

贾素云 主编

基础化学实验

(上册)



兵器工业出版社

基础化学实验

上册

贾素云 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是根据工科化学实验的教学基本要求,并结合多年实验教学改革成果编撰成的一本基础化学实验教材。

全书分上、下两册,按“单元教学法”的教学模式,将实验内容进行了优化整合。上册以无机物的制备与物质的组成、含量分析为主;下册则以有机物的合成、表征和物性常数的测定为主。全书共收录了训练性实验76个,选做实验18个,并为设计性实验提供了有关的参考课题。本书在编写过程中,注意了对学生创新精神和科研能力的培养,也注意了博采众长和化学学科发展的前瞻性。

本书可作为化学、化工、材料以及环境工程等专业的本科生教材,也可作为从事同领域科学研究人员的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/贾素云主编. —北京:兵器工业出版社,2005.4

ISBN 7-80172-417-8

I. 基... I. 贾... II. 化学实验 IV. 06-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第032133号

出版发行:兵器工业出版社

发行电话:010-68962596,68962591

邮 编:100089

社 址:北京市海淀区车道沟10号

经 销:各地新华书店

印 刷:中北大学印刷厂

版 次:2005年6月第1版第1次印刷

印 数:1~2050

责任编辑:莫丽珠

封面设计:徐洪云 底晓娟

责任校对:全 静

责任印制:魏丽华

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.75

字 数:337千字

定 价:18.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

《基础化学实验》编委会

主 编 贾素云

副 主 编 高艳阳 李巧玲 杨云峰

编 委	卫芝贤	崔子文	高建峰	贾素云
	高艳阳	李巧玲	杨云峰	贺增弟
	郝红英	安富强	陈志萍	李延斌

前 言

当代化学学科的发展突飞猛进,学科之间的交叉与渗透,研究领域的拓宽与应用周期的缩短,都要求高校培养出的学生具有较强的动手、动脑的综合素质及与这个时代相适应的创新精神和应变能力。

化学实验教育既是传授知识与技能、训练科学思维、提高创新能力、全面实施化学素质教育的有效形式,又是建立与发展化学理论的“基石”与“试金石”。近几十年的化学发展,尽管其理论起了十分重要的作用,但还是可说“没有实验就没有化学”。传统的化学实验课是按着无机化学、有机化学、物理化学与分析化学依次开设的。这种安排方法对于化学学科和教育的发展起过重要的作用。但随着知识快速更新、科学技术交叉发展,实验与理论已发展到并重的地步,以验证化学理论为主的传统化学实验体系与内容已不适应要求,必须进行改革,建立以提高学生创新精神和实践能力为主的新体系与新内容。

中北大学化工系基础化学教研室的教师们,在综合分析了化学实验教育在化工类学生培养计划中的作用后,本着“以物理化学为主导、以无机制备与有机合成为主线,辅以化合物的组成、含量及结构的表征和物性常数测定”的指导思想,对原四大基础化学实验进行优化与整合。根据学生掌握知识循序渐进的原则,按着“单元教学法”的模式,将实验内容按“基本操作训练”、“综合训练”和“设计性实验”三个教学单元进行重组与编排,剔除了重复内容,突出了对学生“三基”(基本理论、基本操作、基本技能)能力培养与训练的特点,使选材更贴近科研与生产实践,并力求体现“绿色”化学的教育思想。

全书分为上、下两册,共有七章。上册主要是以无机制备与物质的组成、含量分析为主;下册则以有机合成、表征和物性常数的测定为主。

鉴于四大化学理论课尚未整合,本书在编写过程中也注意保留了实验内容的相对独立性。

全书由贾素云、高艳阳、李巧玲、杨云峰、卫芝贤、崔子文、高建峰、安富强主要参编;贺增弟、郝红英、徐春彦、徐立、黄平、陈志萍、李延斌也参加了部分内容的编写、资料收集与实验工作,全书由贾素云教授统编。高保娇教授担任全书的主审工作,朱福田副教授也承担部分内容的审查,对书稿提出宝贵的意见与建议,特此致谢。

本书的出版,是我校基础化学实验室全体教师多年教学工作,尤其是教学改革的经验总结,是集体劳动汗水与心血的结晶。在此向全体参与实验教学改革工作的教师以及支持该项工作的各级领导和广大师生表示深切的谢意。

由于水平有限,经验不足,本书难免存在诸多不足之处,敬请读者指正。

编 者

2005年3月

学生实验守则

一、学生必须在规定时间内参加实验,不得迟到,迟到10分钟以内给予批评教育,10分钟以上者,取消本次实验资格。累计三次迟到者,记“实验成绩不及格”,不能参加该课程考试。

二、学生在进行实验之前,必须作好预习,熟悉实验指导书规定的本次实验内容;进入实验室后,要听从指导教师的指挥,严格按照各种仪器设备操作规程、使用方法和注意事项进行实验。要特别注意易燃易爆物品、化学毒品和贵重仪器的保管和使用,严防事故发生。

三、在实验过程中要集中精力,认真操作,仔细观察,做好记录,以达到巩固理论,培养独立分析和解决问题之能力。

四、在实验中若发现仪器设备有损坏或异常现象时,应立即关闭仪器设备电源,停止操作,保持现场,并马上将详细情况向指导教师报告,待查明原因并作出妥善处理,方可继续进行实验。

五、实验完毕后,要关闭实验室内的电源和水源,要把实验用的工具、器材等整理好,当面向主管人员交待清楚,要取得主管教师同意后,方可离开实验室。

六、要爱护实验室的一切财物。凡与本次实验无关的仪器设备和物品,一律不准动用,更不准在实验期间利用仪器设备和物品做与本次实验无关的事情。

七、实验室的一切物品,未经主管人员同意,不得擅自搬动或带出实验室。如有违者,除退还所带物品外,根据情节给予批评或处分。

八、如有特殊原因未能按时参加实验者,经教师同意后可以补做。无故不参加者,以旷课论处。

九、因病、事假而耽误1/4以上实验课的同学,必须在课程考试之前补做,否则不能参加该课程的考试。

十、实验室要保持清洁卫生,不得高声喧哗和打闹,不准吸烟,不准随地吐痰。实验完毕后,值日学生要协助实验室搞好实验室卫生。

十一、在实验室进行实验的学生,必须遵守本规则,否则实验教师有权停止其参加实验。对损坏的仪器设备,要按规定赔偿。

实验室管理科

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 基础化学实验课程的目的与意义	(1)
1.2 化学实验课的学习方法	(1)
1.2.1 预习	(1)
1.2.2 实验	(2)
1.2.3 实验报告	(2)
1.3 化学实验中的误差与数据处理	(6)
1.3.1 误差	(6)
1.3.2 数据记录、有效数字及其运算法则	(11)
1.3.3 实验结果数据处理	(13)
1.3.4 实验结果的表达形式	(15)
1.4 实验室的安全知识	(20)
1.4.1 化学实验室的安全规则	(21)
1.4.2 实验室一般伤害的救护	(21)
1.4.3 灭火常识	(21)
1.5 化学实验的“三废”处理	(22)
1.5.1 常用的废气处理方法	(22)
1.5.2 常用的废水处理方法	(23)
1.5.3 常用的废渣处理方法	(23)
第二章 化学实验基本操作训练单元	(24)
2.1 常用玻璃仪器的认领与洗涤	(24)
2.1.1 化学实验常用玻璃仪器的介绍	(24)
2.1.2 常用玻璃仪器的洗涤与干燥	(28)
2.2 玻璃管加工	(30)
2.2.1 酒精喷灯的构造、原理与使用方法	(30)
2.2.2 玻璃管的加工技术	(31)
2.2.3 塞子的选择、钻孔及其与玻璃导管的连接技术	(33)
实验一 酒精喷灯的使用与玻璃管的加工	(34)
2.3 称量	(35)
2.3.1 台秤的使用方法	(35)
2.3.2 分析天平的原理、构造与称量方法	(36)
实验二 台秤与分析天平的称量练习	(42)
2.4 加热、蒸发(浓缩)、结晶和固体干燥	(43)

2.4.1 加热	(44)
2.4.2 蒸发(浓缩)和结晶	(45)
2.5 过滤	(46)
2.5.1 常压过滤(普通过滤)	(46)
2.5.2 减压过滤(吸滤或抽气过滤)	(46)
2.5.3 离心分离	(47)
实验三 氯化钠的提纯	(48)
2.6 目视比色法	(49)
2.7 电热恒温水浴锅的使用技术	(50)
实验四 硫酸亚铁铵的制备	(51)
2.8 滴定分析基本操作训练	(53)
2.8.1 滴定分析常用仪器的使用与校正	(53)
2.8.2 实验室常用试剂与溶液的配制	(56)
2.8.3 碱滴定应掌握的实验技术	(60)
实验五 NaOH 标准溶液的配制与标定	(61)
实验六 草酸纯度的测定	(63)
2.8.4 酸滴定应掌握的实验技术	(64)
实验七 盐酸标准溶液的配制与标定	(65)
2.8.5 移液管与容量瓶使用	(66)
实验八 碱灰中各组分与总碱度的测定	(68)
2.9 重量分析基本操作训练	(71)
2.9.1 重量分析常用的仪器与设备	(71)
2.9.2 常用设备的使用与注意事项	(72)
2.9.3 重量分析应掌握的实验技术	(72)
实验九 钡盐中钡含量的测定(沉淀法)	(75)
2.10 实验室常规应用仪器操作训练	(76)
2.10.1 721 型分光光度计的使用	(76)
2.10.2 酸度计的使用	(77)
2.10.3 电导率仪的使用	(79)
实验十 离解平衡(酸碱反应)	(80)
实验十一 邻二氮杂菲分光光度法测定铁条件的研究(任选)	(82)
实验十二 电位滴定法测定醋酸的浓度及其离解常数	(83)

第三章 综合性实验训练单元 (86)

3.1 配位化合物	(86)
实验一 配位化合物的性质	(86)
实验二 配合物的制备及其组成和配离子分裂能的测定	(87)
3.2 沉淀反应与氧化还原反应	(92)
实验三 沉淀反应	(92)

实验四 氧化还原反应的影响因素	(93)
实验五 二氧化铅的制备	(95)
3.3 主族与副族元素	(96)
实验六 主族元素	(96)
实验七 副族元素	(101)
3.4 水质分析	(106)
实验八 EDTA 的配制与水的总硬度的测定	(106)
实验九 碘量法测定水中的溶解氧	(107)
实验十 水样中化学需氧量的测定	(110)
实验十一 离子选择性电极法测定水中微量氟	(112)
实验十二 排放水中铜、铬、锌及镍的测定(AAS 法)	(115)
实验十三 地下水和地面水中高锰酸盐指数的测定	(118)
3.5 金属元素含量的分析	(121)
实验十四 重铬酸钾法测铁盐中铁含量	(121)
实验十五 间接碘量法测铜	(123)
实验十六 铁、铝混合液中铁、铝含量的连续测定	(124)
实验十七 普通碳素钢中锰含量的测定	(127)
3.6 非金属物质含量与组成的分析	(128)
实验十八 食盐中氯含量的测定	(128)
实验十九 气相色谱法测定苯的同系物	(129)
实验二十 不同介质中苯、苯酚和胺的紫外光谱的测定	(131)
实验二十一 固体与液体有机化合物的红外光谱定性分析	(132)
实验二十二 樟脑精氯仿溶液的红外差示光谱测定	(134)
实验二十三 核磁共振波谱的测定	(134)
第四章 设计性实验单元	(137)
4.1 设计性实验的意义与步骤	(137)
4.2 可供选择的课题	(138)
4.3 课外选做实验	(140)
选做实验一 植物中某些元素的分离与鉴定	(140)
选做实验二 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的合成和组成分析	(141)
选做实验三 化学反应热效应的测定	(143)
选做实验四 化学反应速度和化学平衡	(146)
选做实验五 酸碱指示剂 pH 变色域的测定	(148)
选做实验六 水中微量 Cr(VI) 和 Mn(VII) 的同时测定	(151)
选做实验七 分光光度法测定甲基橙的离解常数	(153)
选做实验八 分光光度法测定铁(Ⅲ)-磺基水杨酸配合物的组成	(156)
选做实验九 磷酸根对火焰原子吸收光谱法测定钙的干扰及消除	(158)
选做实验十 气相色谱法测定邻二甲苯中的杂质(内标法)	(160)

选做实验十一 纳米 BaTiO_3 的制备与表征	(162)
附录 I 常见离子的鉴定方法	(165)
一、常见离子和化合物的颜色	(165)
二、离子的分离鉴定方法	(166)
三、常见阳离子的鉴定	(175)
四、常见阴离子的鉴定	(183)
附录 II 常用数据与溶液配制的方法	(187)
表 I-1 相对原子质量表	(187)
表 I-2 常用化合物相对分子质量表	(188)
表 I-3 常用酸和碱溶液的相对密度与浓度	(190)
表 I-4 常用试剂的配制	(192)
表 I-5 酸、碱溶液的配制	(194)
表 I-6 常用指示剂的配制	(196)
表 I-7 常用缓冲溶液	(199)
表 I-8 常用基准物及其干燥条件	(200)
表 I-9 常用洗涤剂	(201)
表 I-10 常用熔剂和坩埚	(202)
表 I-11 滤器及使用	(203)
表 II-12 弱电解质的电离常数($t=25^\circ\text{C}$)	(204)
表 II-13 难溶化合物的溶度积常数(18°C)	(205)
参考文献	(207)

第一章 绪 论

1.1 基础化学实验课程的目的与意义

实验是人类研究自然规律的一种基本方法。没有实验就没有化学。化学实验既是化学科学的基石,又是化学科学的“试金石”,即化学中的一切定律、原理、学说都是来源于实验,同时又受实验的检验。作为未来的化学家和化学工作者,只有通过化学实验这一手段才能到达成功的彼岸。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。它不仅涉及到理论的验证性,还应涉及到主观能动的探索性内容;不仅涉及到制备产品的合成性,还应涉及到操作训练的基础性内容;不仅涉及到性质实验的单一性,还应涉及到实验技术的综合性内容;不仅涉及到方法的经典性,还应涉及到其先进性的内容。

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等。

通过实验可以培养实事求是、严肃认真、一丝不苟的科学态度,准确、细致、整洁的科学习惯以及科学的思维方式,从而逐步掌握科学研究的方法。

通过实验可以培养我们对化学的基本原理和基础知识的理解和掌握的能力。化学实验的任务是培养学生的基本功和思维方式、分析问题和解决问题的能力,同时使学生在基本操作方法和技能技巧等方面得到严格训练。

1.2 化学实验课的学习方法

要达到上述实验目的,修好实验课程,不仅要有正确的学习态度,而且还要有正确的方法。

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。

1. 认真阅读实验教材、参考材料、资料中的有关内容。
2. 明确本实验的目的、内容提要。
3. 掌握本实验的预备知识、实验关键。
4. 了解实验的内容、步骤、操作过程和注意事项。
5. 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:弄清本次实验要做什么,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,可否有其他仪器代替实验给定的仪器等。

实验前由指导教师检查预习报告,若发现预习不够充分,应停止实验,要求熟悉实验内容之后再行实验。

1.2.2 实验

我们现在虽然不是化学家,但应学习他们那种解决一个化学问题而进行实验研究时的科学、严谨的态度,养成做实验的良好习惯。实验时应做到:

1. 认真操作。
2. 实验全过程中应细心观察,如实记录。
3. 保持肃静,遵守规则,注意安全,整洁节约。

设计新实验和做规定以外的实验时,应先经指导教师允许。实验完毕,洗净仪器,整理药品及实验台。

1.2.3 实验报告

实验结束后,应严格地根据实验记录,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。

书写实验报告应字迹端正,简单扼要,整齐清洁,实验报告写得潦草者,应重写。

实验报告包括六部分内容:

1. 实验目的。
2. 实验步骤 尽量采用表格、框图、符号等形式,清晰、明了地表示。
3. 实验现象和数据记录 表达实验现象要正确、全面,数据记录要规范、完整。
4. 数据处理 获得实验数据后,进行数据处理是一个重要环节,详见2.1节。
5. 实验结果的讨论 对实验结果的可靠程度与合理性进行评价,并解释所观察到的实验现象。
6. 问题讨论 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,从而训练创新思维 and 创新能力。

下面举出三种不同类型实验报告的格式,供同学们参考。

例 1

氯化钠的提纯

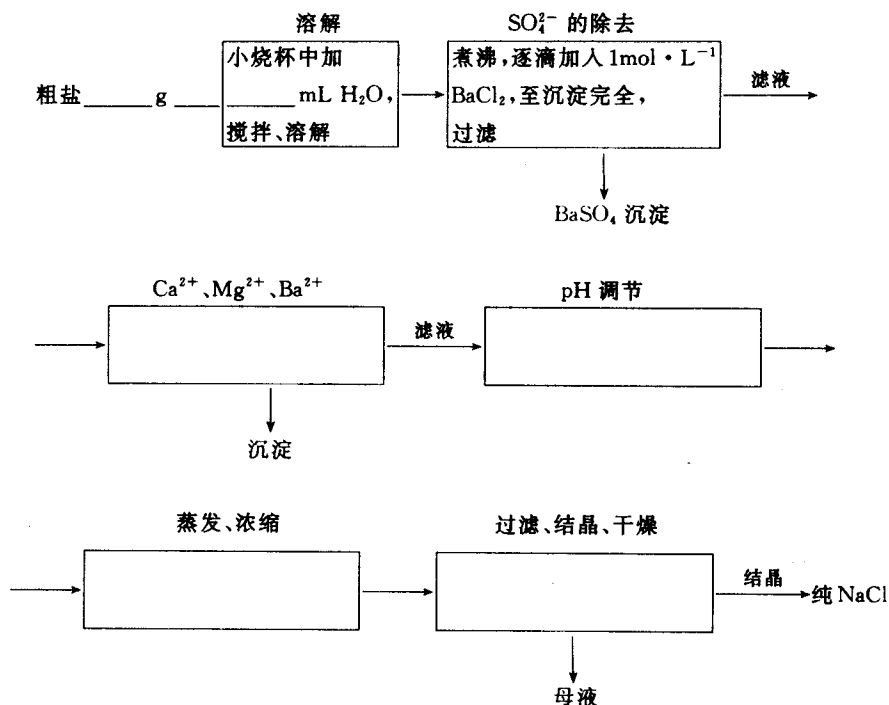
班级

姓名

日期

一、实验目的

二、提纯步骤



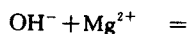
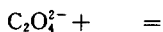
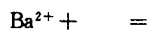
纯 NaCl 结晶质量 _____ g

纯 NaCl 产率 =

三、产品纯度检验

检 验 方 法	现象(粗盐溶液)	现象(精盐溶液)
加 BaCl ₂ 溶液		
加 (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ 溶液		
加 NaOH + 镁试剂		

离子方程式



四、讨论

根据产率、纯度和本人在操作中遇到的问题简单谈谈实验后的体会。

例2

电离平衡

班级

姓名

日期

一、实验目的

二、实验内容

1. 同离子效应

(1) 步骤 2mL 0.1mol · L⁻¹氨水 + 酚酞 + NH₄Ac(固)

现象

解释

(2) 步骤

现象

解释

2. 盐类的水解和影响盐类水解的因素

(1) 0.1mol · L⁻¹NaCl

实验 pH 值 =

计算 pH 值 =

0.1mol · L⁻¹NaAc

实验 pH 值 =

计算 pH 值 =

0.1mol · L⁻¹NH₄Cl

实验 pH 值 =

计算 pH 值 =

(2) 温度对水解的影响。

步骤 2mL 0.1mol · L⁻¹NaAc + 酚酞 $\xrightarrow{\Delta}$

现象

解释

(3) 溶液酸度对水解的影响

步骤

现象

方程式和解释

3. 能水解的盐类间的相互反应

(1) 现象

方程式

(2) 现象

方程式

(3) 现象

方程式

4. 缓冲溶液的配制及其 pH 值的测定

编号	溶 液 配 方	pH 计算值	pH 测定值
1	25mL 0.1mol · L ⁻¹ 氨水 + 25mL 0.1mol · L ⁻¹ NH ₄ Cl		
2	25mL 0.1mol · L ⁻¹ HAc + 25mL 0.1mol · L ⁻¹ NaAc		
3	25mL 0.1mol · L ⁻¹ HAc + 25mL 0.1mol · L ⁻¹ NaAc		
4	25mL 0.1mol · L ⁻¹ HAc + 25mL 0.1mol · L ⁻¹ NaAc		

5. 缓冲溶液的缓冲性能

编 号	溶 液 中	pH 计算值	pH 测定值
	(1) 加入 10 滴 0.1mol · L ⁻¹ HCl		
	(2) 再加入 20 滴 0.1mol · L ⁻¹ NaOH		

三、结论

例3

台秤与分析天平

年 月 日

一、实验目的

- (1)熟悉天平结构,熟练天平使用技巧;
- (2)学会直接法和减量法称量试样;
- (3)学会正确使用称量瓶。

二、实验步骤

(1)天平外观检查

取下天平罩→检查天平状态→插上电源→调分析天平的零点;

(2)直接称量法练习

用台秤粗称两锥形瓶和一个装有样品的称量瓶→用分析天平准确称出它们的质量,记录其质量 W_0 与 W_1 ;

(3)减量法称量练习

从称量瓶中轻磕出约0.20~0.25g的固体试样(称准到0.0002g)于锥形瓶1中,再称出称量瓶质量 W_2 ;取下称量瓶再向锥形瓶2中倾出0.20~0.25g的量,再称出称量瓶质量。两次称量之差,即是倾在锥形瓶中的样品质量。

三、数据记录与处理

次 数 记 录 内 容	I	II
(称量瓶+样品) W_1	17.5549	17.3331
倾出样品后质量 W_2	17.3331	17.1308
$W_1 - W_2$	0.2218	0.2023
(锥形瓶+样品) W_3	20.4818	21.8844
空锥形瓶质量 W_0	20.2602	21.6818
$W_3 - W_0$	0.2216	0.2026
绝对差值	-0.0002	+0.0003

四、结果讨论

1.3 化学实验中的误差与数据处理

1.3.1 误差

化学实验中采用直接测量(用某种仪器直接测量出某物理量的结果)或间接测量(一些物理量的获取要经过一系列直接测量后再依据化学原理、计算公式或图表处理后才能得出的结果)的方法可获得试样的各种物理量。然而,在测量过程中,其结果受着仪器、化学试剂、测量条件的突变及测定者本身等各种因素的影响,使得测量值和真实值之间总会存在一些差距,称为误差。即使是同一个人在相同条件下,对同一试样进行多次测定,所得结果也不完全相同,这说明误差是客观存在的。为使结果尽量接近客观真实值,操作者必须对误差产生的原因进行分析,学会减免误差的措施,借助一些数理统计学知识对所得数据进行处理。

1. 准确度和精密度

准确度是指单次测量值(x_i)与真实值(x_T)的符合程度。绝对误差和相对误差用来表示准确度的高低。

$$\text{绝对误差}(E) = x_i - x_T \quad (1.1)$$

$$\text{相对误差}(RE) = \frac{x_i - x_T}{x_T} \times 100\% \quad (1.2)$$

绝对误差越小,说明准确度越高。相对误差是绝对误差在真实值中所占的百分率,因它与真实值和绝对误差的大小有关,故能更准确地反映准确度。显然,两种误差的表示均有可能出现正、负值,正值表示测定结果偏高,负值表示测定结果偏低。

若真实值不知道,就无法知道其准确度,在这种情况下,应采用精密度来描述测定结果的好坏。精密度是指在确定条件下,反复多次测量,所得结果之间的一致程度,用偏差表示单次测定值(x_i)与几次测定平均值($\bar{x}$)之间的差,其绝对偏差与相对偏差可表示为

$$\text{绝对偏差}(d) = x_i - \bar{x} \quad (1.3)$$

$$\text{相对偏差}(Rd) = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1.4)$$

显然,精密度越好,说明测定结果的重现性越好。

但应指出,精密度高不一定准确度就高;但每次测定的准确度高,则精密度一定高。

2. 误差的种类与误差的减免

误差按来源可分为系统误差(可测误差)和偶然误差(随机误差)。

(1) 系统误差

构成测量系统诸要素,包括人、物和方法产生的误差,叫做系统误差。系统误差在相同条件下多次测量同一物理量,误差的大小和符号不变;改变测量条件时又按某一确定规律变化;系统误差不能通过重复测量来减免;系统误差决定测量的准确度,因此,发现和减免系统误差是十分重要的。

其中仪器误差指测定中用到的仪器本身有缺陷或未经校正或仪表零位未调好等产生的误差,可通过调整、校正或改用另外的仪器来减免。

实验方法的理论根据有缺陷或引用近似公式而造成的误差为方法误差;由于试剂不纯,所用去离子水(或蒸馏水)不合规格引入的误差为试剂误差。“对照实验”是减免这两种误差的最

有效方法,即选用公认的标准方法与所采用的测定方法对同一试样进行测定,找出校正数据,或用已知标准含量的试样,按同样的测定方法进行分析找出校正数据。还可用“空白实验”减免试剂误差,即在不加试样的情况下,按照同样的实验步骤和条件进行测量,得出空白值,然后从试样的分析结果中扣除空白值。

环境因素误差指测定中温度、湿度、气压等环境因素的变化对仪器产生影响而引入的误差,可通过改变实验条件发现此类误差,然后采取控制环境因素的措施达到减免此类误差的目的。

个人误差是因观测者个人不良习惯和特点引起的误差,如记录某一信号的时间总是滞后、读取仪表值时头偏于一边、对某种颜色的辨别特别敏锐或迟钝等,更多的是操作水平低,不知控制实验条件、不自觉地进行了错误的操作。同套仪器,各人测得的结果相差很大,就是个人误差所致。这种误差只有认真学习,多加训练才能被减少或消除。

(2)偶然误差

实验过程中,偶然的原因引起的误差称为偶然误差。如观察温度或电流时有微小的起伏,估计仪器最小分度时偏大或偏小,控制滴定终点的指示剂颜色稍有深浅的差别,几次读数不一致,外界条件的微小波动以及一些不能预料的影响因素等等。偶然误差的大小、方向都不固定,在操作中难于完全避免。这种误差既然是“偶然的”,就必然服从统计规律,其规律可用正态分布曲线(图1-1)表示。

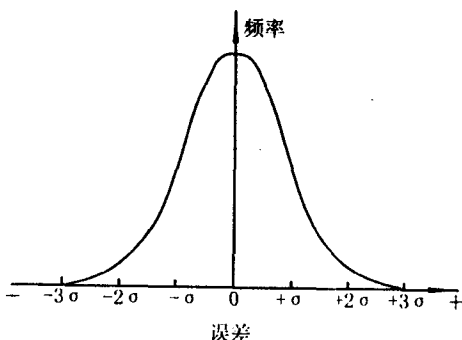


图1-1 误差的正态分布

图中横坐标表示每次测定值(x_i)与真值(μ)间的误差; σ 为无限多次测量时的标准误差;纵坐标为某个误差出现的概率。曲线与横坐标从 $-\infty \sim +\infty$ 间所围面积代表具有各种大小误差的测定值出现概率的总和(100%)。由图可知,偶然误差的规律是:

①绝对值相等的正、负误差出现的概率相等。这说明重复多次测量,取其算术平均值,正、负误差可相互抵消。消除了系统误差后,其平均值接近真实值。

②就绝对值而言,小误差出现概率大,大误差出现概率小,很大误差出现的概率近于零。意即在多次重复测定中,若个别数据误差的绝对值超出 3σ ,可舍去。

除系统误差和偶然误差外,在测量过程中可能出现读数错误,记录错误,计算错误以及不小心出现了错误操作等原因引起的过失误差,如发现了过失误差,就应及时纠正或弃去所得数据。

3. 误差分析

在实验研究工作中,我们所需要的常不是直接测量的结果,而是把一些直接测量值代入一定关系式中,再计算出所需要的值。例如气化法测液体摩尔质量时,常采用理想气体公式 $M = WRT/pV$ 来计算结果,因此,摩尔质量 M 是各直接测得的 W 、 p 、 V 和 T 的函数。各直接测量值的误差将影响函数的误差(这里尚未涉及由于采用了近似公式所引入的系统误差)。

误差分析的基本任务在于查明直接测量值的误差对函数(间接测量值)误差的影响,从而找出函数的最大误差来源,以便合理配置仪器和选择实验方法。

误差分析本限于对结果最大误差的估计,因此对各直接测量值只须预先知道其最大误差