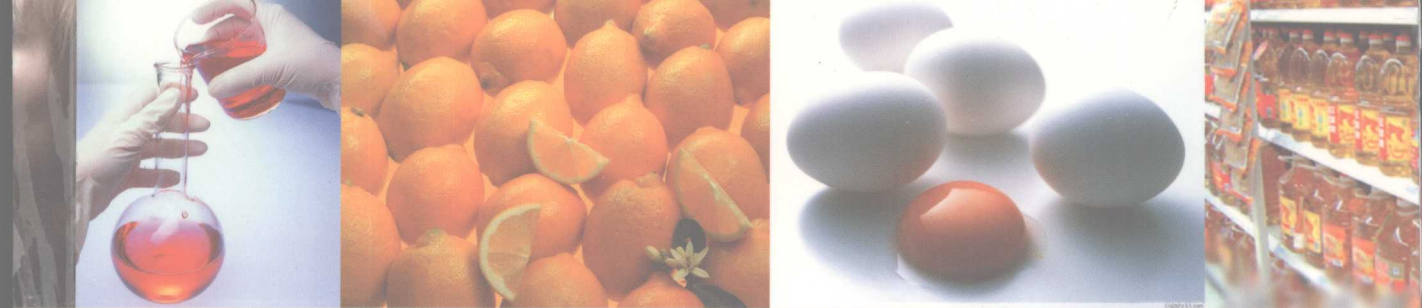
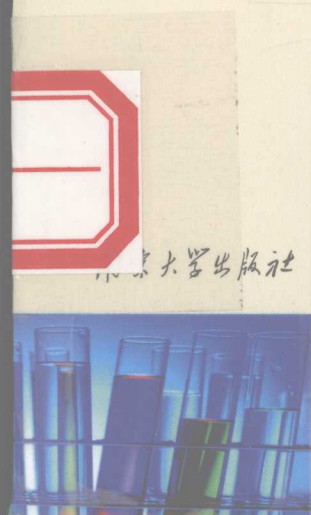




高等学校文化素质教育（自然科学类）系列教材

徐培珍 赵斌 孙尔康 编著

化学实验 与社会生活

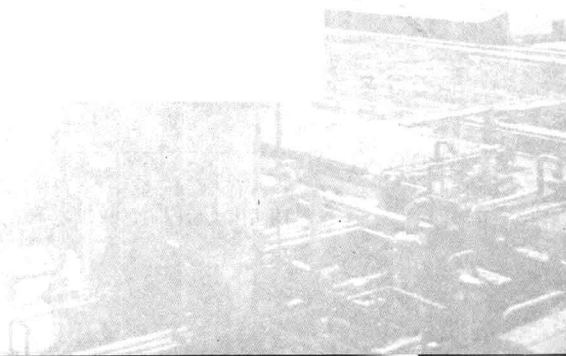


北京大学出版社

高等学校文化素质教育（自然科学类）系列教材

徐培珍 赵斌 孙尔康 编著

化学实验 与社会生活



图书在版编目(CIP)数据

化学实验与社会生活 / 徐培珍等编著. —南京: 南京大学出版社, 2008. 4

(高等学校文化素质教育(自然科学类)系列教材)

ISBN 978-7-305-05382-5

I. 化… II. 徐… III. 化学实验—高等学校—教材
IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 041633 号

出版者 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

网 址 <http://press.nju.edu.cn>

出版人 左 健

丛书名 高等学校文化素质教育(自然科学类)系列教材

书 名 化学实验与社会生活

编 著 徐培珍 赵 斌 孙尔康

责任编辑 蔡文彬 编辑热线 025-83686531

照 排 南京玄武湖印刷照排中心

印 刷 南京人文印刷厂

开 本 787×960 1/16 印张 14 字数 306 千

版 次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000

ISBN 978-7-305-05382-5

定 价 24.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮件 sales@press.nju.edu.cn (销售部)

nupress1@public1.ptt.js.cn

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

序

近五十年来,科学技术发展突飞猛进,生产力空前发展,化学及其化学产品已渗入现代社会的每一个角落,化学与环境、化学与健康、化学与资源、化学与能源等关系更是密不可分,而这些问题也正是当今社会发展和人类生存所面临的重大问题。所以,化学作为基础和中心学科的社会地位已毋庸置疑。

“以人为本,知识传授、能力培养、素质提高全面协调发展”的教育理念已成为二十一世纪高等教学改革的方向。我国各高等院校纷纷开始探索和研究如何进行素质教育。毫无疑问,对人文和社会科学学科的学生进行自然科学知识的教育是构成素质教育的重要内容。但是,如何把复杂的自然科学知识组织为生动形象的教学内容,能够让文科学生理解和接受,对教材编写者来说是一个巨大的挑战。

徐培珍等老师积几十年化学基础实验教学经验,调研了十多所院校和化学相关学科的教学内容,积累了丰富的、具有各方面学科背景的资料。在此基础上,作者以独特的视角,从与我们生活、环境、健康关系紧密的趣味现象为切入点,设计了一个个激发读者兴趣的实验,并在南京大学人文学科学生的素质教学中实践三年后,集成了《化学实验与社会生活》一书。该书突出知识传授与现实关怀及问题意识的结合,是国内第一本融知识和趣味于一体的自然科学素质实验教学教材,也是南京大学国家级精品课程《大学化学实验》教学改革的一部分。它的出版将为我国兄弟院校素质教育提供教学资源 and 教学经验,进一步推进我国高等学校素质教育的发展。

张剑荣

2008年3月

前 言

我国高等学校为了贯彻大学生的素质教育,许多学校开设了《化学与社会》的公选课,深受文科学生和非化学类专业学生的欢迎。但至今尚未见报道国内高校开设相应的化学实验公选课。化学是一门实验科学,化学与环境、能源、食品、人的健康等人们的日常生活密切相关,与其他学科也相互交叉、相互渗透。所以,开设化学实验公选课提高文科及非化学类学生科学素养,培养复合型人才是有意义的。

我们在调查研究的基础上,根据文科学生现有的化学基础,精选了 41 个实验供选择和使用。这些实验既反映了化学学科一些前沿知识,又与社会日常生活息息相关,既有趣味性又能实际操作,同时又能培养学生的科学思维和严谨的科学作风。通过南京大学三届学生的实践,编著出版《化学实验与社会生活》一书。

本实验的开设和书的出版得到南京大学教务处长、博士生导师王志林教授,化学化工学院副院长、博士生导师董林教授,南京大学国家级化学实验教学示范中心主任、博士生导师张剑荣教授大力支持和帮助。吴琴媛教授、张剑荣教授审阅全书并提出了宝贵意见。南京大学医院张家芳同志提供了“指尖血中葡萄糖浓度的测定实验”的资料,金敏燕副教授对实验的开设和书的出版提出了宝贵意见,南京大学出版社编辑蔡文彬对本书出版给予了大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,敬请读者和同行们批评指正。

编 者

2008.3

目 录

第1章 绪论 1

- § 1.1 人文、社会等文科院系开设大学化学
实验的目的 1
- § 1.2 实验内容的选择 1
- § 1.3 大学化学实验课的学习方法 2
- § 1.4 化学实验规则 3
- § 1.5 实验室的安全 4
- § 1.6 绿色化学与实验室 5
- § 1.7 有效数字 6
- § 1.8 误差及数据处理 9
- § 1.9 参考资料简介 12

第2章 基本操作 15

- § 2.1 常用仪器的洗涤及干燥 15
- § 2.2 实验室用的纯水 17
- § 2.3 试剂及其用法 19
- § 2.4 试纸的使用 21
- § 2.5 加热方法 22
- § 2.6 固体、液体分离 24
- § 2.7 常用仪器的使用方法 26

第3章 化学与环境及环境保护 47

- § 3.1 雨水酸度的测定 51
- § 3.2 大气尘埃中铅的鉴定 53
- § 3.3 空气中氮氧化物的测定 55
- § 3.4 甲醛和氨的鉴定 57

§ 3.5	水的净化	60
-------	------------	----



第4章 化学与生命及身体健康 62

§ 4.1	人体必需微量元素的定性鉴定	64
§ 4.2	头发中某些微量元素的检测	69
§ 4.3	生物体中钙、铁、磷的鉴定	70
§ 4.4	指尖血中葡萄糖浓度的测定	71



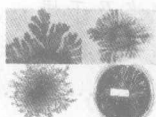
第5章 化学与食品及膳食平衡 75

§ 5.1	植物和土壤中某些元素的鉴定	77
§ 5.2	食品中有害金属离子的鉴定	80
§ 5.3	食品中营养元素的鉴定	81



第6章 化学与生活 84

§ 6.1	掺假食品的鉴别	84
§ 6.2	消毒剂中的化学	87
§ 6.3	鲜牛奶新鲜度的检测	90
§ 6.4	塑料燃烧鉴别法	92
§ 6.5	居家生活中的化学	94



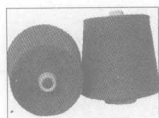
第7章 趣味化学 97

§ 7.1	化学侦破技术	97
§ 7.2	彩色“化学钟” ——BZ 振荡	99
§ 7.3	水中美景	102
§ 7.4	种植在纸上的花草树木	104
§ 7.5	自己动手其乐无穷 ——制作“琥珀”、可燃“冻胶”、生物电池···	106



第8章 化学与烹饪 109

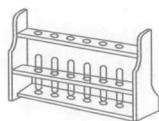
——厨房中的化学(课余作业)	109
----------------------	-----



第9章 开放实验、选做实验	114
§ 9.1 五水硫酸铜的制备	114
§ 9.2 人造纤维的制备	117
§ 9.3 硫酸铝钾的制备及单晶的培养	119
§ 9.4 饼干中 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 测定	120
§ 9.5 食醋质量检测	121
§ 9.6 食醋中氨基氮含量测定(甲醛法)	123
§ 9.7 食用植物油酸价测定	124
§ 9.8 化肥中氮的测定	125
§ 9.9 水果、蔬菜中总酸的测定	127
§ 9.10 水中钙镁总量的测定	128
§ 9.11 水中化学耗氧量的测定	130
§ 9.12 真假奶粉中蛋白质含量的比较	132
§ 9.13 绿色果蔬中叶绿素含量的测定	134



第10章 设计实验	
——考试实验	137
§ 10.1 茶叶中微量元素的鉴定	
—— Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 的鉴定	137
§ 10.2 蛋壳中钙、镁、铁、铝的鉴定	138
§ 10.3 花生中钾、磷的鉴定	138
§ 10.4 牛奶中钙、磷的鉴定	139
§ 10.5 未知调味品的鉴别	139



附录	140
附录1 常用玻璃(瓷质)仪器	140
附录2 元素周期表	148
附录3 实验报告	149



参考文献	213
-------------	-----

第1章 绪论



§ 1.1 人文、社会等文科院系开设大学化学实验的目的

今日的化学已是社会生活中的中心学科,它与当今全球性的几大问题,如环境问题、资源问题、能源问题、人口问题和粮食问题都存在一定的关系。因此化学教育不再局限于对本学科及相关学科开设,而应面向全校开设。除进行化学知识的介绍外,还要进行化学与环境、生命、能源及材料等学科相互交叉、渗透、融合的教育,以培养学生的社会责任感,引导学生关心自然、关心人类的命运,增强环境意识,提高科学素养。

化学是一门实验科学,化学实验是一门启发性很强,主动性很大,知识面覆盖很广的课程,更是实施全面的化学教育最有效的教学形式。大学化学实验课是化学化工学院、生命科学学院、医学院、地球科学学院等院系学生的必修课,同时也是人文、社会等院系学生的重要的素质教育课程。

作为公共选修课,大学化学实验要达到以下的目的:

- (1) 拓宽学生的知识面,学习一定的化学知识、实验操作和技术,以利于加强文、理渗透和结合,培养复合型人才;
- (2) 培养学生的智力因素:动手、观察、查阅、记忆、思维、想象和表达;
- (3) 培养学生的基本科学素质和科学精神:求实、求真、存疑;艰苦创业、勤奋不懈、谦虚好学、乐于助人;
- (4) 培养学生社会责任感,增强环境保护、食品安全等意识。

§ 1.2 实验内容的选择

考虑到本课程选修的对象是文科学生,具备的化学基本知识、基本操作、基本技能和化学

化工学院等院系学生有很大的差异,加上中学文、理分科较早,以及各中学条件相差太大,部分学生可能从未亲自动手做过实验。此外,本课程的学时数也很少,所以在内容的选择上不能强调从基本训练开始,更不能强调“三基”训练和化学知识的覆盖率,而是侧重于以下几个方面:

- (1) 可操作性:使每个学生都能独立、正确地完成实验,避免操作难度较大的实验。
- (2) 前沿性:结合社会、生活,在适合操作的前提下,尽可能多的向学生介绍涉及环保等其他学科的实验,进一步增强学生对化学是“中心学科”的认识。
- (3) 趣味性、实用性:避免用时过长、操作过多的实验,选择与生活有关的实验,如烹饪中的化学、化学侦破技术、化学娱乐等方面的实验。
- (4) 参与性与多样性:有的实验是在规定的时间内在实验室中完成,也有的是作为作业在课余或假期内完成,有的实验是学生亲自收集实验材料(如收集酸雨、尘埃),再动手做的实验。尽可能吸引学生的注意力,激发学生的求知欲。

§ 1.3 大学化学实验课的学习方法

大学化学实验的学习,不仅需要学生有一个正确的学习态度,而且还需要有一个正确的学习方法。现将学习方法归纳为如下几个方面:

1. 预习

预习是做好实验的前提和保证。要认真阅读实验教材,做到明确目的,了解实验原理;熟悉实验内容、主要操作步骤及数据的处理方法;提出注意事项,合理安排实验时间;预习或复习基本操作、有关仪器的使用。

2. 讨论

- (1) 实验前以提问的形式,师生共同讨论,掌握实验原理、操作要点和注意事项;
- (2) 观看操作录像,或由教师操作示范,使基本操作规范化;
- (3) 实验后组织课堂讨论,对实验现象、结果进行分析,对实验操作和素养进行评说,以达到提高的目的。

3. 实验

(1) 按拟定的实验步骤独立操作,既要大胆,又要细心,仔细观察实验现象,认真测定数据,并做到边实验、边思考、边记录;

(2) 观察的现象,测定的数据,要如实记录在报告本上。不用铅笔记录,不记在草稿纸、小纸片上。不凭主观意愿删去自己认为不对的数据,不杜撰原始数据。原始数据不得涂改或用橡皮擦拭,如有记错可在原始数据上划一道杠,再在旁边写上正确值;

(3) 实验中要勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。碰到疑



图 1-1 实验操作

难问题,可查资料,亦可与教师讨论,获得指导;

(4) 如对实验现象有怀疑,在分析和查找原因的同时,可以做对照实验、空白实验,或自行设计实验进行核对,必要时应多次实验,从中得到有益的结论;

(5) 如实验失败,要检查原因,经教师同意后重做实验。

4. 实验后

做完实验仅是完成实验的一半,余下更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,把直接的感性认识提高到理性思维阶段。要做到:

(1) 认真、独立完成实验报告。对实验现象进行解释,写出反应式,得出结论,对实验数据进行处理(包括计算、作图);

(2) 对实验现象以及出现的一些问题进行讨论,敢于提出自己的见解;对实验提出改进的意见或建议;

(3) 回答问题。

5. 实验报告

附录3为各实验的实验报告,实验记录直接写在上面,要求书写字迹端正,叙述简明扼要,实验记录准确清楚,报告整齐清洁。

要求在实验室内完成报告并上交。

§ 1.4 化学实验规则

(1) 实验前应认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理和方法;

(2) 实验时要遵守操作规则,遵守一切必要的安全措施,保证实验安全;

(3) 遵守纪律,不迟到、不早退,保持室内安静,不要大声谈笑;

(4) 使用水、电、煤气、药品时都要以节约为原则,对仪器要爱护;

(5) 实验过程中,随时注意保持工作环境的整洁。火柴梗、纸张、废品等只能丢入废物缸内,不能丢入水槽,以免水槽堵塞。实验完毕后洗净、收好玻璃仪器,把实验桌、公用仪器、试剂架整理好;

(6) 实验中要集中注意力,认真操作,仔细观察,将实验中的一切现象和数据都如实记录在报告本上,不得涂改和伪造。根据原始记录,认真处理数据,按时写出实验报告;

(7) 对实验内容和安排不合理的地方提出改进的方法。对实验中的一切现象(包括反常现象)进行讨论,并大胆提出自己的看法,做到生动、活泼、主动地学习;

(8) 实验后由同学轮流值日,负责打扫和整理实验室。检查水、煤气、门窗是否关好,电闸是否拉掉,以保证实验室的安全;

(9) 尊重教师的指导。

§ 1.5 实验室的安全

在进行化学实验时,经常使用水、电、煤气、各种药品及仪器,如果我们马马虎虎,不遵守操作规则,不但实验会失败,还可能要造成事故(如失火、中毒、烫伤或烧伤等)。出了事故,不仅国家财产受到损失,还会损害人的健康。在化学实验中是否一定会出事故呢?不是!事故与安全是一对矛盾,它们在一定条件下可以相互转化,这个条件就是我们思想上是否重视安全工作,是否严格遵守操作规则。只要我们思想上重视,又遵守操作规则,那么事故是完全可以避免的。

1. 实验室的安全规则



图 1-2 实验室安全

(1) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时要小心,不要把它洒在皮肤和衣服上。稀释硫酸时,必须把酸注入水,并不断搅拌,而不是把水注入酸中;

(2) 有机溶剂(如乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时一定要远离火焰,用后应把瓶塞塞严,放在阴凉的地方;

(3) 制备具有刺激性的、恶臭的、有毒的气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等),或进行能产生这些气体的实验时,以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸时,应该在通风橱内进行;

(4) 氯化汞和氰化物有剧毒,不得进入口内或接触伤口。氰化物不能碰到酸(氰化物与酸作用放出氢氰酸,使人中毒)。砷酸和钡盐毒性较大,不得进入口内;

(5) 用完煤气或煤气供应临时中断时,应立即关闭煤气龙头。如遇漏煤气,应停止实验,进行检查;

(6) 实验完毕后,值日生和最后离开实验室的人员都应负责检查水、煤气龙头是否关好,电闸是否拉开,门窗是否关好。

2. 消防

消防,应以防为主。万一不慎起火,切不要惊慌,只要掌握灭火的方法,就能迅速把火扑灭。

在失火以后,应立即采取如下措施:

(1) 防止火势蔓延

① 关闭煤气龙头,停止加热;

② 拉开电闸;

③ 把一切可燃物质(特别是有机物质、易燃、易爆物质)移到远处。

(2) 灭火

物质燃烧需要空气和一定的温度,所以,通过降温或者将燃烧的物质与空气隔绝,就能达到灭火的目的。

讲到灭火,大家很自然地会想到水,它来源丰富,使用方便,水能使燃烧区的温度降低而灭火。但化学实验室有其特殊的地方,例如:水能和某些化学药品(如金属钠)发生剧烈反应,从而导致更大的火灾;又如某些有机溶剂(如苯、汽油)着火时,因它们与水互不相溶,又比水轻,故浮在水面上,水不仅不能灭火,反而使火场扩大,在这种情况下应用沙土和石棉布灭火。

实验室常备有的灭火器材有沙箱,灭火毯——石棉布或玻璃纤维布,灭火器——泡沫、二氧化碳、干粉等种类。泡沫灭火器的药液成分是碳酸氢钠和硫酸铝,用灭火器喷射起火处,泡沫把燃烧物包住,使燃烧物隔绝空气而灭火,此法不适用于电线走火引起的火灾;二氧化碳灭火器,内装液态二氧化碳,是化学实验室最常用的设备,也是最安全的一种灭火器,适用于油脂和电器走火,但不能用于金属灭火;干粉灭火器的主要成分是碳酸氢钠等盐类物质、适量的润滑剂和防潮剂,适用于油类、可燃气体、电器设备等不能用水扑灭的火焰。

实验室常用的灭火方法应视火势大小、起火物质而异。

① 一般小火可用湿布、石棉布或沙土覆盖在着火物体上,火势大时用灭火器;

② 金属和有机溶剂燃烧时,用沙土和石棉布;

③ 一般起火,如油类、有机物燃烧,可用泡沫灭火器和二氧化碳灭火器;电线走火引起的火灾,须用二氧化碳灭火器。



图 1-3 灭火器灭火

3. 实验室一般伤害的救护

(1) 割伤:先挑出伤口内的异物,然后在伤口抹上红药水或紫药水后用消毒纱布包扎;也可贴上“创口贴”,立即止血,且易愈合。

(2) 烫伤:在伤口处抹烫伤油膏或万花油,不要把烫出的水泡碰破。

(3) 受酸腐伤: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。

(4) 受碱腐伤:先用大量水冲洗,再用醋酸溶液($0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)或硼酸溶液冲洗,最后再用水冲洗。

(5) 酸和碱不小心溅入眼中时,必须用大量水冲洗,持续 15 min,随后即到医生处检查。

(6) 吸入溴蒸气、氯气、氯化氢气体,可吸入少量酒精或乙醚混合蒸气。

每个实验室里都备有药箱和必要的药品,以备急用。如果伤势较重,应立即去医院就医。

§ 1.6 绿色化学与实验室

1. 绿色化学

传统的化学为人类创造了大量的物质财富,也使生活质量、生活水平有了极大的提高,

但同时也造成了有史以来最严重的环境污染,当今重大的环境问题几乎都与化学品的生产有着直接或间接的关系。化学如何才能在创造财富的同时不污染环境?在提高生活质量和生活水平的时候不危害健康?环境问题的解决途径在哪里?保护环境、持续发展,这是人类社会生存与发展的唯一选择。20世纪90年代出现的化学新领域——绿色化学,就是为了从根本上防止和治理环境污染,从治标转向治本。

绿色化学的中心内容是利用化学原理,在化学品的设计、生产和应用时都能做到无污染、无毒害或极少污染与毒害。把化学知识、化学技术和化学方法应用于所有化学品和化学过程中,必须做到:

- (1) 采用的原料是无毒无害的;
- (2) 反应条件(包括催化剂和溶剂)也是无毒无害的;
- (3) 反应具有高选择性,尽可能不产生副产品,最好能实现“零排放”,具有原子经济性*;
- (4) 产品对人体是健康的,对环境不产生污染。

绿色化学吸收了化学、生物、物理、信息和材料等学科的基本知识和理论,是一门有明确的社会需要和科学目标的交叉学科,是传统化学思维方式的更新和发展,它既要求从源头上消除或减少污染,又要求充分合理利用资源和能源,既降低了生产成本,又符合经济可持续发展的要求。绿色化学是目前化学研究的热点和前沿。

2. 绿色化学实验室

实施和促进绿色化学的发展,与每个公民,特别是和从事与化学有关的人都有关系。根据绿色化学的基本原则,结合教学化学实验室的特点,必须做到以下几点:

- (1) 精选实验内容,尽可能不用或少用有毒有害的原料;
- (2) 精选实验方法、条件和步骤,充分利用原材料,减少“三废”的产生;
- (3) 实验产品既要无毒无害,又要能再循环使用;
- (4) 对实验过程中产生的“三废”,要分门别类地处理后再排放。对有用或贵重的成分要回收、利用,对有毒有害的必须处理后才能排放;
- (5) 学生必须严格按照规定进行实验,如试剂的用量、实验条件的控制等。

§ 1.7 有效数字

1. 有效数字的概念

有效数字是以数字来表示有效数量,也是指在具体工作中实际能测量到的数字。例如,

* 原子经济性(Atom Economy)是指反应物中的原子有多少进入了产物。一个理想的原子经济性的反应,就是反应物中的所有原子都进入了目标产物的反应,也就是原子利用率为100%的反应。

将一蒸发皿用分析天平称量,称得质量为 30.5119 g,证明这个数字是有效数字,即有六位有效数字。如用台天平称,则称得质量为 30.5 g,这样仅有三位有效数字。所以有效数字是随实际情况而定,不是由计算结果决定的。

如果数字中有“0”时,则要具体分析。“0”有两种用途:一种是表示有效数字;另一种是决定小数点的位置。例如 30.5119 g 和 5.3200 g 中的“0”都是表示有效数字。0.0036 g 中的“0”只表示位数,不是有效数字,表明 0.0036 中的 3 是在小数点后的第三位,它的有效数字仅有二位。在 0.00100 中,“1”左边的 3 个“0”不是有效数字,仅表示位数,只起定位作用,而“1”右边的 2 个“0”是有效数字,这个数的有效数字是三位。

在化学计算中,如 3600、1000 以“0”结尾的正整数,它们的有效数字位数比较含糊。一般可以看成是四位有效数字,也可以看成是二位或三位有效数字,需按照实际测量的准确度来确定。如果是二位数字有效,则写成 3.6×10^3 、 1.0×10^3 ;如果是三位有效数字,则写成 3.60×10^3 、 1.00×10^3 。还有倍数或分数的情况,如 2 mol 铜的质量为 2×63.54 g,式中的 2 是个自然数,不是测量所得,不应看作一位有效数字,而应认为是无限多位的有效数字。

对数的有效数字的位数仅取决于小数部分(尾数)数字的位数,其整数部分(首数)为 10 的幂数,不是有效数字。比如 $\text{pH} \approx 11.20$,其有效数字为二位,所以 $[\text{H}^+] = 6.3 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2. 应用有效数字的规则

(1) 有效数字的最后一位数字,一般是不定值。例如,在分析天平上称得蒸发皿的质量为 30.5119 g,这个“9”是不定值,也就是讲这个数值可以是 30.5118 g,也可以是 30.5120 g,这不定值差别的大小,是由仪器的准确度所决定。记录数据时,只应保留一位不定值。

(2) 运算时,用“四舍五入”的原则弃去多余的数字,也有用“四舍六入五留双”的原则,前者是当尾数 ≤ 4 时,弃去;当尾数 ≥ 5 时,进位。后者是当尾数 ≤ 4 时,弃去;当尾数 ≥ 6 时,进位;尾数 = 5 时,如进位后得偶数,则进位,如弃去后得偶数,则弃去。

(3) 几个数值相加或相减时,和或差的有效数字保留位数,取决于这些数值中小数点后位数最少的数字。运算时,首先确定有效数字保留的位数,弃去不必要的数字,然后再做加减运算。例如,35.6208、2.52 及 30.519 相加时,首先考虑有效数字的保留位数。在这三个数中,2.52 的小数点后仅有两位数,其位数最少,故应以它作标准,取舍后是 35.62、2.52、30.52 相加,具体计算见算式①(在不定值下面加一短横线来表示)。如果保留到小数点后三位,具体计算见算式②。算式①的和只有一位不定值,而算式②的和有两位不定值。由于规定在有效数字中,只能有一位不定值,所以应按①式计算。

算式①:

$$\begin{array}{r} 35.62 \\ 2.52 \\ + 30.52 \\ \hline 68.66 \end{array}$$

算式②:

$$\begin{array}{r} 35.620 \\ 2.52 \\ + 30.519 \\ \hline 68.659 \end{array}$$

(4) 几个数字相乘或相除时,积或商的有效数字的保留位数,由其中有效数字位数最少的数值的相对误差所决定,而与小数点的位置无关。例如, $0.1545 \times 3.1 = ?$,假定它们的绝对误差分别为 ± 0.0001 和 ± 0.1 ,两个数值的相对误差分别是:

$$\pm(1/1545) \times 100\% = \pm 0.06\%$$

$$\pm(1/31) \times 100\% = \pm 3.2\%$$

第二个数值的有效数字位数少,仅有两位,其相对误差最大,应以它为标准来确定其他数值的有效数字位数。具体计算时,也是先确定有效数字的保留位数,然后再计算。

算式③:

算式④:

$$\begin{array}{r} 0.15 \\ \times 3.1 \\ \hline 15 \\ 45 \\ \hline 0.465 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0.155 \\ \times 3.1 \\ \hline 155 \\ 465 \\ \hline 0.4805 \end{array}$$

在算式③中积是0.465,有两位不定值,最后得数应弃去一位,得0.46;而在算式④中积是0.4805,有三位不定值。实际计算应按算式③计算。

在乘除运算中,常会遇到9以上的大数,如9.00、9.83等。其相对误差约为0.1%,与10.08、12.10等四位有效数字数值的相对误差接近,所以通常将它们当作四位有效数字的数值处理。

在较复杂的计算过程中,中间各步可暂时多保留一位不定值数字,以免多次弃舍,造成误差的积累。待到最后结束时,再弃去多余的数字。

目前,电子计算器的应用相当普遍。由于计算器上显示的数值位数较多,虽然在运算过程中不必对每一步计算结果进行位数确定,但应注意正确保留最后计算结果的有效数字位数。

3. 实验数据的表示方法

化学实验数据最常用的表示方法主要有列表法、图解法和数学方程式法三种。现将本实验中用到的列表式方法介绍如下。

列表法是表达实验数据的最常用的方法。把实验数据列入简明合理的表格中,使得全部数据一目了然,便于进一步的处理、运算与检查。一张完整的表格应包含表的顺序号、名称、项目、说明及数据来源五项内容。因此,作表格时要注意以下几点:

(1) 每张表格都应编有序号,有完全而又简明的名称;

(2) 表格的横排称为“行”,竖排称为“列”。每个变量占表中一行,一般先列自变量,后列应变量。每一行的第一列应写出变量的名称和量纲;

(3) 每一行所记数据,应注意其有效数字位数。同一列数据的小数点要对齐。数据应按自变量递增或递减的次序排列,以显示出变化规律。

§ 1.8 误差及数据处理

1. 误差的分类

在定量分析中,由各种原因造成的误差,按照性质可分为系统误差、偶然误差和过失误差三类。

(1) 系统误差:又称可测误差。由于实验方法、所用仪器、试剂、实验条件的控制以及实验者本身的一些主观因素造成的误差,称系统误差。这类误差的性质是:在多次测定中会重复出现,所有的测定或者都偏高,或者都偏低,即具有单向性。由于误差来源于某一个固定的原因,因此,数值基本是恒定不变的。

(2) 偶然误差:又称随机误差或未定误差。是由一些偶然的原因造成的,例如,测量时环境温度、气压的微小变化,都能造成误差。这类误差的性质是:由于来源于随机因素,因此,误差数值不定,且方向也不固定,有时为正误差,有时为负误差。这种误差在实验中无法避免。从表面看,这类误差也无什么规律,但若用统计的方法去研究,可以从多次测量的数据中找到它的规律性。

(3) 过失误差:这是由于实验工作者粗枝大叶,不按操作规程办事,过度疲劳或情绪不好等原因造成的。这类错误有时无法找到原因,但是完全可以避免。

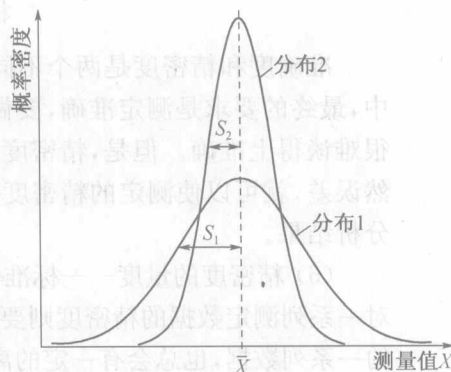


图 1-4 偶然误差的正态分布

2. 误差的表示方法

首先要先理解几个重要概念:

(1) 真实值:真实值是一个客观存在的真实数值,但又不能直接测定出来。如一个物质中的某一组分含量,应该是一个确切的真实数值,但又无法直接确定。由于真实值无法知道,往往都是进行许多次平行实验,取其平均值或中位值作为真实值,或者以公认的手册上的数据作为真实值。

(2) 平均值:平均值是指算术平均值($\bar{X}$),即测定值的总和除以测定总次数所得的商。

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3 + \cdots + X_n) / n$$

式中: X_n 为各次测定值; n 为测定次数。

(3) 中位值:中位值是将一系列测定数据按大小顺序排列时的中间值。若测定的次数