



同济大学本科教材出版基金资助

供临床医学、口腔医学、生命科学等专业使用

基础化学实验

主 编 许 兵 副主编 石 硕 乌东北 史培培



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



同济大学本科教材出版基金资助

供临床医学、口腔医学、生命科学等专业使用

基础化学实验

主 编 许 兵 副主编 石 硕 乌东北 史培培



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

“基础化学实验”是一门与“基础化学”课程相配套的实验课程,是高等学校临床医学、口腔医学及生命科学等相关专业学生必修的一门基础实验课程。本书依据《基础化学实验大纲》的要求编写而成。书中内容取自部分经典实验内容,并且综合部分高等医学院校基础化学实验讲义,经全面修改、补充、整理而成,全书分为化学实验基础知识、基本操作实验、基本原理实验和综合性实验共4章。

本书可供临床医学、口腔医学及生命科学等相关专业作实验基础课教材,也可供专业人员和广大教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/许兵主编. --上海:同济大学出版社,
2016.4

ISBN 978-7-5608-6282-8

I. ①基… II. ①许… 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(2016)第 069559 号

基础化学实验

主编 许 兵 副主编 石 硕 乌东北 史培培

责任编辑 张 莉 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 8.75

印 数 1—1 500

字 数 175 000

版 次 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6282-8

定 价 20.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

FOREWORD

“基础化学实验”是一门与“基础化学”课程相配套的实验课程,是高等学校临床医学、口腔医学及生命科学等相关专业学生必修的一门基础实验课程。本教程的编写是在使用多年的基础化学实验讲义的基础上,依据基础化学实验大纲的要求编写而成。书中内容取自部分经典实验内容,并且综合部分高等医学院校基础化学实验讲义,经全面修改、补充、整理而成,全书分为化学实验基础知识、基本操作实验、基础原理实验、综合性实验和设计性实验五大部分。

《基础化学实验》教材的正式出版,可使“基础化学实验”课程更加规范化和系统化,有利于学生通过实验的训练,学习并掌握化学实验的基本操作技能和方法,培养严谨的科学作风、良好的实验素养以及理论联系实际、观察、分析、解决问题的能力,使学生具备实事求是的科学态度,整洁、细致的实验习惯,为今后的科学研究打下坚实的基础。

此书编写过程中得到石硕和乌东北老师的大力支持,史培培在此书的形成过程中贡献了很多时间和精力,在此一并表示感谢!由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中定有不妥之处,恳求读者批评指正。

许 兵

2015 年 12 月于同济

目 录

前 言

第一章 化学实验基础知识	1
第二章 基本操作实验	37
实验一 粗食盐的提纯和检验	37
实验二 硝酸钾的制备与提纯	41
实验三 溶液的配制	45
实验四 酸、碱标准溶液的配制和标定	48
第三章 基础原理实验	52
实验五 沉淀溶解平衡	52
实验六 高锰酸钾法	55
实验七 醋酸电离常数的测定及弱酸-强碱的滴定曲线	59
实验八 水的总硬度测定	62
实验九 分光光度法测水中微量铁	65
实验十 配合物的形成与性质	68
实验十一 化学反应速率(一)	72
实验十二 化学反应速率(二)	76
实验十三 胶体的制备及性质	81
实验十四 银氨配离子配位数的测定	84
实验十五 化学反应热效应的测定	87
实验十六 凝固点降低法测定葡萄糖的摩尔质量	89

实验十七	缓冲溶液的配制与性质	92
实验十八	自来水中氯离子含量的测定	96
实验十九	金属的本性、浓度对氧化还原反应速度的 影响(铅树)	98
实验二十	过氧化氢分解速率常数和活化能的测定	102
实验二十一	尿素中含氮量的测定	106
实验二十二	色层分析	109
第四章	综合性实验	116
实验二十三	胃舒平药片中铝和镁的测定	116
实验二十四	硫代硫酸钠的标定和维生素 C 片中 维生素 C 含量的测定	120
实验二十五	混合碱的分析与测定	123
实验二十六	茶叶中微量金属元素的分离鉴定	127
第五章	设计性实验	130
实验二十七	植物体中某些元素的分离与鉴定	130
实验二十八	鸡蛋壳中钙、镁含量的测定	132

第一章

化学实验基础知识

一、基础化学实验的教学目的

基础化学实验是一门实践性基础课程,是医学、药学、生物、化学等相关专业大学生的第一门实验必修课。本课程的主要任务是加强学生化学基础理论、基本知识和基本技能的训练,为学生学习后继课程奠定必要的化学实验基础,也为学生毕业后从事专业工作及进行科学研究提供更多的分析问题和解决问题的思路和方法。

基础化学实验的研究对象可概括为:以实验为手段来了解基础化学中的重要原理、元素及其化合物的性质、无机化合物的制备、分离纯化及分析鉴定等。通过基础化学实验课,学生应受到以下训练:

(1) 使课堂中讲授的重要理论和概念得到验证、巩固和充实,并适当地扩大知识面。化学实验不仅能使理论知识具体化、形象化,还能说明这些理论和规律在应用时的条件、范围和方法,较全面地反映化学研究的复杂性和多样性。

(2) 培养学生掌握正确的实验操作技能。具有正确规范的操作,才能保证获得准确的数据和结果,从而才能得出正确的结论。因此,化学实验中基本操作的训练具有极其重要的意义。

(3) 培养学生独立思考和独立工作的能力。学生通过细致观察和分析实验现象、认真处理实验数据,可以提高科研素养以及正确运用基础理论知识处理具体问题的能力。

(4) 培养学生科学的工作态度和习惯。科学的工作态度是指实事求是的作风,能忠于所观察到的客观现象。当发现实验现象与理论不符时,应及时

检查操作是否正确或所涉及的理论运用是否合适等。科学工作习惯是指操作正确、观察细致、安排合理等,这些都是做好实验研究工作必备的重要素质。

二、基础化学实验课的学习方法

基础化学实验是在教师的正确引导下由学生独立完成的,因此实验效果的优劣与正确的学习态度和学习方法密切相关。对于基础化学实验的学习,应抓住以下三个重要环节。

1. 预习

实验前预习是必要的准备工作,是做好实验的前提。这个环节必须引起学生足够重视,如果学生不预习,对实验的目的、要求和内容不清楚,是不允许进行实验的。实验前任课教师要检查每个学生的预习情况。查看学生的预习笔记,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。

实验预习要求学生认真阅读实验教材及相关参考资料,明确实验目的、理解实验原理、熟悉实验内容、掌握实验方法、切记实验中有关的注意事项,在此基础上简明、扼要地写出预习报告;预习报告应包括简要的实验目的、实验原理、实验步骤与操作、测量数据记录的表格、定量实验的计算公式等,而且要留有记录实验现象和测量数据充足的位置。

实验开始前按时到达实验室,专心听指导教师的讲解,迟到 15 分钟以上者禁止进行此次实验。

2. 操作

实验操作是实验课的主要内容,必须认真、独立地完成。在实验操作过程中,必须做到以下几点:

(1) “看”:仔细观察实验现象,包括气体的产生、沉淀的生成、颜色的变化及温度、压力、流量等参数的变化等。

(2) “想”:开动脑筋仔细研究实验中产生的现象,分析、解决问题,对感性认识做出理性分析,找出正确的实验方法,逐步提高思维能力。

(3) “做”:带着思考的结果动手进行实验,从而学会实验基本方法与操作技能,培养动手能力。

(4) “记”:善于及时记录实验现象与数据,养成把数据准确、及时记录下来的良好实验习惯。

(5) “论”:善于对实验中产生的现象进行理性讨论,提倡学生之间或师生之间的讨论,提高每次实验的效率及认知的深度。

另外,实验中自觉养成良好的科学习惯,遵守实验室规则,实验过程中始终保持桌面布局合理,环境整洁。

3. 实验报告

实验结束后,认真概括和总结本次实验,写好实验报告。

一份合格的实验报告应包括以下几方面内容:

(1) 实验名称、日期。

(2) 实验目的:写明对本实验的要求。

(3) 实验原理:简述实验的基本原理及反应的化学方程式。

(4) 实验仪器与试剂:本实验所用到的仪器和试剂。

(5) 实验内容:实验内容使学生实际操作的简述,尽量用表格、箭头、框图或符号等形式简洁明了地表达实验进行的过程,避免完全照抄课本。

(6) 实验现象和数据记录:实验现象要表达正确,数据记录要完整,绝对不允许主观臆造、抄袭他人的数据,若发现主观臆造或抄袭者严加查处。

(7) 解释结论或数据处理:对现象加以明确地解释,写出主要反应的化学方程式,分标题小结或者最后得出结论,数据计算要表达清晰,有效数字要规范。

(8) 问题讨论:针对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解。定量实验应分析误差产生的原因。也可以对实验方法、实验内容提出意见或建议。

每次实验报告应在下次实验前连同实验原始记录一起交给老师。

三、化学实验室安全知识

化学实验室是学习、研究化学问题的重要场所。在实验室中,经常接触到各种化学药品和各种仪器。实验室常常潜藏着诸如发生爆炸、着火、中毒、灼伤、割伤、触电等事故的危險。因此,实验者必须特别重视实验室安全。

1. 基础化学实验守则

(1) 实验前认真预习,明确实验目的,了解实验原理,熟悉实验内容、方法和步骤。

(2) 严格遵守实验室的规章制度,听从教师的指导,实验中要保持安静、

有条不紊。保持实验室的整洁。

(3) 实验中要规范操作,仔细观察,认真思考,如实记录。

(4) 爱护仪器,节约水、电、煤气和试剂。精密仪器使用后要在登记本上记录使用情况,并经教师检查认可。

(5) 凡涉及有毒气体的实验,都应在通风橱中进行。

(6) 废纸、火柴梗、碎玻璃和各种废液倒入废物桶或其他规定的回收容器中。

(7) 损坏仪器应填写仪器破损单,并按规定进行赔偿。

(8) 发生意外事故应保持镇静,立即报告教师,及时处理。

(9) 实验完毕,整理好仪器、药品和台面,清扫实验室,关好煤气、门、窗。

(10) 根据原始记录,独立完成实验报告。

2. 危险品的使用

(1) 浓酸和浓碱具有强腐蚀性,不要把它们洒在皮肤或衣物上。废液应倒入废液缸中,但不要酸碱混合,以免酸碱中和产生大量的热而发生危险。

(2) 强氧化剂(如高氯酸、氯酸钾等)及其混合物(氯酸钾与红磷、碳、硫等的混合物)不能研磨或撞击,否则易发生爆炸。

(3) 银氨溶液放久后会变成氮化银而引起爆炸,因此用剩的银氨溶液应及时处理。

(4) 活泼金属钾、钠等不要与水接触或暴露在空气中,应将它们保存在煤油中,用镊子取用。

(5) 白磷有剧毒,并能灼伤皮肤,切勿与人体接触。白磷在空气中易自燃,应保存在水中。取用时,应在水下进行切割,用镊子夹取。

(6) 氢气与空气的混合物遇火能发生爆炸,因此产生氢气的装置要远离明火。点燃氢气前,必须先检查氢气的纯度。进行产生大量氢气的实验时,应把废气通至室外,并注意室内的通风。

(7) 有机溶剂(乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时一定要远离明火。用后要把瓶塞塞紧,放在阴凉的地方,最好放入沙桶内。

(8) 进行能产生有毒气体(如氟化氢、硫化氢、氯气、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、溴等)的反应时,加热盐酸、硝酸和硫磺时,均应在通风橱中进行。

(9) 汞易挥发,在人体内会积累起来,引起慢性中毒。可溶性汞盐、铬的

化合物、氰化物、砷盐、镉盐和钡盐都有毒,不得进入口内或接触伤口,其废液也不能倒入下水道,应统一回收处理。为了减少汞液面的蒸发,可在汞液面上覆盖化学液体:甘油的效果最好,5% Na_2S 溶液次之,水的效果最差。对于溅落的汞应尽量用毛刷蘸水收集起来,直径大于 1 mm 的汞颗粒可用吸气球或真空泵抽吸的捡汞器收集起来。撒落过汞的地方可以撒上多硫化钙、硫磺粉、漂白粉或喷洒药品使汞生成不挥发的难溶盐,并要扫除干净。

3. 化学中毒和化学灼伤事故的预防

(1) 保护好眼睛。防止眼睛受刺激性气体的熏染,防止任何化学药品特别是强酸强碱以及玻璃屑等异物进入眼内。

(2) 禁止用手直接取任何化学药品。使用有毒药品时,除用药匙、量器外,必须佩戴橡胶手套,实验后马上清洗仪器用具,并立即用肥皂洗手。

(3) 尽量避免吸入任何药品和溶剂的蒸气。处理具有刺激性、恶臭和有毒的化学药品时,如 H_2S , NO_2 , Cl_2 , Br_2 , CO , SO_2 , HCl , HF , 浓硝酸,发烟硫酸,浓盐酸,乙酰氯等,必须在通风橱进行。通风橱开启后,不要把头伸入橱内,并保持实验室通风良好。

(4) 严禁在酸性介质中使用氰化物。

(5) 用移液管、吸量管移取浓酸、浓碱、有毒液体时,禁止用口吸取,应该用吸耳球吸取。严禁冒险品尝药品试剂,不得用鼻子直接嗅气体,而是用手向鼻孔扇入少量气体。

(6) 实验室内禁止吸烟、进食,禁止穿拖鞋。

4. 一般伤害的救护

(1) 割伤:可用消毒棉棒把伤口清理干净,若有玻璃碎片需小心挑出,然后涂上紫药水等抗菌药物消炎并包扎。

(2) 烫伤:一旦被火焰、蒸汽、红热的玻璃或铁器等烫伤时,立即将伤处用大量水冲洗,以迅速降温避免深度烧伤。若起水泡,不宜挑破,用纱布包扎后送医院治疗;对轻微烫伤,可用浓高锰酸钾溶液润湿伤口至皮肤变为棕色,然后涂上烫伤膏。

(3) 受酸腐蚀:先用大量水冲洗,以免深度烧伤,再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗。如果酸溅入眼内也用此法,只是碳酸氢钠溶液改用 1% 的浓度,禁用稀氨水。

(4) 受碱腐蚀:先用大量水冲洗,再用醋酸(20 g/L)洗,最后再用水冲洗。如果碱溅入眼内,可用硼酸溶液洗,再用水洗。

(5) 受溴灼伤:这是很危险的。被溴灼伤后的伤口一般不宜愈合,必须严加防范。凡用溴时都必须预先配制好适量的 20% 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液备用。一旦由溴沾到皮肤上,立即用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液冲洗,再用大量的水冲洗干净,包上消毒纱布后就医。

(6) 白磷灼伤:用 1% 的硝酸银溶液、1% 的硫酸铜溶液或浓高锰酸钾溶液洗后进行包扎。

(7) 吸入刺激性气体:可吸入少量酒精和乙醚的混合气体,然后到室外呼吸新鲜空气。

(8) 毒物进入口内:把 5~10 mL 的稀硫酸铜溶液加入一杯温水中,内服后用手伸入咽喉促使呕吐,吐出毒物,再送医院治疗。

5. 灭火常识

实验室内万一着火,要根据起火的原因和火场周围的情况来处理,一般应立即采取以下措施:

(1) 防止火势扩展:停止加热,停止通风,关闭电闸,移走一切可燃物。

(2) 扑灭火源:一般的小火可用湿布、石棉布或沙土掩盖在着火的物体上;能与水发生剧烈作用的化学药品(如金属钠)或比水轻的有机溶剂着火,不能用水扑救,否则会引起更大的火灾,应使用合适的灭火器扑灭。

6. 实验室急救药箱

为了对实验室内意外事故进行紧急处理,每个实验室应配备一个急救药箱,药箱内可准备下列药品(表 1-1)。

表 1-1 实验室急救药箱

紫药水	碳酸氢钠溶液(饱和)	硼酸溶液(饱和)
灌油或烫伤膏	醋酸溶液(2%)	氨水(5%)
碘酒(3%)	硫酸铜溶液(5%)	高锰酸钾晶体(需要时再配成溶液)
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	

四、实验室三废的处理

根据绿色化学的基本原则,化学实验室应尽可能选择对环境无毒害的实验项目。对确实无法避免的实验项目排放出废气、废液和废渣(这些废弃物又称“三废”),如果对其不加处理而任意排放,不仅污染周围空气、水源和环境,造成公害,而且三废中的有用或贵重的成分未能回收,在经济上也是个损失。因此化学实验室三废的处理问题就是一个很重要而又有意义的问题了。

化学实验室的环境保护应该规范化、制度化,应对每次实验产生的废气、废液和废渣进行处理。教师和学生应按照国家要求的排放标准进行处理。把用过的酸类、碱类、盐类等各种废液、废渣,分别倒入各自的回收容器内,再根据各类废弃物的特性,分别采取中和、吸收、燃烧、回收循环利用等方法来进行处理。

1. 废气

实验室中凡可能产生有害废气的操作都应在有通风装置的条件下进行,如加热酸、碱溶液及产生少量有毒气体的实验等。汞的操作室必须有良好的全室通风装置,其抽风口通常在墙的下部。实验室若排放毒性大且较多的气体,可参考工业上废气处理的办法,在排放废气之前,采用吸附、吸收、氧化、分解等方法进行预处理。

2. 废液

(1) 化学实验室产生的废弃物很多,但以废溶液为主。实验室产生的废溶液种类繁多且组成变化大。应根据溶液的性质分别处理。废酸液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤,滤液加碱中和,调 pH 至 6~8 后就可排出,少量滤渣可埋于地下。

(2) 废铬酸洗液可用高锰酸钾氧化法使其再生后使用。少量的废铬酸洗液可加废碱液或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀,将沉淀埋于地下即可。

(3) 氰化物是剧毒物质,少量的含氰废液可先加 NaOH 调至 $\text{pH} > 10$,再加入几克高锰酸钾使氰化物氧化分解。

(4) 含汞盐的废液先调 pH 至 8~10,然后加入过量的 Na_2S ,使其生产 HgS 沉淀,并加 FeSO_4 与过量 S^{2-} 生成 FeS 沉淀,从而吸附 HgS 共沉淀下来并离心分离,清液含汞量降到 0.02 mg/L 以下,可排放。少量残渣可埋于地

下,大量残渣可用焙烧法回收汞,但注意一定要在通风橱中进行。

(5) 含重金属离子的废液,最有效和最经济的方法是加碱或加 Na_2S 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,过滤后,残渣可埋于地下。

3. 废渣

实验室产生的有害固体废渣虽然不多,但决不能将其与生活垃圾混倒。固体废弃物经回收、提取有用物质后,方可对其做最终的安全处理。

(1) 化学稳定。对少量高危险性物质(如放射性废弃物等),可将其通过物理或化学的方法进行(玻璃、水泥、岩石的)固化,再进行深地填埋。

(2) 土地填埋。这是许多国家作为固体废弃物最终处置的主要方法。要求被填埋的废弃物应是惰性物质或能经微生物分解成为无害物质。填埋场地应远离水场,场地底土不透水、不能穿入地下水层。填埋场地可改建为公园或草地。因此,这是一项综合性的环保工程技术。

五、实验误差与数据处理

1. 误差

化学是一门实验科学,常常要进行许多定量测定,然后由实验测得的数据经过计算得到分析结果。结果的准确与否是一个很重要的问题,不准确的分析结果往往导致错误的结论。在任何一种测量中,无论所用仪器多么精密,测量方法多么完善,测量过程多么精细,测量结果总是不可避免地带有误差。测量过程中,即使是技术非常娴熟的人,用同一种方法,对同一试样进行多次测量,也不可能得到完全一致的结果。这就是说,绝对准确是没有的,误差是客观存在的。实验时应根据实际情况正确测量、记录并处理实验数据,使分析结果达到一定的准确度。

在实验测定中,导致误差产生的原因有许多。根据其性质的不同,可以分为系统误差、偶然误差和过失误差三大类。

(1) 系统误差

系统误差是由分析时某些固定的原因造成的。在同一条件下重复测定时,它会重复出现,其大小和正负往往可以通过实验测定,加以校正。因此,系统误差又称可测误差。系统误差产生的原因主要有以下几种:

① 方法误差。由于分析方法本身不够完善而引起的误差。例如,滴定分

析反应进行不完全、有干扰物质存在、滴定终点与化学计量点不一致以及有其他反应发生,都会产生方法误差。

② 仪器或试剂误差。由于测定时所用仪器不够准确而引起的误差称为仪器误差。例如,分析天平砝码生锈或质量不准确,容量器具和仪器刻度不准确等,都会产生此种误差。测定时,所用试剂或蒸馏水中含有微量杂质或干扰物质而引起的误差称为试剂误差。

③ 操作误差。在正常情况下由于主观因素造成的误差。例如,滴定管的读数偏高或偏低,操作者对颜色的敏感程度不同造成辨别滴定终点颜色偏深或偏浅等。

(2) 偶然误差

偶然误差又称随机误差,是由一些难以预料的偶然外因引起的,如分析测定中环境的温度、湿度、气压的微小变动以及电压和仪器性能的微小改变等都会引起数据测定的波动而产生随机误差。它的数值的大小、正负都难以控制,但服从统计规律,即大随机误差出现的概率小,小随机误差出现的概率大,绝对值相同的正、负随机误差出现的概率大体相等,它们之间常能相互完全或部分抵消。所以,随机误差不能通过校正的方法来减小或消除,但可通过增加平行测定次数来减小测量结果的随机误差。在消除系统误差的前提下,用多次测定结果的平均值代替真实值,就保证了结果的准确。

(3) 过失误差

过失误差是由于分析人员的粗心大意、不按规程操作而产生的误差,如看错砝码、读错刻度、加错试剂,以及记录和计算出错等。这类误差一般无规律可循,只有认真仔细、严谨工作、加强责任心、提高操作水平,才可避免过失误差。在分析过程中,遇到这类明显错误的测定数据应坚决弃去。

2. 准确度与精密度

绝对准确的实验结果是无法得到的。准确度表示实验结果与真实值接近的程度。精密度表示在相同条件下,对同一样品平行测定几次,几次的分析结果相互接近的程度。如果几次测定结果数值比较接近,说明测定结果的精密度高。

精密度高不一定准确度高。例如甲、乙、丙三人,同时分析测定一瓶盐酸溶液的浓度(应为 0.1108),测定 3 次的结果如下:

甲:	$\begin{cases} 0.1122 \\ 0.1121 \\ 0.1123 \end{cases}$	乙:	$\begin{cases} 0.1121 \\ 0.1100 \\ 0.1142 \end{cases}$	丙:	$\begin{cases} 0.1106 \\ 0.1107 \\ 0.1105 \end{cases}$
			↑ ↓		
平均值:	0.1122		0.1121		0.1106
真实值:	0.1108		0.1108		0.1108
差 值:	0.0014		0.0013		0.0002
	精密度好		精密度差		精密度好
	准确度差		准确度差		准确度好

从上例可以看出,精密度高不一定准确度高,而准确度高一定要精密度高,否则,测得的数据相差很多,根本不可信。这样的结果无法讨论准确度。

由于实际上真实值不知道,通常是进行多次平行分析,求得其算术平均值,以此作为真实值,或者以公认的手册上的数据作为真实值。

准确度的高低用误差(E)表示:

$$E = \text{测定值} - \text{真实值}$$

当测定值大于真实值,误差为正值,表示测定结果偏高;反之,为负值,表示测定结果偏低。

误差可用绝对误差和相对误差来表示。绝对误差表示测定值与真实值之差,相对误差是指误差在真实值中所占的百分率。例如,上述丙测定盐酸的误差为

$$\text{绝对误差} = 0.1106 - 0.1108 = -0.0002$$

$$\text{相对误差} = (-0.0002)/0.1108 = -0.2\%$$

偏差用来衡量所得分析结果的精密度。单次测定结果的偏差(d)用该法测定值(x)与其算术平均值($\bar{x}$)之间的差来表示,也分为绝对偏差和相对偏差:

$$\text{绝对偏差 } d = x - \bar{x}$$

$$\text{相对偏差} = \frac{d}{\bar{x}} \times 100\%$$

为了说明分析结果的精密度,可用平均偏差 $\bar{d}$ 和相对平均偏差表示:

$$\bar{d} = \frac{|d_1| + |d_2| + \cdots + |d_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$\text{相对平均偏差} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

d_i 称为 i 次测量值的偏差 ($d_i = x_i - \bar{x}$, $i = 1, 2, \cdots, n$)。

用数理统计方法处理数据时,常用标准偏差 S 和相对标准偏差 S_r 来衡量精密密度:

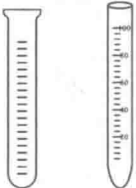
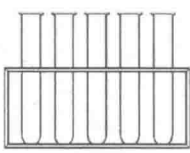
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}}$$

$$S_r = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

六、化学实验常用仪器及应用范围

化学实验常用仪器及应用范围如表 1-2 所示。

表 1-2 化学实验常用仪器及应用范围

名称	规格	应用范围	注意事项
 试管 离心试管  试管架	分硬质试管、软质试管、普通试管、离心试管几种。 普通试管以“管口外径×长度”(mm)表示,离心试管以其容积(mL)表示	用作少量试液的反应容器,便于操作和观察。 离心试管还可用于沉淀分析中的分离	(1) 加热后不能骤冷,以防试管破裂。 (2) 盛试液不超过试管的 $1/3 \sim 1/2$ 。 (3) 加热时用试管夹夹持,管口不要对人,且要求不断移动试管,使其受热均匀。 (4) 小试管一般用水浴加热
 烧杯	以容积表示,如 1000 mL, 500 mL, 250 mL, 100 mL, 50 mL, 25 mL	反应容器。 反应物较多时使用,亦可配制溶液、溶样等	(1) 可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于激烈。 (2) 加热时底部垫石棉网,使其受热均匀,一般不可烧干