,置于阴凉处。

(6) 加热时,要严格遵从操作规程。加热试管时,不要将试管口指向自己或他人。不要俯视正在加热的液体,以免液体溅出受到伤害。制备或实验具有刺激性、恶臭和有毒的气体时(如  $H_2S$ 、 $Cl_2$ 、 $CO$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$  等),必须在通风橱内进行。

(7) 实验室内任何药品,特别是有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物等,特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口。有毒药品或有毒废液不得倒入水槽,以免与水槽中的残酸作用而产生有毒气体,培养良好的环境保护意识。

(8) 实验室电器设备的功率不得超过电源负载能力。电器设备使用前应检查是否漏电,常用仪器外壳应接地。人体与电器导电部分不能直接接触,也不能用湿手接触电器插头。

(9) 做危险性实验,应使用防护眼镜、面罩、手套等防护用具。

(10) 经常检查燃气开关和用气系统。如果有泄漏,立即熄灭室内火源,打开门窗通风,关闭燃气总阀,并立即报告指导教师。

(11) 实验进行时,不得擅自离开岗位。水、电、燃气、酒精灯等使用完毕应立即关闭。实验结束后,值日生和最后离开实验室的人员应再一次检查它们是否被关好。不能在实验室内饮食、吸烟。实验结束后必须洗净双手方可离开实验室。

### 1.3.2 危险品的使用

在化学实验过程中,经常使用具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀性等危险特性的化学品。这些物品使用、管理或处理不当,对人和环境会造成危害。

#### 1.3.2.1 化学危险物品的概念

凡是物质本身具有某种危险特性,如受到摩擦、撞击、震动、接触热源或火源、日光暴晒、遇水受潮、遇性能相抵触物品等外界因素的影响,会引起燃烧、爆炸、中毒、灼伤等人身伤亡或财产受损的化学品,统称为化学危险物品。

化学实验室常见的化学危险物品主要有:氯、一氧化碳及煤气、汽油、硫化氢、二氧化硫及三氧化硫、氮氧化物、笑气、氰化物、氟化物、砷和砷化物、氨、二硫化碳、溴和溴化物、碘、汞及汞盐、铅、铋及其化合物、钡盐、铍及其化合物、银及其化合物、乙炔、光气、三氯甲烷、四氯化碳、二氯甲烷、氯乙烯、氯苯、甲醛、丙酮、乙醚、甲醇、乙二醇、甲酸、乙酸、一氯乙酸和三氯乙酸、草酸、亚硝酸酯、磷酸三丁酯、苯及其同系物、苯酚、苯甲酸和苯甲酸酯类、硝基苯及其化合物、苯胺及其衍生物、放射性物质。

#### 1.3.2.2 化学危险品的分类与主要特性

化学危险品的分类主要是根据其物化特性、危险性和便于管理等原则进行的。依照中华人民共和国国家标准《危险货物分类与品名编号》(GB 6944—1986)和《常用危险化学品的分类及标志》(GB 13690—1992)将其分为8大类。下面简要介绍化学危险品的分类及主要特性。

(1) 爆炸品。凡是在外界作用下(如受热、受压、撞击等),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

品。这类物品如火药、叠氮钠、雷汞、黑索金、三硝基甲苯等。

其主要特性是爆炸性。爆炸品的爆炸性是由本身的组成和性质决定的。在外界条件作用下，炸药受热、撞击、摩擦、遇明火或酸碱等因素的影响都易发生爆炸。

(2) 压缩气体和液化气体。这类化学品是指被压缩、液化或加压溶解的气体。按气体的性质液化气体又分为以下几种。

① 易燃气体。极易燃烧，也有一定毒性的气体，如氢气、甲烷、乙炔、丙烯、丁二烯等。

② 不燃气体。本身不燃烧，但有助燃作用，一般无毒，容易使人产生窒息的气体，如氮、氧、氩、氦、氙、二氧化碳等气体。

③ 有毒气体。毒性极强，易引起中毒甚至死亡的气体，如氯气、光气、二氧化硫、氰化物、氟化氢、硫化氢等。

压缩气体和液化气体的主要特性如下：气体在光照或受热后，温度升高，分子间的热运动加剧，体积增大，若在一定密闭容器内，气体受热的温度越高，其膨胀后形成的压力越大。一般压缩气体和液化气体都盛装在密闭的容器内，如果受高温、日晒，气体极易膨胀产生很大的压力，当压力超过容器的耐压强度时就会造成爆炸事故。

(3) 易燃液体。在常温下，以液态形式存在，极易挥发和燃烧，其闪点等于或低于61℃的液体是易燃液体。其中包括易燃的液体、液体混合物或含有固体物质的液体。许多溶剂都是易燃液体，如甲醇、乙醇、丙酮、汽油、苯、甲苯、二甲苯、乙醚等。

易燃液体主要特性及危险性如下所述。

① 易挥发性。易燃液体大多是沸点低、闪点低、挥发性强的物质。随着温度的升高，蒸发速度加快，当蒸气与空气混合达到一定浓度极限时遇火易燃烧爆炸。闪点越低的易燃液体其燃点也低，遇明火易引起燃烧。这类气体的饱和蒸气压也是随温度的升高而增加，蒸气压越大，蒸发速度越快，火灾爆炸危险性就越大。

② 易流动扩散性。液体具有流动和扩散性，大部黏度较小，易流动，有蔓延和扩大火灾的危险。易燃液体主要是靠容器盛装和管道输送，若出现跑、冒、滴、漏现象，挥发出的蒸气或流出的液体会迅速向四周扩散，与空气形成混合爆炸物。

③ 带电性。醚类、酮类、汽油、酯类、芳香烃及石油产品等易燃液体，在管道、储罐、槽车、油船的输送、灌注、摇晃、搅拌和高速流动过程中，由于摩擦易产生静电，当所带的静电荷聚积到一定程度时，就会产生静电火花，有引起燃烧和爆炸的危险。

④ 毒害性。大多数易燃液体都有一定的毒性，对人体的内脏器官有毒性作用。

(4) 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品。易燃固体是指燃点低，对热、撞击、摩擦敏感，易被外部火源点燃，燃烧迅速，并可能散发出有毒烟雾或有毒气体的固体，但不包括已列入爆炸品的物品。例如，红磷、三硫化磷、五硫化磷、二硝基苯、硝化棉、闪光粉（镁粉与氯酸钾的混合物）、铝粉、镁粉、硫磺等。

易燃固体主要特性如下所述。

① 易燃性。大部分易燃固体的燃点、熔点、自燃点都较低。熔点低的固体易蒸发或气化，较易燃烧，而且燃烧速度快，许多低熔点的易燃固体有闪燃现象，如聚甲醛、樟脑等。燃点越低的固体越易着火，因为它们在较小的热源或撞击、摩擦作用下会很快受热到燃点而起火。多数易燃固体的自燃点都较低，易燃的危险性较大，其原因是分子间密度大，散热性差，易于积聚热量，当温度达到自燃点，没有火源也会引起燃烧。

② 可分散性与氧化性。物质的颗粒越细其比表面积越大，分散性就越强。当固体粒度小于0.01mm时，可悬浮于空气中，这样能充分与空气中的氧接触发生氧化作用。固体的可分散性受许多因素影响，主要是受物质的比表面积影响，比表面积越大，和空气

中氧的接触机会越多，氧化作用越容易，燃烧也就越快，就具有爆炸的危险性，如粉尘爆炸。

③ 热分解性。某些易燃固体受热后不熔融，而发生分解现象，如硝酸铵  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  在分解过程中，往往释放出  $\text{NH}_3$  或  $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$  等有毒气体。一般来说，热分解的温度的高低直接影响其危险性的大小，受热分解温度越低的物质，其火灾爆炸危险性就越大。

自燃物品是指自燃点低，在空气中易发生氧化反应，并释放出热量而自行燃烧的物品。自燃物品的主要特性如下所述。

① 极易氧化。自燃的发生是由于物质的自行发热和散热速度处于不平衡状态而使热量积蓄的结果。如果散热受到阻碍，易促进自燃，其原因是自燃物质本身的化学性质非常活泼，具有很强的还原性，与空气中的氧能迅速作用产生大量的热。如黄磷的自燃点很低 ( $34^\circ\text{C}$ )，若暴露于空气中，因氧化发热易引起自燃，因此黄磷需要放在水中保存。另外，还有一些自燃点很低的物质，为了防止自燃，储存时都需采取相应的措施。

② 易分解。某些自燃物质的化学性质很不稳定，在空气中会自行分解，积蓄的分解热也会引起自燃，如硝化纤维素、赛璐珞、硝化甘油等。

遇湿易燃物品指遇水或受潮时，发生剧烈化学反应，放出大量的易燃气体和热量的物品，有的不需明火即能燃烧或爆炸。这类物质的共性是遇水分解，遇酸或氧化剂反应更加剧烈。分解产生大量的易燃气体和热量，如果存在于容器或室内易形成爆炸性混合物而导致危险，如活泼金属、金属氢化物、硫氢化物、硫的金属化合物、碳化物、磷化物等。

(5) 氧化剂和有机过氧化物。氧化剂是指处于高氧化态，具有强氧化性、易分解并放出氧和热量的物质。包括含有过氧基的无机物，其本身不一定可燃，但能导致可燃物的燃烧，与松软的粉末状可燃物能组成爆炸性混合物，对热、震动或摩擦较敏感，如碱金属（锂、钠、钾、铷、铯）或碱土金属（镁、钙、锶）的过氧化物和盐类。其分子结构中都含有过氧基或高价态元素 ( $\text{N}^{5+}$ 、 $\text{Cl}^{7+}$ 、 $\text{Mn}^{7+}$ )，性质不稳定，易分解，具有强氧化性。再如过氧化钠、氯酸钾、高锰酸钾、高氯酸钠等。

有机过氧化物是指分子组成中含有过氧基 ( $-\text{O}-\text{O}-$ ) 的有机物，此类物质易燃易爆，极易分解，对热、震动或摩擦极为敏感，如过氧化苯甲酰、过氧化二叔丁醇、过氧化甲乙酮等。

有机过氧化物的主要特性如下所述。

① 强氧化性。具有强烈的氧化性，遇酸、碱或还原剂可发生剧烈的氧化还原反应。

② 易分解。在光、热、摩擦、震动、撞击、酸、碱等外界条件作用下，极易分解放出氧气，大量的氧可助燃，致使一些易燃品引起燃爆。

(6) 毒害品。毒害品是指物质进入人体后，累积达一定的量，能与体液和器官组织发生生物化学作用或生物物理作用，扰乱或破坏机体的正常生理功能，甚至危及生命的物品。如无机毒物（氰、砷、硒）及其化合物类（氰化钾、三氧化二砷、氧化硒），有机毒物类中的卤代烃及其卤代物（氯乙醇、二氯甲烷等），有机磷、硫、砷、硅、腈、胺等化合物类，有机金属化合物，某些芳香烃，稠环及杂环化合物等。

毒害品的主要特性如下所述。

① 溶解性。毒害品在水中溶解度越大，毒性越大。因为易于在水中溶解的物品，更易被人吸收而引起中毒。如氯化钡 ( $\text{BaCl}_2$ ) 易溶于水中，对人体危害大，而硫酸钡 ( $\text{BaSO}_4$ ) 不溶于水和脂肪，故无毒。但有的毒物虽不溶于水但可溶于脂肪，这类物质也会对人体产生一定危害。

② 挥发性。毒物在空气中的浓度与物质挥发度有直接的关系。在一定时间内，毒物的挥发性越大，毒性越大。一般沸点越低的物质，挥发性越大，空气中存有的浓度高，易发生

中毒。

③ 分散性。固体毒物颗粒越小，分散性越好，特别是悬浮于空气中的毒物颗粒，更易被吸入肺泡而中毒。

(7) 放射性物品。这类化学品是指放射性比活度大于  $7.4 \times 10^4$  Bq/kg 的物品。这类物质能不断地自发地放出穿透力很强的射线，人体感觉器官不能觉察到。如化工行业所用的放射性化学试剂和化工制品（氯化铀、硫酸铀、氧化铀、夜光粉、发光剂等）。

(8) 腐蚀品。腐蚀品是指能灼伤人体组织并对金属等物品造成损坏的固体或液体，如氢氟酸、硝酸、硫酸、甲酸、氯乙酸、氢氧化钠等。按化学性质可分为：酸性腐蚀品、碱性腐蚀品、其他腐蚀品。

腐蚀品的主要特性如下所述。

① 强烈的腐蚀性。它对人体、设备、建筑物、构筑物、车辆、船舶的金属结构都易发生化学反应，而使之腐蚀并遭受破坏，这种性质是所有腐蚀品的共性。

② 氧化性。腐蚀性物质如浓硫酸、硝酸、氯磺酸、漂白粉等都是氧化性很强的物质，与还原剂接触易发生强烈的氧化还原反应，放出大量的热，容易引起燃烧。

③ 稀释放热性。多种腐蚀品遇水会放出大量的热，易使液体四处飞溅造成人体灼伤。

### 1.3.3 意外事故的处理

(1) 割伤（玻璃或铁器刺伤等）。先把碎玻璃从伤处挑出，如轻伤可用生理盐水或硼酸溶液擦洗伤处，涂上紫药水（或红汞水），必要时撒些消炎粉，用绷带包扎。伤势较重时，则先用医用酒精在伤口周围擦洗消毒，再用纱布按住伤口压迫止血，立即送医院处置。

(2) 烫伤。可先用 10% 稀  $\text{KMnO}_4$  溶液或苦味酸溶液冲洗灼伤处，再在伤口处抹上黄色的苦味酸溶液、烫伤膏或万花油，切勿用水冲洗。

(3) 受强酸腐伤。先用大量水冲洗，然后擦上碳酸氢钠油膏。如受氢氟酸腐伤，应迅速用水冲洗，再用 5% 苏打溶液冲洗，然后浸泡在冰冷的饱和硫酸镁溶液中 30min，最后敷由硫酸镁 26%、氧化镁 6%、甘油 18%、水和盐酸普鲁卡因 1.2% 配成的药膏（或甘油和氧化镁 2:1 悬浮剂涂抹，用消毒纱布包扎），伤势严重时，应立即送医院急救。当酸溅入眼内时，首先用大量水冲眼，然后用 3% 的碳酸氢钠溶液冲洗，最后用清水洗眼。

(4) 受强碱腐伤。立即用大量水冲洗，然后用 1% 柠檬酸或硼酸溶液洗。当碱溅入眼内时，除用大量水冲洗外，再用饱和硼酸溶液冲洗，最后滴入蓖麻油。

(5) 吸入刺激性、有毒气体。吸入氯气、氯化氢气体、溴蒸气时，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。

(6) 磷烧伤。用 1% 硫酸铜、1% 硝酸银或浓高锰酸钾溶液处理伤口后，送医院治疗。

(7) 起火。若因酒精、苯等引起着火，立即用湿抹布、石棉布或砂子覆盖燃烧物；火势大时可用泡沫灭火器。若遇电器设备引起的火灾，应先切断电源，用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火，不能用泡沫灭火器，以免触电。

(8) 毒物进入口中。若毒物尚未咽下，应立即吐出来，并用水冲洗口腔；若已咽下，应设法促使呕吐，并根据毒物的性质服解毒剂。

(9) 触电事故。应立即拉开电闸，截断电源，尽快地利用绝缘物（干木棒、竹竿）将触电者与电源隔离。必要时进行人工呼吸。

(10) 若伤势较重，应立即送医院医治。火势较大，则应立即报警。

化学实验室几种常见化学品中毒的应急处理如下所述。

① 氯气。进入眼睛：用 2% 小苏打水或食盐水洗涤。进入呼吸道：用 2% 小苏打水或食盐水洗鼻、漱口，吸入水蒸气。严重者要输氧和注射强心剂。

② 氨。眼睛和皮肤：用清水或 3% 硼酸水或 1% 明矾水洗涤。眼角膜溃疡：红霉素眼药水、氯霉素眼药水或金霉素眼膏涂眼。支气管炎、肺炎：及时送医院治疗。

③ 一氧化碳。迅速移至空气新鲜处，解开衣领、腰带等，保持呼吸畅通。呼吸困难者要输氧。停止呼吸者要进行人工呼吸。

④ 氰化物。呼吸困难者需施行超压输氧，停止呼吸者进行人工呼吸。口服 0.2% 高锰酸钾或 3% 氧化氢和高浓度食盐水，反复引吐和洗胃。清醒者吸入亚硝酸异戊酯，10min 为 3~6 滴。失去知觉者注入 3% 亚硝酸钠 10mL，注射 10% 硫代硫酸钠溶液。

⑤ 有机磷农药。保证呼吸和心跳正常，必要时施行人工呼吸或体外心脏按摩。解毒药：解磷针、阿托品、曼陀罗、氯磷啶等。皮肤污染：用清水或肥皂水清洗。眼睛污染：2% 小苏打水洗眼。

### 参 考 文 献

- 1 贾素云主编. 基础化学实验. 北京: 兵器工业出版社, 2005
- 2 高剑南, 戴立益主编. 现代化学实验基础. 上海: 华东师范大学出版社, 1998
- 3 陈朗滨, 王廷和主编. 现代实验室管理. 北京: 冶金工业出版社, 1999
- 4 徐伟亮主编. 基础化学实验. 北京: 科学出版社, 2005
- 5 刘秀儒编著. 实验室技术与安全. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 6 甘孟瑜, 曹渊主编. 大学化学实验. 重庆: 重庆大学出版社, 2003
- 7 曾淑兰主编. 大学化学实验. 天津: 天津大学出版社, 1994
- 8 徐功骅, 蔡作乾主编. 工科大学化学实验 (第二版). 北京: 清华大学出版社, 1997
- 9 天津大学无机化学教研室. 大学化学实验. 天津: 天津大学出版社, 1998
- 10 胡立江, 尤宏主编. 工科大学化学实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1999
- 11 马全红等编著. 大学化学实验. 南京: 东南大学出版社, 2002



## 第 2 章 误差和数据处理

### 2.1 误差

测定试样组分的含量时，由于受分析方法、测量仪器、所用试剂以及分析工作者主观条件等方面的限制，使测定结果不可能和真实含量完全一致。

即使是技术很熟练的分析工作者，用最完善的分析方法和最精密的仪器，对同一样品进行多次平行测定，其结果也不会完全一样。这说明在分析过程中，客观上存在着难以避免的误差。

因此，人们在进行定量分析时，不仅要得到被测组分的含量，而且必须对分析结果进行评价，判断分析结果的准确性，检查产生误差的原因，采取减小误差的有效措施，从而不断提高分析结果的准确程度。

#### 2.1.1 准确度与误差

##### 2.1.1.1 准确度与误差的定义

分析结果与真实值的接近程度称为准确度。

分析结果与真实值之间的差值称为误差。误差愈小，表示分析结果的准确度愈高；反之，误差愈大，准确度就越低。所以误差的大小是衡量准确度高低的尺度。

##### 2.1.1.2 误差的表示方法

误差可用绝对误差和相对误差表示。

(1) 绝对误差。

绝对误差 = 测定值 - 真实值

常用平行测定结果的平均值  $\bar{X}$  表示测定结果，即

$$E = \bar{X} - \mu$$

式中， $E$  表示绝对误差； $\bar{X}$  表示测定值； $\mu$  表示真实值。

绝对误差的缺点是不能很好地反映分析结果准确度的高低。

例 1：HCl 标准溶液的浓度，若真实值  $\mu = 0.1000 \text{ mol/L}$ ，测定值  $\bar{X} = 0.1001 \text{ mol/L}$ ，则绝对误差  $E = 0.0001 \text{ mol/L}$ 。

例 2：HCl 标准溶液的浓度，若真实值  $\mu = 0.5000 \text{ mol/L}$ ，测定值  $\bar{X} = 0.5001 \text{ mol/L}$ ，则绝对误差  $E = 0.0001 \text{ mol/L}$ 。

可见， $E$  不能反映误差在测定结果中所占的百分率。

(2) 相对误差。

相对误差  $RE = (\text{绝对误差} / \text{真实值}) \times 100\%$

即

$$RE = \frac{\bar{X} - \mu}{\mu} \times 100\%$$

根据相对误差的定义，上述例 1 和例 2 的相对误差依次为 0.1% 和 0.02%，可见与绝对误差相比，相对误差能更好地反映分析结果准确度的高低。所以分析结果的准确度常用相对误差表示。但是仪器的测量准确度有时用绝对误差表示更清楚。例如，万分之一分析天平的