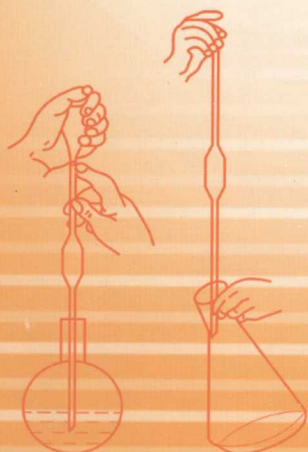


高等院校规划教材

基础化学 实验指导

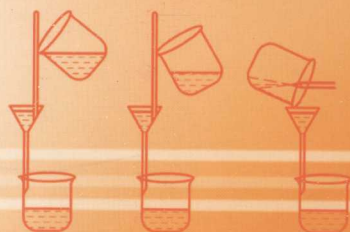
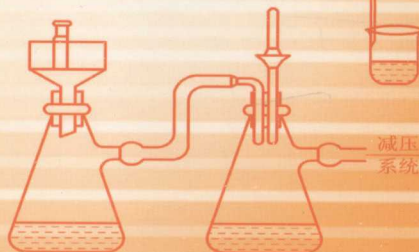
(第2版)

主编 刘绍乾
主审 王一凡



(a) 移液管吸液

(b) 移液管放液



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

014055810

高等院校规划教材

06-3
109-2

基础化学 实验指导

(第2版)

主 编 刘绍乾

副主编 何跃武 冯志明

编 委 李战辉 肖旭贤 钱 频 邓凯佳

李春云 刘绍乾 何跃武 冯志明

主 审 王一凡



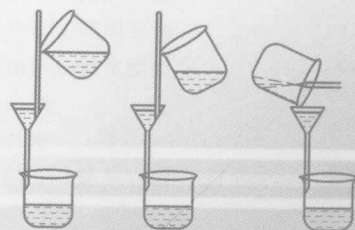
(a) 移液管吸液

(b) 移液管放液



北航

C1741185



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验指导/刘绍乾主编. —2版.

—长沙:中南大学出版社,2013.7

ISBN 978-7-5487-0930-5

I. 基... II. 刘... III. 化学实验-高等学校-教学参考资料
IV. O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第176410号

基础化学实验指导

(第2版)

刘绍乾 主编

☐责任编辑 周芝芹

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印务有限公司

☐开 本 730×960 1/16 ☐印张 13.5 ☐字数 239千字

☐版 次 2014年5月第2版 ☐2014年5月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0930-5

☐定 价 27.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

基础化学实验是临床医学、预防医学、麻醉医学、口腔医学、护理学等医学相关专业学生的一门重要的必修实验课程,是医学相关专业学生从分子水平上了解生命过程的必备工具。该实验课对培养学生科学的世界观和方法论,提高学生的综合能力和创新意识,以及全部推进素质教育都具有十分重要的意义。

该书自2006年出版以来,受到了教师和学生的好评,也得到了同行们的认可,特别是给医学相关专业学生的必修实验课程的学习提供了方便。随着我国高等医学教育事业以及现代化学实验技术的不断发展,医学基础化学实验教学内容、实验方法、实验手段等也在不断更新,因此,为了培养适应社会发展需要的高层次医学人才,根据近年来我们以国家级化学实验示范中心等教育质量工程项目为依托所开展的基础化学实验教学改革实践,结合该教材使用者所反映的意见和要求,参考和借鉴近期国内外出版的同类教材,我们对原书进行了修订。在第二版中,我们对部分章节内容作了变动或补充,对原书中的一些欠准确之处进行了修正。修订后的教材基本保持原书的体系,更加突出了基础化学实验内容和生命科学的联系。

本书仍分为三章:

第一章,基础化学实验基本知识,较系统和详细地介绍了进行基础化学实验和化学研究所必备的相关基础知识。

第二章,基础化学实验基本仪器与操作,对基础化学实验基本仪器的使用方法以及基础化学实验的基本实验方法、手段作出了较系统的总结和详细的介绍。本章中增加了对荧光光度计的介绍,将数字式电导仪的使用说明等常规仪器的介绍也一起归类到这里。

第三章,基础化学实验项目,是本书的核心部分。本章除了选择大量的以训练学生化学实验基本操作能力和基本化学实验方法为目的的典型的基础化学实验外,还引入了一些应用及影响面广,内容上与生命科学结合较为密切的较新的化学实验。本次修订中,为了加强基础化学实验内容与生命科学的联系,在此章中增加了“蛋白质含量的分光光度法测定”、“荧光分析法测定血清中的镁”以及“葡萄糖酸钙含量的测定”等实验项目,对原书中的“过氧化氢含量的

测定”和“维生素 C 含量的测定”等实验内容也进行了修订。

附录部分,列出了与基础化学实验相关的基本数据、常数和必要的资料,介绍了相关的实验参考书目。为了帮助医学相关专业学生学习相关专业知识,开阔专业视野,本次修订比原书介绍了更多的国内外优秀的化学化工技术类以及生命科学类网站。

本书可作为与生命科学相关的各个专业学生的基础化学实验教材,也可作为从事化学及其相关专业工作者的参考书。

本书由刘绍乾任主编并负责全书修订和校核,何跃武任副主编,王一凡任主审。李战辉、肖旭贤、钱频、邓凯佳、李春云等多位从事基础化学实验教学的老师参加了本书的编写工作。各章和各实验的具体负责编写者均列在各章和实验内容之后。

本书的编写和出版得到了中南大学本科生院、化学化工学院和中南大学出版社领导的关心和支持,在此深表谢意。感谢多年来参加基础化学实验教学改革实践和教材编写的中南大学医学基础化学教学团队的同事们;感谢使用该书第一版的教师和学生,他们的实践和建议使本书得以不断完善;感谢中南大学化学化工学院关鲁雄教授对本书编写工作的大力支持。

本书参考借鉴了兄弟院校教材的一些实验内容,谨表谢意。同时,感谢在网络上提供基础化学实验素材的同行们。限于编者的学识水平,本次修订中仍难免有疏漏和欠妥之处,恳请同行专家及读者批评指正。

编者

2013 年 6 月

目 录

第一章 基础化学实验基本知识	(1)
1.1 基础化学实验的目的	(1)
1.2 化学实验的要求	(1)
1.3 实验室安全知识	(2)
1.4 化学实验的学习方法	(4)
1.5 我国的法定计量单位、化学测量的误差与数据处理	(6)
1.6 水的制备与检验	(11)
1.7 实验仪器安装	(12)
1.8 溶液的组成与溶液浓度的测定	(12)
1.9 物质的酸碱性及溶液 pH 的测定	(13)
1.10 物质溶解度的表示方法	(14)
1.11 实验室三废治理方案	(14)
第二章 基础化学实验基本仪器与操作	(18)
2.1 化学实验常用的基本仪器	(18)
2.2 常用玻璃仪器的洗涤和干燥	(21)
2.3 基本衡量仪器及其使用方法	(23)
2.4 常用化学试剂及其取用方法	(37)
2.5 加热仪器及其使用方法	(49)
2.6 溶液与沉淀的分离	(58)
2.7 常用测量仪器的使用方法	(59)
第三章 基础化学实验项目	(71)
3.1 基本技能与操作实验	(71)
实验 1 渗透压的测定及红细胞形态的观察	(71)
实验 2 凝固点降低法测定相对分子质量	(74)
实验 3 缓冲溶液的配制及其性质	(76)
实验 4 分析天平称量练习	(78)

实验 5	酸碱标准溶液的配制及标定	(81)
实验 6	KMnO_4 标准溶液的配制及标定	(85)
实验 7	EDTA 标准溶液的配制及标定	(88)
实验 8	水体化学耗氧量测定	(90)
实验 9	电泳和电渗	(93)
3.2	理化常数与测定实验	(98)
实验 10	氯化铅标准溶解热 ($\Delta_r H_m^\ominus$) 的测定	(98)
实验 11	化学反应焓变的测定	(102)
实验 12	同离子效应和溶度积原理	(106)
实验 13	醋酸离解常数的测定	(109)
实验 14	丙酮碘化的反应速率	(112)
实验 15	食醋中总酸度的测定	(117)
实验 16	碳酸氢钠、碳酸钠混合碱分析	(119)
实验 17	氧化还原与电极电位	(121)
实验 18	维生素 C 药片中维生素 C 含量的测定	(126)
实验 19	漂白粉中有效氯含量的测定	(128)
实验 20	氟离子选择性电极测定自来水中的微量氟	(130)
实验 21	消毒液中过氧化氢含量的测定	(134)
实验 22	配合物的生成和性质	(137)
实验 23	磺基水杨酸合铜(II)配合物的组成和稳定常数的测定	(140)
实验 24	水的纯度及总硬度测定	(146)
实验 25	邻二氮菲分光光度法测定铁	(150)
实验 26	蛋白质含量的分光光度法测定	(154)
实验 27	气体密度法测定二氧化碳的分子量	(156)
实验 28	硝酸钾溶解度与温度的关系	(160)
实验 29	荧光分析法测定血清中的镁	(162)
实验 30	葡萄糖酸钙含量的测定	(165)
3.3	无机化合物的提纯、制备实验	(168)
实验 31	氯化钠的提纯	(168)
实验 32	溶胶的制备、净化和性质	(171)
实验 33	CuSO_4 的提纯(设计性实验)	(175)
实验 34	硫酸铝的制备	(178)
实验 35	水的净化	(180)

附录	(184)
附录 1 不同温度下水的饱和蒸气压	(184)
附录 2 钠钙玻璃量器容积校正用表	(186)
附录 3 弱电解质的解离常数	(187)
附录 4 实验室常用酸、碱的浓度	(189)
附录 5 常用酸碱指示剂与试纸	(190)
附录 6 常见配离子的稳定常数(298.15K)	(191)
附录 7 某些试剂的配制	(193)
附录 8 国际原子量表	(194)
附录 9 常见有机化合物的物理常数	(195)
附录 10 金属离子指示剂	(196)
附录 11 沉淀滴定吸附指示剂	(197)
附录 12 化合物的溶度积常数表	(198)
附录 13 标准电极电势表	(200)
参考书目	(208)
相关网址	(209)

第一章 基础化学实验基本知识

1.1 基础化学实验的目的

化学是建立在实验基础上的科学。基础化学实验是学生化学实验技能与化学素质培养不可缺少的一个重要环节。通过基础化学实验的教学,不仅使学生巩固和加强课堂所学的基础理论知识,更重要的是培养学生的实验操作能力、分析问题和解决问题的能力,养成严肃认真、实事求是的科学态度和严谨的工作作风,培养学生的创新精神和创新能力。它的目的如下:

(1) 理论联系实际,使大学化学教学中的重要理论和概念得到巩固和深化,并扩展课堂中所获得的知识。

(2) 通过化学实验课程的学习,强化学生的基本操作,注重学生实验技能的训练,使学生掌握一般物质制备的实验方法和技能。掌握研究物质化学性质的实验程序,获得准确的实验数据和结果。熟悉和掌握常用仪器的使用方法,了解、掌握各种实验技能、技术、手段和方法。更重要的是了解各种实验研究方法的应用。

(3) 培养学生独立思考和独立工作的能力,学会联系理论知识,独立设计和进行实验,仔细观察和分析实验现象,学会正确处理数据及解释现象,从中得出科学的结论,并且撰写科学报告和论文。

(4) 培养严谨科学的工作态度和作风。培养学生的创新能力,为学习其他课程和今后从事化学相关领域的科研、生产打下坚实的基础。诱导学生发散性思维,培养学生的化学素质和创新意识。

1.2 化学实验的要求

(1) 实验前要认真预习、领会实验的目的和基本原理,了解实验步骤和注意事项,做到心中有数,有条不紊地做好实验。

(2) 预习时,根据实验内容,先写好实验报告的部分内容,画好表格,查出有关数据,以便实验时及时、准确地记录实验现象和有关数据,并进行数据处理。

(3) 实验开始前先清点仪器设备, 如发现缺损, 应立即报告指导教师(或实验室工作人员), 并按规定手续向实验员补领。实验中如有仪器破损, 应及时报告并按规定手续向实验员换取新仪器, 未经教师同意, 不得挪用其他人的实验仪器。

(4) 实验时应保持肃静, 集中精力, 要严格按照规范进行认真操作, 仔细观察实验现象, 及时记录实验结果, 积极思考问题, 并运用所学理论知识解释实验现象。

(5) 实验时应保持实验室和桌面的整洁。实验中的废弃物应倒入废液缸中, 严禁投入或倒入水槽内, 以防水槽和下水管堵塞或腐蚀。

(6) 实验时要爱护国家财产, 注意节约水、电、试剂。按照化学实验基本操作规定的方法取用试剂。必须严格按照操作规程使用精密仪器, 如发现仪器有故障, 应立即停止使用, 并及时报告指导教师。

(7) 实验室内的一切物品(仪器、试剂和产品)均不得带出实验室。

(8) 实验完毕, 将玻璃仪器洗涤干净, 放回原处。整理桌面, 打扫水槽和地面卫生。

(9) 认真写好实验报告, 对于实验中出现的现象和问题进行认真的讨论。

(10) 遵守实验室规则和实验室安全、卫生要求, 听从指导教师安排。

1.3 实验室安全知识

1.3.1 安全守则

安全是化学实验工作者要特别注意的大事。安全不仅与个人的安危有关, 而且关系到国家财产和其他人的生命安危。在化学实验中, 经常使用易燃、易爆、易腐蚀或有毒的化学试剂, 大量使用易损的玻璃仪器和某些精密分析仪器, 使用水、电、煤气等等, 故在化学实验室工作, 首先必须在思想上十分重视安全问题, 决不能麻痹大意。其次是在实验前应充分了解本实验的原理、步骤和安全注意事项。仔细检查仪器的质量和安装是否良好, 并严格遵守操作规程, 这样才能避免事故发生。为确保实验的正常进行和人身安全, 实验人员应遵守以下实验室的安全守则。

(1) 水、电一经使用完毕须立即关闭。离开实验室时应仔细检查水、电、气、门、窗是否均已关好。

(2) 实验室内严禁饮食、吸烟。一切化学药品禁止入口。实验完毕后, 必须洗净双手。

(3) 绝对不允许任意混合各种化学药品, 以免发生意外事故。

(4) 一切与易挥发的和易燃的物质相关的实验, 都应在远离火源的地方进行。产生有刺激性或有毒气体的实验, 必须在通风橱内进行。需闻气体气味时, 试管口应离面部 20 cm 左右, 用手轻轻扇向鼻孔, 不能对着管口去闻。

(5) 浓酸、浓碱具有强烈的腐蚀性, 切勿溅在皮肤和衣服上, 更应注意保护眼睛。稀释它们时(特别是 H_2SO_4)应将它们慢慢倒入水中, 并不断搅动, 而不能反向进行, 以避免迸溅。

(6) 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物, 特别是氰化物)不得入口内或接触伤口, 剩余的废液须倒入废液缸, 不能随手倒入下水道。

(7) 加热试管时, 不要将试管口指向自己或别人, 也不要俯视正在加热的液体, 以免溅出的液体把人烫伤。

(8) 未经教师许可, 不得随意做规定以外的实验。

(9) 分析天平、分光光度计、酸度计等均为实验中使用的精密仪器, 使用时应严格遵守操作规程。用完后, 拔去插头, 将仪器各部分旋钮恢复到原来位置。

1.3.2 安全事故的救护措施

(1) 玻璃割伤 挑出玻璃碎片, 轻伤可抹上龙胆紫或碘酒等包扎。

(2) 烫伤 切勿用水冲洗, 在烫伤处抹上黄色的苦味酸溶液或高锰酸钾溶液, 再搽上凡士林、烫伤膏或万花油。受强酸腐伤时, 应立即用大量水冲洗, 然后搽上碳酸氢钠牙膏或凡士林。受浓碱腐伤, 请立即用大量水冲洗, 然后用柠檬酸或硼酸饱和溶液冲洗, 再搽上凡士林。

(3) 吸入氯气、氯化氢气体 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, 立即到室外呼吸新鲜空气。

(4) 酸(或碱)溅入眼内 立刻用大量水冲洗, 再用饱和碳酸氢钠(或硼酸)溶液冲洗, 最后再用水冲洗, 并立即到医院就医。

(5) 毒物进入口内 可把 5~10 mL 稀硫酸铜溶液加入到一杯温开水中, 内服后, 用手指伸入咽部, 促使呕吐, 然后立即送医院救治。

(6) 触电 先切断电源, 然后在必要时进行人工呼吸或送医院。

(7) 实验室发生火灾 应根据起火的原因进行针对性的灭火。

① 首先防止火势扩展, 主要措施如下。

a. 关闭火源, 停止加热。

b. 停止通风, 减少空气流动。

c. 拉开电闸, 以免引燃电线。

d. 把一切可燃物质(特别是有机物质和易爆炸物质)移至远离火源处。

②及时扑灭火焰,实验室一般不能用水灭火,因水能与某些化学药品发生剧烈反应或将可燃物表面扩大而引起重大的火灾。一般的小火可以用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物,即可灭火。火势大时,可用灭火器。主要方法有:

a. 把沙土或石棉布覆盖在着火物体上(实验室都应备有沙箱和石棉布,放在固定处)。

b. 根据起火原因用不同类型的灭火器进行灭火。不要随便用水灭火,因为水能与某些化学物品(如金属钠)发生剧烈反应,反而会引起更大的火灾。

③实验人员衣服着火时,切勿惊慌乱跑,应赶快脱下衣服或就地打滚或用湿衣服在身上抽打灭火,或用石棉布覆盖在着火处,将火扑灭。

1.4 化学实验的学习方法

要达到实验目的,必须要有正确的学习态度和学习方法。大学化学实验的学习方法,大致可以分为预习、实验和书写实验报告三个环节。

1.4.1 实验前的预习

学生进入实验室前,必须做好预习。实验前的预习,归纳起来是看、查、写三个字。

看:认真阅读实验教材和理论教材的有关内容。预习应解决以下几个问题:明确实验目的和要求,懂得实验的基本原理和操作方法,熟悉实验步骤,预计实验现象,找出实验关键,做相应的思考题。

查:通过查阅书后附录、有关手册以及与本次实验有关的教程内容,了解实验中要用到的或可能出现的基本原理、化学物质的性质和有关理化常数。

写:在看和查的基础上认真写出预习报告,其内容如下:找出本实验的重点、难点和实验成败的关键,要做的步骤,要看的结果,要注意的事项。预习报告附在实验报告上,没有预习者,不允许做实验。

1.4.2 实验中

(1)学生要提前5分钟进入实验室,实验前应清点仪器和药品。如发现有破损或缺少,应申请补足。实验过程中,若有仪器损坏,应报告指导教师,按损坏原因和学校有关规定做出处理后,到供应室领回新仪器补充,不得隐瞒和拿用别的位置上的仪器。

(2)实验中应保持安静和遵守纪律。遵从教师的指导,严格按照操作规程

和实验步骤进行实验。集中思想,周密思考,正确操作,细致观察,认真记录。不得擅自离开实验室。

(3)保持实验室的整洁。实验时,应注意合理安排实验仪器,做到实验台上有条不紊,高低有序。

(4)应备有实验原始记录纸,附在实验报告上,随时将实验中的现象、数据、计算和结果等记录下来。此外,还应把预习中不懂或需要重点观察的现象记录下来,以便实验时能抓住关键。原始记录要求真实、即时、清楚(条理、字迹)、准确、持久,不准用铅笔记录,不准随意涂改,应实事求是地记录,否则无效。

实验原始记录中应包括以下内容:

①每一步操作所观察到的现象,如是否放热、颜色变化、有无气体产生、有无沉淀产生等。尤其是与预期结果相反或与教材、文献资料所述不一致的现象更应如实记载。

②实验中测得的各种数据,如重量、体积、吸光度、pH等。

③产品的色泽、晶形等。

④实验操作中的失误,如抽滤中的失误、粗产品或产品的意外损失等。

(5)爱护公物,节约用水、用电,按规定取用药品。公用仪器及药品用后应立即归还原处。火柴棍、废纸屑等应投入废纸篓。废液、废金属、残渣应倾入废液缸中。以上物质都不得倒入水槽,以免下水道堵塞和腐蚀金属管道。

1.4.3 实验后

(1)洗涤用过的仪器全部复原,精密仪器用完后应签名,实验台面应擦拭干净,同学应轮流做好实验室卫生,包括以下职责:整理公用的试剂和仪器,打扫卫生,清倒废物,关好水、电、门、窗。

(2)原始记录须经指导老师签字后方可离开。

(3)做完实验后应及时完成实验报告,包括解释实验现象,并做出结论,或根据实验数据进行计算,在规定时间内交指导教师评阅。

实验报告是实验的重要组成部分,是分析问题解决问题的过程,也是综合运用知识的过程。实验报告应写得简明扼要,整齐洁净,实验报告一般应包括下列几个部分。

实验名称:该部分应该包括实验名称、实验日期、天气、气温、操作者。

实验目的:实验目的通常包括以下三个方面。

①了解本次实验的基本原理;

②掌握哪些基本操作;

③进一步熟悉和巩固已学过的某些操作。

实验原理：本项内容在写法上应包括以下两部分内容。

- ①文字叙述：要求简单明了、准确无误、切中要害；
- ②主、副反应的反应方程式。

实验试剂与仪器：实验中使用的主要试剂和仪器。

实验内容：尽量用简图、表格、化学式、符号等表示。例如性质实验用表格表示内容、现象、解释(文字或反应方程式)。

实验数据与处理：把测得的各种原始数据记录下来，按照误差要求及有效数字修约规则进行数据处理。

实验结果及讨论：对于定性实验，根据实验现象对结果进行分析、解释，并写出相应的化学反应方程式；对定量实验，将计算结果与理论值或文献值进行比较，分析产生误差的原因。

实验结论：根据实验现象进行分析、解释，得出正确的结论。

1.5 我国的法定计量单位、化学测量的误差与数据处理

1.5.1 法定计量单位

1971年十四届国际计量大会(CGPM)决定：国际单位制共有7个基本单位，并用国际符号“SI”表示。这7个基本单位如下表：

量的名称	长度	质量	时间	电流	热力学温度	物质的量	发光强度
单位名称	米	千克	秒	安培	开尔文	摩尔	坎德拉
单位符号	m	kg	s	A	K	mol	cd

国际单位制由SI单位和SI单位的倍数单位组成。其中SI单位分为SI基本单位和SI导出单位两大部分。SI单位的倍数单位由SI词头加SI单位构成。在实际应用中，基本单位、导出单位以及它们的倍数单位是单独或交叉或混合或组合使用的，构成了可以覆盖整个科学技术领域的计量单位体系。一切属于国际单位制的单位都是我国法定计量单位。

1.5.2 测量的误差

在测量过程中不可避免地会产生误差，有些误差是不可避免的，有的误差可加以校正，有的误差则是由于实验过程中的错误造成的。即使采用最可靠的

分析方法,使用最精密的仪器,由很熟练的分析人员操作,也不可能得到绝对准确的结果。

为了使测定结果尽可能接近客观真值,必须了解误差产生的原因及误差出现的规律,并采取相应措施以减小误差。在进行数据处理时,需要对误差的大小作出正确表述,并对分析结果的可靠性和精确程度做出合理判断。

误差产生的原因和分类

根据误差产生的原因,可以大致将误差分为两大类。

1. 系统误差

系统误差是由某种固定原因造成的,它具有单向性、重复性,即正负、大小都有一定的规律性,当重复进行测定时会重复出现,若能找出原因,并设法加以测定,就可以消除,因此也称为可测误差。

产生系统误差的原因主要有以下几个方面:

- (1) 方法误差 分析方法本身所造成的误差;
- (2) 仪器误差 仪器本身不够精确引起的误差;
- (3) 试剂误差 试剂不纯,含有被测组分或干扰物质等所引起的误差;
- (4) 操作误差 操作人员的主观原因造成的误差。

系统误差的存在影响测定结果的准确度。为了检查分析过程中有无系统误差存在,需做对照试验(与标准样品对照,与标准方法对照),对实验结果用统计检验方法确定有无系统误差。

2. 偶然误差

偶然误差是由某些难以控制、无法避免的偶然因素造成的,其大小、正负都不固定。偶然误差不能通过校正而减小或消除,但统计规律表明,增加测定次数,可以使分析结果的平均值更趋近于真实值。一般的分析结果总是平行测定4~6次,用平均值报告结果。

偶然误差的大小决定分析结果的精密度。

由于分析工作人员粗心大意或违反操作规程所引起的误差称为过失,结果应弃去重做。

误差的表示方法

1. 误差与准确度

误差:测定值(x)与真实值(T)之间的差值。

准确度:测定值与真实值符合的程度。

误差的大小是表示准确度高低的尺度。

绝对误差 = 测量值 - 真实值,即 $E = x - T$,有正值或负值,表示测定结果偏高或偏低。

相对误差 = 绝对误差 / 真实值, 即 $E_r = E/T$, 相对误差能更好地反映误差在真实值中所占的比例, 对于比较测定结果的准确度更为合理。

例如称量, 绝对误差相同时, 称取质量较大的样品的相对误差较小, 即该样品称得的准确度较高。

2. 偏差与精密度

在成分分析实验中, 一般待测物含量的真实值是未知的, 为了得到可信的结果, 往往在相同的条件下, 对试样进行重复多次测定, 取其平均值, 将任一测得值与平均值进行比较, 其差值称为偏差。多次测定值之间相互接近的程度, 则称为精密度, 表示测定结果重现性的好坏。

偏差的大小表示精密度的高低。

偏差是单独测定值与平均测定值的差异。

绝对偏差: 单个测量值与测量平均值之差。绝对偏差的值可正可负。若令 $\bar{x}$ 代表一组平行测量的平均值, 则单个测量值 x_i 的偏差 d 为:

$$d = x_i - \bar{x}$$

平均偏差: 各单个偏差绝对值的平均值, 称为平均偏差, 以 $\bar{d}$ 表示, n 次测量结果的平均偏差定义式如下:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

相对平均偏差: 平均偏差 $\bar{d}$ 与测量平均值 $\bar{x}$ 的比值称为相对平均偏差, 定义如下式:

$$\begin{aligned} \text{相对平均偏差}(\%) &= \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| / n}{\bar{x}} \times 100\% \end{aligned}$$

相对平均偏差越小, 表示实验结果的精密度越高。

3. 准确度与精密度的比较

准确度: 表示测量结果与被测组分的真实值接近的程度, 用误差大小来衡量。

精密度: 表示几次平行测定结果相互接近的程度, 用偏差大小来衡量。

1.5.3 有效数字及其运算规则

1. 有效数字

实验数据不仅表示测量值的大小, 也反映出测量的精确程度, 过多或过少

地使用有效数字都会对分析结果的精密度产生误解,因此必须正确记录数字的位数。

有效数字就是实际上能够测量得到的数字,它包括所有确定的数字和第一位可疑数字。有效数字的位数是由实验方法和仪器准确度决定的。

如常用容量仪器,容量分析一般应保证四位有效数字。而量筒的精度为 1 mL,故读数可取 10.3 mL。台秤的精度为 0.1 g,故读数可取 0.56 g。分析天平读数可达小数点后 5 位。

2. 有效数字的使用

(1) 0 的定位认定

数字末位和中间的 0 有效,第一个非 0 数字前的 0 无效。

(2) 计算规则

数据处理时,经常遇到一些有效数字位数不相同的数据,因此必须按一定规则进行计算,以节省时间,减少计算错误。

①在记录测定的数据时,只保留一位可疑数字。

②加减法 会造成各个数据绝对误差的传递,以小数点后位数最少的数为依据,保留和(或差)的位数。

③乘除法 各个数值相对误差会传递,以有效数字位数最少的数为依据,保留积(或商)的位数。

④对数运算 整数部分代表该数的方次,其有效数字的位数仅取决于尾数部分的位数,而且尾数部分的所有“0”都为有效数字。

⑤非测量数 不是测量所得数字,其有效数字位数可视为无限。

⑥准确度和精密度 多数情况下,只取 1~2 位有效数字。

⑦用计算器计算时,只对最后的结果进行修约。

(3) 修约规则

数据处理时,常遇到一些准确度不同即有效数字位数不同的数字,每一个测量值的误差都要传递到结果上面去,对于这些数据,必须按一定规则修约。当有效数字位数确定后,多余的尾数应弃去。规则是“四舍六入五成双”。

当尾数 ≤ 4 时,舍去,当尾数 ≥ 6 时,进位。

当尾数 $= 5$ 时,5 后面为非 0 数时进位。

5 后面为 0 时,前位数为奇数时,进位。

前位数为偶数时,舍去。

1.5.4 数据处理

数据是表达实验结果的重要方式之一,因此要求实验者将测量的数据正确