



大学实验教学系列
DAXUESHIYANJIAOXUEXILIE

普通化学实验

刘岩峰 刘 琦 朱春玲 编
王 君 主审



HEUP 哈尔滨工程大学出版社



大学实验教学系列
DAXUESHIYANJIAXUEXILIE

普通化学实验

刘岩峰 刘 琦 朱春玲 编
王 君 主审

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

《普通化学实验》主要依据化学学科发展及我校新版普通化学实验教学大纲的需要,结合化学实验教学中心近年来实验教学改革经验和成果编写而成。

本教材共四章。第一至三章为普通化学实验基本知识和基本操作介绍,旨在加强学生实验技能的综合训练和素质能力的培养,使学生逐步建立应用意识,掌握化学实验的技能和方法;第四章为普通化学实验,实验内容既与理论教学内容配合密切,同时又具有相对的独立性,知识覆盖面广,起点适度,趣味性、可操作性和实用性强;教材后的附录主要是普通化学实验中经常用到的相关数据,以表格形式列出,便于使用者查阅和使用。

本教材适用于理工科各专业本科生普通化学实验课程的教学,也可作为各高校非化工类各专业普通化学实验课程的教材和参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学实验/刘岩峰,刘琦,朱春玲编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2014.8
ISBN 978-7-5661-0915-6

I. ①普… II. ①刘… ②刘… ③朱… III. ①化学实
验-高等学校-教材 IV. ①06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 206646 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 5.75
字 数 144 千字
版 次 2014 年 9 月第 1 版
印 次 2014 年 9 月第 1 次印刷
定 价 14.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

普通化学是高等学校理工类本科生的公共基础课程,是对大学生进行素质教育及培养高科技人才所必需的知识构成。普通化学实验在普通化学教学中占据着非常重要的地位,可使学生更好地理解 and 掌握理论教学的内容,更可培养学生的实践操作技能、观察能力、科学精神和创新能力等。

《普通化学实验》是哈尔滨工程大学“普通化学”课程的配套教材。主要依据目前实验教学改革发展的需要,遵照哈尔滨工程大学新版教学大纲的要求和目标,结合多年来我中心的实验教学改革经验和成果,参考国内其他院校先进的实验理念及实验教学内容编写而成。

《普通化学实验》教材内容共四章。第一至三章为普通化学实验基本知识 with 基本操作,分别介绍了无机化学实验的目的及要求、化学实验室基本常识、无机化学实验中数据的表达处理等基础知识,以及普通化学实验基本操作和基本测量仪器介绍,这些都是学生进行化学实验前必须学习的内容。第四章为普通化学实验内容,共设 9 个实验,包括化合物提纯、化学基本原理、化学反应特征常数测定、化合物及高分子材料制备等实验。实验部分编写的主要目的是加深对化学反应原理的理解以及对化学理论常数来源的了解,培养和训练学生正确记录、合理处理实验数据,掌握作图方法和分析误差的能力;熟悉和掌握化学反应的特性、共性和规律性,引导学生灵活运用这些性质和规律性,培养学生分析问题和解决问题的能力;训练和提高学生的基本操作技能,培养学生对所学知识及技能的融会贯通、综合运用能力;进一步扩大实验范围,拓展实验视野,培养学生运用化学知识与技能解决实际生活中一些问题的能力,激发学生的创新能力。本教材附录主要是普通化学实验中经常用到的相关数据,以表格形式列出,便于使用者查阅和使用。

本教材适用于理工科本科生普通化学实验课程的教学,也可作为各高校非化工类各专业普通化学实验课程参考书使用。

本教材参阅了诸多兄弟院校同类实验教材内容,在此谨向诸位编写老师致以衷心的感谢和敬意!

由于编写时间仓促,编者学识水平所限,教材中疏漏和欠妥之处在所难免,恳请有关专家和广大师生提出宝贵意见和建议。

编 者
2014 年 6 月

目 录

第一章 普通化学实验基本知识	1
一、普通化学实验的目的	1
二、普通化学实验的学习方法	1
三、普通化学实验的要求	2
四、化学实验中数据的图表处理、有效数字与误差	3
五、化学实验室意外事故的应急处理	8
第二章 普通化学实验基本操作	9
一、普通化学实验常用仪器简介	9
二、玻璃仪器的洗涤和干燥	17
三、化学试剂的取用	18
四、加热操作	20
五、物质的分离和提纯	22
六、比色法	27
第三章 普通化学实验基本测量仪器	29
一、电导率仪	29
二、分光光度计	31
三、电位差计	34
第四章 普通化学实验	38
实验一 硫酸铜的提纯	38
实验二 化学反应焓变的测定	41
实验三 醋酸解离常数的测定(电导率法)	46
实验四 沉淀-溶解平衡与配位平衡	50
实验五 氧化还原反应与电化学	54
实验六 阿司匹林的合成	58
实验七 蔬菜中亚硝酸盐含量的测定	61
实验八 高分子材料的合成	68
实验九 洗洁精的配制	71
附录一 国际相对原子质量表	73
附录二 一些弱电解质在水溶液中的解离常数(25℃)	75

附录三 标准电极电势(298 K)	77
附录四 常见无机化合物在水中的溶解度	82
附录五 常用酸、碱溶液的密度和浓度	85
参考文献	86

第一章 普通化学实验基本知识

一、普通化学实验的目的

普通化学是普通化学课程的重要组成部分,是培养学生独立操作、观察、记录、分析归纳、写报告等多方面能力的极为重要的环节。通过实验使学生加深对普通化学实验的基本原理和基本知识的理解和掌握,使学生得到全面的化学素质教育,并培养学生独立思考、综合运用知识的能力,我们要达到以下三个目的:

(1)通过实验可使学生掌握化学学科大量的第一手感性知识,经分析、归纳、总结,从感性认识上升到理性认识,加深对理论知识的理解掌握,使理论和实践联系起来;

(2)在化学实验全过程中,学生独立查阅资料,设计实验方案,动手进行实验,观察实验现象,测定实验数据,正确处理实验数据和表达实验结果,从而使学生掌握正确的实验操作技能,具备独立分析问题、解决问题的能力;

(3)通过实验可以培养学生实事求是的科学态度、富于创新的科学精神和良好的工作习惯,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。

二、普通化学实验的学习方法

普通化学实验课程的教学效果与学生的实验态度和学习方法密切相关,做好普通化学实验必须掌握以下几个方面的内容。

1. 预习

预习是进行普通化学实验之前必须完成的准备工作,是保证做好普通化学实验的一个重要环节,否则将严重影响实验的教学效果。实验预习要求如下:

(1)阅读实验教材及相关资料,明确实验目的和实验原理,熟悉实验内容、主要操作步骤及数据处理方法。

(2)根据实验内容查阅附录及有关资料,记录实验所需的物理化学数据、定量实验的计算公式及反应方程式等。

(3)预习实验中涉及的实验操作技术及相关实验仪器的使用方法及注意事项等内容。

(4)认真撰写实验预习报告。注意在报告中预留记录实验现象和数据的位置。

(5)对于没有预习报告或没有达到上述预习要求者,不允许进行本次实验。

2. 实验

实验过程中学生应在任课教师的指导下,按照要求独立进行实验,这是培养学生的实验动手能力及独立思考、独立分析与解决问题的能力的重要环节。

(1)认真操作,仔细观察实验现象,及时、认真测定实验数据,并将实验数据如实记录在

预习报告中。数据记录应真实、规范和整洁,实验数据不得随意更改或删减,这是培养学生良好科学习惯的重要环节。

(2)实验中要勤于思考,细心观察,自己分析、解决问题。对实验现象有疑惑,或实验结果误差太大的,要认真分析操作过程,努力找到原因。如果必要,可以在教师指导下,做对照实验、空白实验,或自行设计实验进行核实,以培养学生独立的分析问题、解决问题的能力。

(3)如果实验失败,要查明原因,经任课教师准许后方可重做实验。

(4)实验结束后,将实验记录交给任课教师审阅后方可离开实验室。

3. 实验报告

实验报告是对实验现象进行分析,对实验数据进行处理,以及对实验进行概括和总结的过程。实验操作完成后,必须根据自己的实验记录进行归纳和总结。用简明扼要的文字条理清晰地撰写实验报告。这也是培养学生分析、归纳、总结和书写能力以及严谨的科学态度和实事求是的科学精神的重要环节。

(1)实验现象要表述正确,并进行合理的解释,写出相应的反应式,得出结论。

(2)根据实验记录进行必要的数据处理和计算。

(3)分析产生误差的原因。对于实验中遇到的问题应提出自己的见解,包括对实验方法、教学方法和实验内容提出改进意见或建议。

(4)实验报告应文字精练,内容确切,数据准确可靠,表格清晰,图形规范,书写整洁。

(5)实验报告应按一定的格式书写,实验类型不同,实验报告的格式也不同。

三、普通化学实验的要求

(1)实验课前,要认真预习实验内容,了解实验目的、原理、步骤以及所需仪器、化学药品。并写好预习报告,无预习报告或预习不合格者不允许做实验。

(2)上课应提前 10 min 进入实验室。进入实验室时,必须用学生卡进行刷卡签到,按实验台号就座。不许迟到,如果不按时到课,按缺课处理。病假、事假要有医院或相应部门的证明,才能补做实验,否则本次实验成绩为零分。

(3)进入实验室,要服从安排,遵守纪律。不准喧哗打闹,接打手机,随意更换座位,随意搬动或调换他组的仪器、药品等;不准乱丢纸屑、废物;不做与实验无关的事。

(4)实验前,认真听讲,仔细观察老师演示,进一步明确实验目的、操作要点及注意事项。进一步了解仪器装置的构造、原理、化学药品的性能。不要提前摆弄仪器或做实验。

(5)实验时,应根据实验教材所规定的方法、步骤和试剂用量规范操作,仔细观察实验现象,认真翔实地将实验过程中观察到的现象和测定的数据记录在报告上,不得杜撰原始数据,要按时完成实验。

(6)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。随时注意室内整洁卫生,火柴杆、纸张等废物只能丢入废物缸内,不能随地乱丢,更不能丢入水槽,以免堵塞下水道。

(7)实验结束后要及时清洗仪器并将所有的实验用品归回原位并摆放整齐,清洁实验台面,公用仪器、试剂药品等都整理整齐。举手经指导教师检查,在实验报告上签字后方能

离开实验室。

(8) 实验课结束后由班长安排值日生打扫实验室公共卫生。

(9) 爱护公共财产,节约水电、器材和药品,如因不守纪律、违章操作而损坏仪器设备,浪费器材或药品,要照价赔偿。

(10) 独立完成实验报告。实验报告要按规定格式书写,字迹要工整,叙述要简明扼要,实验记录 and 数据处理应使用表格形式,作图要准确清楚,报告要整齐清洁。

四、化学实验中数据的图表处理、有效数字与误差

1. 实验中数据的图表处理

在处理实验数据时,需要用科学的方法进行归纳和处理,提取有用的信息,合理表达结果。常用的化学实验数据的处理方法有列表法和作图法。

(1) 列表法 列表法是把实验数据按照自变量与因变量一一对应排列成表格,把相应的计算结果填入表格中。此方法应用最为普遍,尤其是原始数据的记录,便于进一步的处理、运算和检查。列表法的优点是同一表内可以表示多个变量间的变化关系,易于参考比较,数据表达一目了然。列表时应注意以下几点:

- ① 表格上方应注明表格的序号及能表达表中数据含义的表名。
- ② 表格中的行首(或列首)中,应该详细写上名称及单位。若表格中列出的仅为数值,行首(或列首)的名称及单位应写成名称符号/单位符号。
- ③ 表格中的数值应用最简单的形式表示,公共的乘方因子应放在栏头注明。
- ④ 表格的间距均匀为最佳,应按递增或递减的顺序排列。
- ⑤ 表格中同一行中的数字要排列整齐,同一列的小数点应对齐,应注意有效数字的位数。
- ⑥ 表格中若存在为零的数据,应当记为“0”;若存在空缺的数据,应在格中记“—”。
- ⑦ 表格还可记录实验方法、现象与反应方程式,如元素性质实验。
- ⑧ 处理方法和运算公式要在表格下方注明。

(2) 作图法 有些实验数据具有一定的变化规律,可用作图法表示出来,更形象直观地揭示各变量之间的关系,从图中可以找出数据的最大或最小值、转折点、斜率、截距、内插值和 extrapolation 等。作图法可以发现和消除一些偶然误差。化学实验数据处理过程分为对实验数据作图和对数据经过计算后作图或作数据点的拟合线。例如:

① 外推法求值 有些不能由实验直接测定的数据,常常可以用作图外推的方法求得。主要是利用测量数据间的线性关系,外推至测量范围之外,求得某一函数的极限值,这种方法称为外推法。在化学反应摩尔焓变的测定实验中,根据实验测定值,绘制出温度-时间($T-t$)变化曲线,然后用外推法求出反应温度的真实变化量 ΔT 的值,才能算出化学反应的摩尔焓变 ΔH 值。

② 求极值或转折点 函数的极大值、极小值或转折点,在图形上表现得很直观。在 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 分裂能的测定实验中,根据实验测定值,绘制出 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的 $A-\lambda$ 曲线,在曲线上找出最大值对应的吸收光波长 $\lambda_{\max}$,最后计算出 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 配离子的分裂能 Δ_0 值。

坐标纸作图的方法:

①坐标纸的选择 根据变量间的关系合理选择坐标纸。如直角毫米坐标纸、对数坐标纸、三角坐标纸和极坐标纸等。

②坐标标度的选择 习惯上以自变量作为横坐标,因变量作为纵坐标。坐标标度选取要适当,可以从图上读出任一点的坐标值,通常应使最小分度所代表的变量值为简单整数,可选用1,2,5,不宜选用3,7,9。从图上读出的各种量的准确度和测量得到的准确度要一致。坐标起点不一定从零开始,也不必非以坐标原点作为标度的起点,如由直线外推法求截距,应以略低于最小测量值的整数作为标度起点。这样可使图形紧凑,布局匀称合理,读数精度也得以提高。

③坐标点的绘制 根据实验测得的数据在坐标纸上绘制点,数据点以■、□、○等符号标注清楚,符号的大小应与测量误差相适应。当在同一张图上作多条曲线时,每条曲线的坐标点应采用不同符号区分,并在图上注明。

④曲线的绘制 用均匀光滑的曲线(或直线)连接坐标点,描绘的曲线应尽可能接近大多数的代表点,各代表点应均匀分布在曲线(或直线)两侧,所有代表点离曲线距离的平方和为最小。如果发现有个别点远离曲线,若分析是过失误差造成的,则绘制曲线时可不考虑这个点。绘制曲线时,可先用铅笔按照各数据点的变化趋势手绘一条曲线,再用曲线尺逐段吻合手描线作出光滑的曲线。曲线作好应在图上注明图名,标明坐标轴代表的物理量。

⑤标注数据及条件 图作好后,要写上图的名称,且在相应坐标轴旁标明所代表的变量的名称及其量纲,以及主要测量条件。

2. 有效数字及运算规则

(1)有效数字 有效数字是指某数据中包括的全部确定的数字和最后一位可疑数字。实验数据的有效数字与测量仪器的精密程度有关联。化学实验中常用的仪器精度见表1-1。

表 1-1 常用仪器的精度

仪器名称	仪器的精度	示例	有效数字位数
托盘天平	0.1 g	12.8 g	3 位
分析天平	0.000 1 g	5.678 9 g	5 位
10 mL 量筒	0.1 mL	8.5 mL	2 位
25 mL 移液管	0.01 mL	25.00 mL	4 位
25 mL 滴定管	0.01 mL	15.67 mL	4 位
50 mL 容量瓶	0.01 mL	50.00 mL	4 位

在测量和数字运算中,正确地记录数据的有效数字的位数是十分重要的,因为这直接关系到实验最终结果的合理性。有时可能会错误地认为小数点后面位数越多,数值就越准确;或在计算结果中保留数据的位数越多,准确度就越高。实际上,记录和计算测量结果都应与测量的误差相适应,测量和计算所表示的数字位数除最后一位数字为可疑数字外,其余各位数都应是准确可靠的。

任何超过或低于仪器精密的数字都是不恰当的,如托盘天平称出某物质的质量为 12.8 g,不能写为 12.80 g;又如分析天平称得的物质的质量恰好为 5.600 0 g,也不能写为 5.6 g,前者夸大了仪器的精确度,而后者降低了仪器的精确度。

对于有效数字的确定,需要注意以下几点:

①对于“0”数字,在数字中的位置不同,“0”的作用也不同。当 0 在数字前面时,只表示小数点的位置,不包括在有效数字的位数中,如 0.05 的有效数字为 1 位而不是 3 位;0 在数字的中间或末端时,包括在有效数字的位数中,如 1.008 为 4 位有效数字。

②对于采用指数表示的数值,“10ⁿ”部分不包括在有效数字中,如 2×10^5 为 1 位有效数字。

③对于采用对数表示的数值,如 pH、lgk 等,有效数字仅由小数部分数字的位数决定,整数部分只起定位作用,如 pH = 6.86 的有效数字为 2 位而不是 3 位有效数字。在对数运算时,对数小数部分的有效数字位数应与相应的真数的有效数字位数相同。

④对于有些不能确定有效数字位数的数字,应该根据实际情况来确定,如 58 000 的有效数字位数不好确定,应根据实际的有效数字要求写成 5.8×10^4 (2 位有效数字), 5.80×10^4 (3 位有效数字), 5.800×10^4 (4 位有效数字)。

⑤对于不需经过测量的数值,如倍数或分数,可认为是无限多位有效数字。

(2)有效数字的运算规则 在处理实验数据时,有效数字的取舍十分重要,它不但有助于避免因过多的计算而引起的错误,又可节约时间,保证运算结果的正确合理性。一般采用“四舍六入五取双”的原则,当尾数 ≤ 4 时舍去,尾数 ≥ 6 时进位,当尾数 = 5 时,若 5 后面跟非零数字时,进位;若正好是 5 或 5 后面跟零时,按取双的原则,5 前面数字是奇数则进位,5 前面是偶数则舍弃。例如 0.335 和 0.865 取两位有效数字时,则分别为 0.34 和 0.86。

① 加减法运算 几个数据的加减法运算中,计算结果的有效数字的位数应与各个加减数值中的小数点后位数最少的相同。以绝对误差最大的数值为准确定有效数字的位数,如

$$\begin{array}{r} 0.678 \\ 21.34 \\ + 8.3456 \\ \hline 30.3636 \end{array}$$

计算结果应为 30.36。

② 乘除法运算 几个数据的乘除法运算中,计算结果的有效数字位数应与各个数值中有效数字的位数最少的相同,而与小数点的位置无关。以相对误差最大的数值为准确定有效数字的位数,如

$$\begin{array}{r} 0.112 \\ \times 21.76 \\ \hline 2.442 \\ \times 1.08 \\ \hline 2.637 \end{array}$$

计算结果应为 2.64。

③ 对数、反对数运算 对数的首数是确定真数中小数点的位置的,所以对数的首数不是有效数字,对数的尾数的有效数字的位数应与相应真数的有效数字的位数相同。例如, 2.00×10^{-2} 为 3 位有效数字,其对数 $\lg 2.00 \times 10^{-2} = -1.699$,尾数部分仍保留 3 位有效数

字,首数-1不是有效数字,而不能计为 $\lg 2.00 \times 10^{-2} = -1.70$ (2位有效数字)。

反对数运算与对数运算一样。例如, $\text{pH} = 10.31$ 为2位有效数字,所以 $[\text{H}^+] = 4.9 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$,有效数字仍为2位,而不能计为 $[\text{H}^+] = 4.898 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ 。

在进行较多数值运算时,可按“四舍六入五取双”原则多保留一位有效数字,最后记录数据时再根据“四舍六入五取双”原则舍去多余的数字,确保运算的准确性。有效数字是测量和运算中的重要概念,掌握有效数字有助于正确记录和表示测量的实验数据,避免运算错误,又能帮助正确地选用物料量和测量仪器。

3. 误差与偏差

在化学实验中,常需要测量各种物理量和参数。在实际测量中,不仅要经过很多的操作步骤,使用各种测量仪器,还要受到操作者本身各种因素的影响,因此不可能得到绝对正确的结果,即测量值和真实值之间或多或少有一些差距,这些差距就是误差。同一个人在相同的条件下,对同一试样进行多次测定,所得结果也不完全相同。了解误差产生的原因,尽量减少误差,才能使测量结果尽量接近客观真实值。

(1) 准确度和误差 准确度是指测定值与真实值之间的偏离程度,两者差值越小,测量结果的准确度越高。准确度常用误差来表示。误差包括绝对误差和相对误差,其表示方法为:

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真实值}$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\%$$

绝对误差与真实值的大小无关,而相对误差表示绝对误差在真实值中所占的百分率,与真实值的大小有关。不同被测量的相对误差可以相互比较。因此,相对误差更能确切反映各种情况下测定结果的准确度。

例如,在标定 NaOH 溶液时,称取邻苯二甲酸氢钾 0.564 3 g,其真实值为 0.564 2 g,则称量的绝对误差为

$$0.564\ 3 - 0.564\ 2 = 0.000\ 1(\text{g})$$

另称一份邻苯二甲酸氢钾 0.056 4 g,其真实值为 0.056 3 g,其称量的绝对误差为

$$0.056\ 4 - 0.056\ 3 = 0.000\ 1(\text{g})$$

两次称量的绝对误差相同,均为 0.000 1 g,但相对误差却不同:

$$\frac{0.000\ 1}{0.564\ 2} \times 100\% = 0.02\%$$

$$\frac{0.000\ 1}{0.056\ 3} \times 100\% = 0.2\%$$

显然,被称量物体的质量越大,相对误差就越小。测量的准确度也就越高。因而用相对误差来反映测量结果的准确度比用绝对误差更为合理。绝对误差和相对误差都有正值和负值,正值表示测量结果偏高,负值表示测量结果偏低。

在实际工作中,真实值往往不能得知,无法说明准确度的高低,因此有时用精密度来说明测量结果的好坏。

(2) 精密度和偏差 精密度是指在相同条件下多次测量结果的一致程度,即再现性(重复性)。精密度可用偏差来表示。偏差越小,说明测量结果的精密度越高。偏差与误差一样,也有绝对偏差和相对偏差之分。

绝对偏差 = 每次测量值 - 平均值

$$\text{相对偏差} = \frac{\text{绝对偏差}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

相对偏差的大小可以正确反映测量结果重现性的好坏,即测量精密度的高低。

由上述分析可知,误差是以真实值为标准;偏差则是以多次测量结果的平均值为标准。因此,误差与偏差、准确度与精密度的含义不同,必须加以区别。但是由于在实际测量时真实值是不知道的(测量的目的就是为了获得真实值),因此处理实际问题时,常常在尽量减小系统误差的前提下,将多次平行测量结果的算术平均值当成真实值,把偏差作为误差。

应该指出,在测量工作中,精密度高的不一定准确度高。我们的要求是,测量值必须是具有高精度的正确值。在有些情况下偶然误差很大,但由于多次测量结果的正、负偏差相对抵消,使算术平均值接近真实值。显然,这种测量结果是不可靠的。因此,评价某一测量结果时,必须将系统误差和随机误差的影响综合考虑,将准确度和精密度统一起来要求,以确保测量结果可靠。

(3) 误差的分类及产生的原因 根据误差的来源和特点,误差一般可分为系统误差和随机误差两大类。

① 系统误差 又称可测误差,是指测定过程中某些固定的原因所造成的误差,它对测量结果的影响比较恒定,会在同一条件下的多次测定中重复出现,使测量结果系统地偏高或偏低。造成系统误差的原因如下:

方法误差 指由测量方法不够完善而引起的误差。如指示剂选择不当等导致实验结果偏高或偏低。

仪器误差 指仪器未经校正而引起的误差。如使用的滴定管、移液管、容量瓶等玻璃器皿未经校正等造成的误差。

试剂误差 指所用的试剂或去离子水含有微量杂质或干扰测定的物质而引起的误差。

个人误差 指操作者本身的主观因素造成的误差。如有的人对某种颜色的辨别特别敏锐或迟钝,读数时眼睛的位置习惯性偏高或偏低等。

② 随机误差 又称偶然误差,是由于测量过程中一些难以控制和预见的因素的随机变动而引起的误差。如测量时的温度、大气压的微小波动,个人一时辨别的差异,在估计最后一位数值时几次读数不一致等。由于引起的误差有随机性,所以误差是可变的,误差的数值有时大些,有时小些;而且有时是正误差,有时是负误差。在各种测量中,随机误差是不可避免的,通常可采用“多次测定,取平均值”的方法来减小随机误差。

③ 过失误差 除了上述两类误差以外,还存在由于操作者工作粗枝大叶、不遵守操作规程等原因而造成的误差。如加错试剂、看错读数、记录出错等。如果确知有过失,则在计算平均值时应剔除该次测量的数据。通常只要操作者加强责任感,对工作认真细致,过失差错是完全可以避免的。

系统误差是测量中误差的主要来源,影响测量结果的准确度。随机误差影响测量结果的精密度。

五、化学实验室意外事故的应急处理

(1) 烫伤 烫伤后切勿用冷水冲洗。如伤处皮肤未破,在伤口处抹烫伤油膏或万花油。如伤处皮肤已破,可涂 10% KMnO_4 溶液润湿伤口再抹烫伤膏。

(2) 割伤 应先挑出伤口中的异物。轻伤可在伤口上涂紫药水,再用消毒纱布包扎;伤口较重,应立即到医院医治。

(3) 受酸腐蚀 先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗,最后再用水冲洗。如溅入眼中,立即先用大量水冲洗,再用 1% 碳酸氢钠溶液冲洗。

(4) 受碱腐蚀 先用大量水冲洗,再用醋酸溶液 (20 g/L) 或硼酸溶液冲洗,最后再用水冲洗。如溅入眼中,可先用硼酸溶液洗,再用大量水冲洗。

(5) 受溴灼伤 伤口一般不易愈合。一旦有溴沾到皮肤上,先用 20% 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液冲洗,再用大量水冲洗,用消毒纱布包扎后就医。

(6) 吸入刺激性或有毒气体 如吸入氯气、氯化氢气体,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,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7) 毒物进入口内 把 5 ~ 10 mL 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,然后送医院诊治。

(8) 触电 立即切断电源,必要时进行人工呼吸并送医院治疗。

(9) 着火 立即停止加热、停止通风,关闭电闸,移走一切可燃物,防止火势蔓延。之后要针对起因,选用合适的方法灭火。一般小火可用湿布、石棉或砂土覆盖燃烧物,即可灭火。火势大时可使用泡沫灭火器。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。有机溶剂(如苯、汽油)或与水能发生剧烈作用的化学药品着火,不能用水灭火,否则会引起更大的火灾,应使用干粉灭火器灭火。

第二章 普通化学实验基本操作

一、普通化学实验常用仪器简介

普通化学实验常用仪器如表 2-1 所示。

表 2-1 普通化学实验常用仪器简介

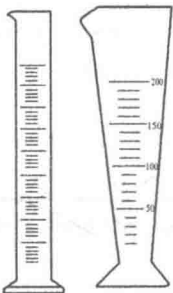
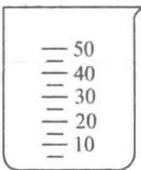
仪器	简介
试管、离心试管 	用作少量试剂的溶解或反应,也可收集少量气体或装配小型气体发生器。分为有刻度和无刻度两种。 1. 反应液体不超过试管容积的一半,加热时不超过三分之一,防止振荡液体溅出或受热溢出。 2. 加热前试管外面要擦干,防止有水滴附着受热不均,使试管破裂;加热时应用试管夹夹持,以免烫手。 3. 加热液体时,管口不要对人,并将试管倾斜与桌面成 45°,同时不断振荡,火焰上端不能超过管里液面。 4. 加热固体时管口略向下倾斜以增大受热面,避免管口冷凝水流回灼热管底而引起破裂。 5. 硬质试管可以加热至高温,但不宜骤冷,软质试管在温度急剧变化时极易破裂。 6. 一般大试管直接加热,小试管用水浴加热。
量筒、量杯 	主要用于量取浓度和体积要求不很准确的溶液(精确度 $\geq 0.1 \text{ mL}$),读数时视线要与量筒或量杯内溶液凹面最低处保持水平。 1. 不能用量筒或量杯配制溶液或进行化学反应。 2. 不能加热,也不能盛装热溶液。 3. 室温下量液,否则液体热膨胀造成实验误差。 4. 读数视线应与液体凹液面的最低点水平相切。
烧杯 	主要用于配制溶液,煮沸、蒸发、浓缩溶液;实际用量较多的、加热或不加热反应的容器,尤其在反应物较多时用,易混合均匀;向其他容器中转移液体的容器;简易水浴的盛水器。 1. 加热时垫石棉网,也可选用水浴、油浴或砂浴等加热方式,一般不直接加热,直接加热时外部要干,不能有水珠,以防炸裂。 2. 加热液体时液体量不超过容积的一半;反应时液体不超过三分之二。 3. 加热腐蚀性液体时应加盖表面皿;溶解时要用玻璃棒轻轻搅拌。 4. 搅拌时玻璃棒不可触及杯壁和杯底。

表 2-1(续 1)

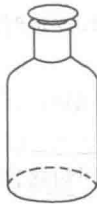
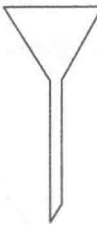
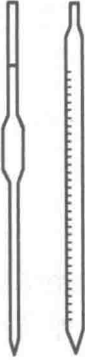
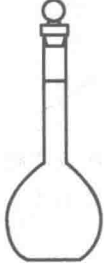
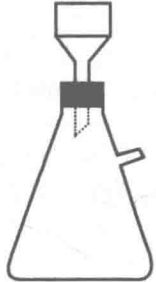
仪器	简介
滴瓶 	盛放少量液体试剂的容器。由滴管和滴瓶组成。滴管与滴瓶配套使用,不可调换。有无色和棕色两种。 1. 滴瓶口为磨口,不能存放碱液。 2. 需避光保存的溶液应盛放在棕色瓶内。 3. 酸或其他能腐蚀胶头液体不宜长期盛放在瓶内。 4. 取液时提起滴管,捏紧胶头排气或排液,再插入液面下吸取液体。滴加试剂时,切勿接触容器,防止污染药品。 5. 用毕立即插回原滴瓶。
试剂瓶 	磨口并配有玻璃塞。分为无色和棕色两种,用作存放试剂。广口瓶用于盛放固体试剂(粉末或碎块状);细口瓶用于盛放液体试剂。 1. 不能直接加热。 2. 不能用于配制溶液,也不能用作反应器。 3. 取用试剂时,瓶盖应倒放在桌上,不能弄脏、弄乱。 4. 有磨口塞的试剂瓶不用时应洗净,并在磨口处垫上纸条。 5. 盛放碱液用橡皮塞,防止瓶塞被腐蚀粘牢。 6. 棕色瓶盛放见光易分解或不太稳定的物质的溶液或液体。
漏斗 	主要用于过滤操作和向小口径容器里倾注液体,还用于装配易溶于水的气体吸收装置。粗颈漏斗用于转移固体。有短颈、长颈、粗颈、无颈等几种。 1. 不能用火直接加热,防止破裂。 2. 过滤时应“一贴二低三靠”。 3. 长颈漏斗做加液时斗颈应插入液面内。
表面皿 	主要用于盖在蒸发皿、烧杯等容器上,以免溶液溅出或灰尘落入。可作为称量试剂的容器,也可用于试纸的检验。 1. 不能用火直接加热。 2. 作盖用时,其直径应比被盖容器略大。 3. 用于称量时应洗净烘干。 4. 用于试纸检验时要下衬白纸。

表 2-1(续 2)

仪器	简介
移液管、吸量管 	常量移液管有胖肚移液管和刻度吸量管。胖肚移液管用于准确地移取一定量的液体；刻度吸量管用于准确地移取各种不同量的液体。使用时，洗净的移液管要用吸取液洗涤三次，放液时应使液体自然流出，流完后保持移液管垂直，容器倾斜 45°，停靠 15 s，移液管上无“吹”字样时残留于管尖的液体不必吹出，但移液管上有“吹”字样时，需将残留于管尖的液体吹出。 1. 用少量待移液润洗三次。 2. 垂直吸液超过刻度，用食指按住管口，轻转放气，液面降至刻度，食指按住管口，移至容器内。 3. 残留液最后一滴，不吹出（完全流出式应吹出）。 4. 用后清洗，置于移液管架上。 5. 不能放在烘箱中烘干，不能加热。 6. 读取刻度方法同量筒。
容量瓶 	主要用于配制浓度体积要求准确的溶液或做溶液的定量稀释。 1. 容量瓶与瓶塞应配套，用前检查是否漏水，配制或稀释溶液应在溶液接近标线时，用滴管滴加液，不能久贮溶液。 2. 溶质先在烧杯内全部溶解，然后移入容量瓶。 3. 不能加热，不能在烘箱内烘干。 4. 读取刻度的方法同量筒。 5. 用后瓶塞与瓶口处垫纸条，以免瓶口与瓶塞粘连。
吸滤瓶、布氏漏斗 	两者配套使用。用于无机或有机制备中晶体或粗颗粒沉淀的减压过滤。吸滤瓶属于厚壁容器，能耐负压，抽滤时接收滤液。 1. 滤纸略小于漏斗内径，且盖住孔洞。 2. 先抽气再过滤。滤毕，先拆抽气管，再关上循环水真空泵，以防倒吸。 3. 不能用火直接加热。 4. 漏斗大小与过滤的沉淀或晶体量适配。
研钵 	主要用于粉碎硬度不太大的固体物质，使之成为粉末状，也可用来拌匀粉末状固态反应物质。有玻璃、白瓷、玛瑙或铁制研钵。 1. 与杵配合使用，按要求而选取不同材质研钵。 2. 不能加热，研磨时不能用力过猛或锤击。 3. 若制混合物粉末，各组分分别研磨后混合。 4. 不能作反应容器。