



中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术基金项目资助

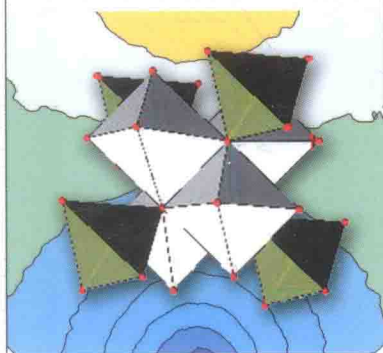
(第二版)

大学化学实验

DAXUE HUAXUE SHIYAN

王群英 ◎主 编

安黛宗 ◎副主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

大学化学实验

DAXUE HUAXUE SHIYAN

(第二版)

王群英 主 编
安黛宗 副主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内容提要

本书是高等院校非化学类专业化学实验教材,可与化学工业出版社出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材——《大学化学(第二版)》配套使用。全书分为4个部分:绪论,化学实验基本知识、基本操作及实验仪器使用简介,实验(包括基本化学原理及基本操作实验、元素及化合物性质实验和应用及开放实验)及应用 Excel 软件处理化学实验数据,共收编 35 个实验。实验题目数量适中,由基本操作实验到综合性开放实验,层次分明,既能培养学生的实验动手能力,又能适应应用型创新人才的培养需求。

本书可作为高等院校非化学类专业学生的化学实验教材,也可作为相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/王群英主编. —2 版. —武汉:中国地质大学出版社,2015.4
ISBN 978-7-5625-3610-9

I. 大…

II. ①王…

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(2015)第 067556 号

大学化学实验(第二版)

王群英 主 编
安黛宗 副主编

责任编辑:胡罗兰

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:290 千字 印张:11.25

版次:2007 年 12 月第 1 版 2015 年 4 月第 2 版

印次:2015 年 4 月第 3 次印刷

印刷:武汉珞南印务有限公司

印数:5 001—6 000 册

ISBN 978-7-5625-3610-9

定价:25.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

再版前言

《大学化学实验》第一版作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《大学化学》配套的实验教材，由中国地质大学出版社2007年出版，距今已7年有余。

本次修订再版，保持了第一版的特点。根据高等学校大学化学课程教学要求，总结多年来大学化学实验课程的教学经验，结合近年来的教学研究成果和教学的实际情况，尤其是实验仪器更新和计算机技术的应用，对第一版进行了修编，强调少而精地做好实验，力求提高学生的实验动手能力、观察能力、思维能力和解决实际问题的能力，同时培养学生严谨的科学态度和良好的工作作风，调动学生对化学实验的兴趣，开发其学习的潜能。

本次修订再版，对一些实验做了修订或补充。比如，增加了气体钢瓶及减压阀的使用、WAY阿贝折射仪的使用方法及Excel对化学实验数据的处理；结合学校新进的实验仪器，对燃烧焓的测定、二组分金属相图进行了更新；同时对第一版中的一些错误进行了更正。

本书包括绪论，化学实验基本知识、基本操作及实验仪器使用简介，实验及应用 Excel 软件处理化学实验数据共四部分内容，根据实际教学过程中总结的经验，对实验部分进行了精减，共收编了35个实验，其中包括：基本化学原理及基本操作实验、元素与化合物性质实验和应用及开放实验。

参加本次修编工作的有王群英、安黛宗、廖桂英、洪建和、华萍、夏华、谢静等老师。付凤英老师编写了“气体钢瓶及减压阀的使用”，并对“燃烧焓的测定”进行了修编；“Lie-segang 环带——凝胶中的周期性沉淀反应”实验由杨问华教授编写；“微珠法测定痕量铁”由盛绍基教授编写。

编写中参考了国内外出版的一些实验教材、科技论文及著作，从中得到许多启发和教益，在此也向这些作者表示衷心的感谢。本书得到了中国地质大学（武汉）实验技术研究项目资助。在编写过程中得到了材料与化学学院许多教师的热情鼓励和支持，在此也一并感谢！

我们努力并力争在修编过程少出错误，但由于水平有限，书中可能存在不足甚至错误，恳请读者不吝指出，深表感谢。

编者
2015. 2

前 言

本教材是面向 21 世纪课程体系与教学内容改革的初步成果之一。1999 年,中国地质大学(武汉)大学化学实验室作为湖北省教委“双基评估”的实验室,开始立项研究实验教学,我们获中国地质大学校级教学研究项目。2006 年,我们立项“大学化学实验教学改革”获准为湖北省教委省级教学项目,进而成为教学研究的重点内容之一。

《大学化学》(含《大学化学实验》)是中国地质大学(武汉)12 门重点课程之一,2007 年元月我们编写的《大学化学》由化学工业出版社出版,并成为国家“十一五”重点规划教材,而我们从事多年研究的《大学化学实验》是其配套教材。

21 世纪化学学科正发生巨大的变化,其中实验学科的发展迅速惊人。目前,化合物总类已达 3000 万以上。实验测量技术精度空前提高,空间分辨率可达 10^{-10} m,时间分辨率可达飞[母托]秒级(10^{-15} s),测定物质的浓度检出限可达 10^{-13} g/cm³。新物质层出不穷,例如在无机材料化学领域里近 10 年的时间里,高温超导材料、纳米相材料、C₆₀ 碳纳米管等,以一次又一次的辉煌震撼了整个学术界。今天,化学家们不仅研究地球重力场作用下发生的化学过程,而且已开始系统研究物质的磁场、电场、光能、力能以及声能作用下的化学反应,甚至在高温、高压、高纯、高真空、无氧无水等实验技术的基础上尝试研究在太空失重和强辐射、高真空情况下的化学反应过程。

作为高等院校的基础化学教育,正担负着培养基础厚、能力强、素质好的复合型人才的重任,而实验教学正是实施全面化学教育的有效形式。学生通过实验中的基本技能的训练,能够培养严谨的科学态度以及分析和解决问题的能力。随着大学课程的教学改革,大学化学实验教学改革也提到日程上来。在注重扎实的基础,注重“求真、求实、求准”的同时,还应在创新、综合能力及应用方面加强学生素质的培养。

因此,我们在多年实验教学的基础上,参考了国内外化学实验教材及教学有关的研究资料,结合中国地质大学(武汉)的特色,在原编写的《大学化学实验》基础上,引进其材化学院科研的部分研究成果,编写了这部实验教材。

这部教材体系共分四部分内容:基本实验部分,综合实验部分,应用及开放实验部分,共计 40 个实验。主要适用于非化学类专业,其他专业可根据具体情况选用。

参加本书编写的有安黛宗(实验一、二、五、二十五、二十七、二十九、三十、四十、前言、第一章、第二章、附录);华萍(实验三、四、八、十、十一、十二、十三、十四、二十四、第二章);夏华(实验十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三);王群英(实验六、七、九、十五、二十六);廖桂英(实验三十一、三十二、三十三、三十四);洪建和(实验三十五、三十六、三十七、三十九);谢静编(实验三十八、第二章),另外还邀请了盛绍基教授、杨问华副教授分别编写了实验十六、二十八;整个体系与内容由安黛宗主编,华萍副主编。洪建和对全书的统稿及校对作了大量的工作。

在此应当感谢中国地质大学(武汉)副校长欧阳建平、材化学院皮振邦、雷新荣教授给予的支持与帮助,并且承蒙中国地质大学(武汉)材料与化学学院大学化学教学部的全体老师与中国地质大学(武汉)化学实验教学示范中心的工作人员大力支持、帮助,在此表示感谢。

由于编者编写水平有限,错误在所难免,恳请批评指正。

编 者
2007. 12

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 大学化学实验的目的	(1)
第二节 大学化学实验的学习方法	(1)
第三节 学生实验守则	(2)
第四节 化学实验室安全规则	(2)
第五节 实验室中意外事故的处理	(3)
第二章 化学实验基本知识、基本操作及实验仪器使用简介	(4)
第一节 化学实验的基本知识	(4)
一、实验室基本常识	(4)
二、化学实验数据处理与表达	(5)
三、有效数字	(5)
第二节 化学玻璃仪器及实验基本操作	(6)
一、大学化学实验常用玻璃仪器介绍及玻璃仪器的洗涤和干燥	(6)
二、试剂的取用和溶液的配制	(10)
三、试纸的使用	(11)
四、化学称量仪器的使用及注意事项	(12)
五、加热操作	(12)
六、气体钢瓶、减压阀及其使用	(13)
七、大学化学微型实验简介	(15)
第三节 大学化学实验精密仪器使用简介	(16)
一、分析天平	(16)
二、雷磁 25 型、雷磁 PHS-3C 型、赛多利斯 PB-10 型酸度计的使用	(16)
三、雷磁塑壳可冲式复合电极	(21)
四、7220 型分光光度计	(22)
五、超级恒温槽	(25)
六、阿贝折射仪	(27)
七、WZZ-2B 自动旋光仪	(30)
八、电导率仪	(31)
九、B-Z 振荡实验装置	(32)
第三章 实 验	(34)
第一节 基本化学原理及基本操作实验	(34)
实验一 标准物质的称量、配制与酸碱滴定	(34)
实验二 醋酸解离常数和解离度的测定	(37)
实验三 燃烧焓的测定	(41)
实验四 液体饱和蒸气压的测定	(44)

实验五	配位平衡	(46)
实验六	电解质溶液	(50)
实验七	氧化还原反应及电化学(I)——电极电位、原电池、电解池与金属腐蚀防护	(53)
实验八	电动势的测定及应用——电化学(II)	(57)
实验九	蔗糖水解反应速率常数的测定	(59)
实验十	二级反应——乙酸乙酯皂化	(61)
实验十一	双液系气-液平衡相图	(64)
实验十二	二组分金属相图	(67)
实验十三	磺基水杨酸铁(III)配离子的组成和稳定常数的测定	(70)
第二节	元素及化合物性质实验	(73)
实验十四	锡、铅、锑、铋	(73)
实验十五	铬和锰	(77)
实验十六	铁、钴、镍	(81)
实验十七	铜、银、锌、汞	(85)
实验十八	常见阴离子的分离与检出	(89)
实验十九	常见阳离子的分离和检出	(94)
实验二十	难溶无机化合物的溶解	(100)
第三节	应用及开放实验	(102)
实验二十一	水的净化与软化处理	(102)
实验二十二	塑料电镀	(106)
实验二十三	鲁米诺的化学发光	(109)
实验二十四	Belousov - Zhabotinsky 振荡反应	(111)
实验二十五	Liesegang 环带——凝胶中的周期性沉淀反应	(114)
实验二十六	茶叶中一些元素的分离和鉴定	(116)
实验二十七	食用白醋总酸度的测定	(118)
实验二十八	高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	(119)
实验二十九	自来水中微量氯离子的测定	(121)
实验三十	紫外分光光度法测定氯霉素	(123)
实验三十一	微珠法测定痕量铁(微型实验)	(124)
实验三十二	硫酸亚铁铵的制备	(125)
实验三十三	三草酸合铁酸钾的制备及检验	(127)
实验三十四	纳米氧化锌粉的制备及质量分析	(129)
实验三十五	铁矿石中铁含量的测定	(131)
第四章	应用 Excel 软件处理化学实验数据	(134)
第一节	Excel 基础知识	(134)
一、Excel 的窗口界面		(134)
二、数据的输入		(135)
三、数据的格式化		(135)

第二节 公式和函数.....	(136)
一、创建公式	(136)
二、使用引用	(136)
三、使用名称	(137)
四、Excel 工作表函数	(137)
第三节 图表操作.....	(138)
第四节 曲线拟合.....	(139)
一、添加趋势线	(139)
二、Excel 函数	(140)
三、数据分析工具	(141)
四、数据处理实例	(142)
附录 1 若干重要无机化合物在水中的溶解度	(143)
附录 2 常用酸碱的浓度	(145)
附录 3 弱电解质的解离常数	(145)
附录 4 难溶电解质的溶度积	(147)
附录 5 常见元素及其化合物的标准电极电势	(148)
附录 6 常见配离子的稳定常数	(154)
附录 7 危险药品的分类、性质和管理	(156)
附录 8.1 化学试剂的规格	(156)
附录 8.2 化学试剂的等级标志和符号	(157)
附录 9 部分物理化学常用数据表	(159)
附录 10 一些物质的热力学性质	(162)
主要参考书目.....	(170)

第一章 绪 论

第一节 大学化学实验的目的

化学是一门中心和应用性科学,许多重要的理论依据与科研成果均是在实验研究中得到的。大学化学实验是大学化学课程的重要组成部分,是不可缺少的重要环节。大学化学实验教学的手段是大学化学理论课不能取代的,它是培养学生动手能力、观察与思考能力、创新能力及协作能力等的重要教学环节。

通过大学化学实验训练,学生可以学会运用实验方法检验和探索化学变化的规律。因此,大学化学实验的目的是:

(1) 通过实验获得第一手感性知识,经过分析、归纳、总结,将感性认识上升到理性认识,更好地理解和掌握大学化学课程的基本理论和基础知识,并适当扩大知识面。

(2) 培养学生正确地掌握实验操作和基本技术,正确地使用常用化学实验仪器,获得准确的实验数据,并学会科学地处理和分析实验结果。

(3) 培养学生独立工作、独立思考、独立分析和独立解决问题的能力,达到通过化学实验获取新知识、训练其创新能力的目的。

(4) 培养学生具有实事求是的态度,培养团队协作精神,养成准确、细致、整洁等良好的实验室工作习惯,培养学生逐步地掌握科学研究的方法。

第二节 大学化学实验的学习方法

要学好大学化学实验这门课程,还必须要有正确的学习态度和学习方法。

(1) 预习。充分预习实验教材是保证做好实验的一个重要环节。预习时认真阅读实验教材,按照每个实验中的“预习要求”进行,应当搞清楚实验的目的、内容、有关原理、操作方法及注意事项等,并初步估计每一反应的预期结果,根据不同的实验及指导教师的要求简明扼要地做好预习报告(若有需要,某些实验内容可到实验室并在教师的指导下进行预习)。对于每个实验中的“实验前准备的思考题”,预习时应认真思考。

(2) 提问和检查。实验开始前由指导教师进行集体或个别提问和检查。一方面了解学生的预习情况;另一方面可以具体指导学生进行预习。查问的内容主要是实验的目的、内容、原理、操作和注意事项等。若发现个别学生准备不够,教师可以让该学生停止本次实验,在指定日期另行补做。

(3) 进行实验。学生应遵守实验室规则,接受教师指导,按照实验教材上所指导的方法、步骤、要求及药品的用量,采用规范的操作要领进行实验。多动手、勤动脑,细心观察实验现象,准确、合理地记录实验数据,并如实记录于实验报告中。同时,应深入思考,用已学过的知识判断、理解、分析和解决实验中所观察到的实验现象和遇到的问题,培养分析

问题和解决问题的能力。实验中,若有疑问,可相互讨论或询问教师。

(4) 完成实验报告。实验完毕后,应在指定时间内做好实验报告,由课代表收齐并交给指导教师。学生可以根据每个实验的不同要求,自己设计报告格式。实验报告要记载清楚、结论明确、文字简练、书写整洁。不合格者,教师可退回学生重做。教师在接受报告时,可以提出实验中的问题,对学生进行再次查问。

第三节 学生实验守则

学生实验时,必须遵守以下规则:

(1) 实验前必须认真预习,掌握实验目的、原理、要求等。

(2) 必须按规定的时间进行实验。因故不能做实验者,应向指导教师请假,所缺实验必须在指定的时间补做,否则不能参加理论课的考试。

(3) 实验前要清点仪器,如果发现有破损或缺少,应立即报告教师,按规定手续到实验预备室补领。实验时仪器若有损坏,亦应按规定手续到实验预备室换取新仪器。未经教师同意,不得拿用其他位置上的仪器。

(4) 实验过程中要听从教师和实验工程技术人员的指导;要严格遵守各项规章制度,不准动用与本实验无关的其他仪器设备。

(5) 实验时要有严肃认真的态度,应保持安静,思想集中,做到胆大心细,认真操作,仔细观察现象,如实记录结果,积极思考问题。

(6) 实验时应保持实验室和桌面清洁整齐。火柴梗、废纸屑、废液等应投入相应的垃圾桶与废液桶中,严禁投入或倒入水槽内,以防水槽和下水管道堵塞或被腐蚀。

(7) 实验时要爱护财物,小心地使用仪器和实验设备,注意节约水、电、药品。使用精密仪器时,应严格按照操作规程进行,要谨慎细致。如果发现仪器有故障,应立即停止使用,并及时报告指导教师。

药品应按需用量取用,自药品瓶中取出的药品,不应倒回原瓶中,以免带入杂质;取用药品后,应立即盖上瓶塞,以免搞错瓶塞,沾污药品,并立即将药品瓶放回原处。

(8) 实验时要按正确操作方法进行,注意安全。

(9) 实验完毕后应将玻璃仪器洗净,放回原处。清洁并整理好桌面,打扫干净水槽和地面,最后洗净双手。

(10) 实验结束后或离开实验室前,必须检查电插头或闸刀是否拉开,水龙头是否关闭等。实验室内的一切物品(仪器、药品和实验产物等)不得带离实验室。

第四节 化学实验室安全规则

化学实验室经常使用水、电、气等,化学实验室中许多试剂易燃、易爆、具有腐蚀性和毒性,存在着不安全因素。因此,在实验前应充分了解安全注意事项。学生初次进实验室时,须接受必要的安全教育;进行化学实验时,思想上应充分重视安全问题,绝不能麻痹大意。要集中注意力,严格遵守操作规程及安全守则,以避免事故的发生。

(1) 了解实验室环境,充分熟悉水、电、气等的控制阀所在的位置,以及灭火器、消防

栓、洗眼器等存放的位置。

(2) 加热试管时, 不要将试管口指向自己或别人, 不要俯视正在加热的液体, 以免液体溅出时受到伤害。

(3) 嗅闻气体时, 应用手轻拂气体, 扇向自己后再嗅。

(4) 使用酒精灯时, 应随用随点燃, 不用时盖上灯罩。不要用已点燃的酒精灯去点燃别的酒精灯, 以免酒精溢出而失火。

(5) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性, 切勿溅在衣服、皮肤上, 尤其勿溅到眼睛上。稀释浓硫酸时, 应将浓硫酸慢慢倒入水中, 而不能将水倒入浓硫酸中, 以免迸溅。

(6) 乙醚、乙醇、丙酮、苯等有机易燃物质, 安放和使用时必须远离明火, 取用完毕后应立即盖瓶塞和瓶盖。

(7) 产生有刺激性或有毒气体的实验, 应在通风橱内(或通风处)进行。

(8) 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物等, 特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口。也不能将有毒药品随便倒入下水管道。

(9) 实验室内严禁饮食和吸烟。实验完毕, 应洗净双手后, 才可离开实验室。

(10) 实验室所有药品、仪器不得带出室外。

(11) 实验完毕后, 应将试验台整理干净, 洗净双手, 关闭水龙头、电闸、气阀等后才能离开实验室。值日生和最后离开实验室的人员都应负责检查水、电、气及门窗是否关好。

第五节 实验室中意外事故的处理

(1) 玻璃划伤: 如伤口有玻璃碎片, 先挑出, 再抹上红药水并用纱布包扎。

(2) 烫伤: 用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗灼伤口, 再抹烫伤药膏, 小面积轻度烫伤抹肥皂水即可。

(3) 酸碱腐蚀: 立即用水冲洗, 然后相应地用 3%~5% 碳酸氢钠溶液(或稀氨水、肥皂水)或 3% 硼酸(或 2% 醋酸)溶液冲洗。

(4) 溴灼伤: 立即用大量水冲洗, 再用酒精擦至无溴存在为止。

(5) 吸入氯、氯化氢等气体: 可吸入少量酒精和乙醚的混合气体以解毒(吸入硫化氢气体而感到不适或头晕时, 应立即到室外呼吸新鲜空气)。

(6) 触电: 首先切断电源, 必要时进行人工呼吸。

(7) 火灾: 若由酒精、苯或乙醚等引起着火, 应立即用湿布或沙土等扑火。

第二章 化学实验基本知识、基本操作 及实验仪器使用简介

第一节 化学实验的基本知识

一、实验室基本常识

1. 试剂的等级

根据化学试剂的纯度，按杂质含量的多少可分为4级：

一级试剂为优质纯试剂，通常用GR表示，绿色标签；二级试剂为分析纯试剂，通常用AR表示，红色标签；三级试剂为化学纯试剂，通常用CR表示，蓝色标签；四级试剂为实验或工业试剂，通常用LR表示，棕色或黄色标签。

此外，根据特殊的工作目的，还有一些特殊的纯度标准，例如光谱纯、荧光纯、半导体纯等。使用时应按不同的实验要求，选用不同规格的试剂。

2. 固体试剂的取用原则

(1) 要用干净的试剂勺取试剂。用过的试剂勺必须洗净、擦干后再使用，以免沾污试剂。

(2) 取出试剂后必须立即盖紧瓶盖，千万不要盖错瓶盖。

(3) 称取固体试剂时，注意不要取多，取多的试剂不能放回原瓶。可放在指定的容器中供他人使用。

(4) 一般的固体试剂可以放在干净的称量纸或表面皿上。具有腐蚀性、强氧化性或易潮解的固体试剂不能放在纸上；不准使用滤纸来盛放称量物。

(5) 有毒试剂要在教师的指导下取用。

(6) 供实验“称取”或“量取”的药品的量均以阿拉伯数字表示，其精确度可根据数值的有效数位来确定。如称取“0.1g”，系指称取重量可为“0.06~0.14g”；称取“2g”，系指称取重量可为“1.5~2.5g”；称取“2.0g”，系指称取重量可为“1.95~2.05g”；称取“2.00g”，系指称取重量可为“1.995~2.005g”。

3. 液体试剂或溶液的取用原则

(1) 从滴瓶中取用液体试剂时，滴管绝不能触及所使用的容器器壁，以免沾污；滴管放回原瓶时，不要放错。不能用滴管到试剂瓶中取用试剂。

(2) 取用细口瓶中的液体时，先将瓶塞反放在桌面上，不要弄脏。把试剂瓶上贴有标签的一面握在手心中，逐渐倾斜瓶子，倒出试液。试液应沿着洁净的试管壁流入试管或沿着洁净的玻璃棒注入烧杯。取出所需量后，逐渐竖起瓶子，把瓶口剩余的最后一滴试液碰到试管或烧杯中，以免液滴沿着瓶子外壁流下。

(3) 定量使用时，可根据要求分别使用量筒（杯）或移液管。取多的试液不能倒回原瓶，但可倒入指定容器内供他人使用。

(4) 在夏季由于室温高, 试剂瓶中易冲出气液, 最好把瓶子在冷水中浸泡一段时间再打开瓶塞。取完试剂后要盖紧塞子, 不可换错瓶塞。

二、化学实验数据处理与表达

本实验教材中所涉及到的化学实验数据的表示方法主要有列表法和图解法。

1. 列表法

列表法是表达实验数据最常用的方法。将实验数据记录到简明合理的表格中, 使得全部实验数据一目了然, 便于得出变量之间的关系以及变化的规律, 以便进一步地进行数据处理。一张完整的表格应包括表头名称、实验序号、项目、数据等几项内容。因此, 做表格时应明确上述几点要求, 根据不同的实验内容及要求分别列出自变量与因变量, 做好记录, 做出完整规范的表格。

2. 图解法

图解法通常是在平面直角坐标系中, 用图表示实验数据。以一种直线图或曲线图描述所测试的变量之间的关系, 使实验测得的各个数据间的关系更为直观, 并可由图确定出所测变量之间的定量关系。如温度校准曲线, 将自变量作为横坐标, 因变量作为纵坐标, 所得曲线表示二者之间的定量关系。在曲线范围内, 对应于任意自变量的因变量值均可由曲线读得。对于一些不能或不易直接测得的数据, 在适当的条件下可通过作图外推的方法求得。如本书中燃烧焓的测定实验, 以时间为横坐标、温度为纵坐标作图, 得到温度随时间的变化曲线, 将该曲线进行外推后可得到真正的温度改变值, 具体方法见燃烧焓的测定实验。

将实验数据用图解法处理时, 要选择恰当的比例。原则是使图上读出的各种量的准确度和测量得到的准确度一致, 也就是使图上的最小分度与仪器的最小分度一致, 表示出全部有效数字。用同一张坐标纸作几条曲线时, 每条曲线上的坐标点要用不同的符号表示。在图上要注明原点所表示的量、单位数值大小、坐标轴所代表的量的名称、单位及图的名称。

三、有效数字

在化学实验中不仅要准确地进行量的测定, 还需正确地记录和计算, 才能得到可信的结果。为了正确地运算, 保证实验结果的合理性, 必须很好地理解和应用有效数字的概念。有效数字是在具体工作中实际能够测量到的有实际意义的数字, 是以数字来表示有效数量。

有效数字的位数取决于测量的方法和仪器的精度。例如, 某物体在台秤上称量, 所得质量为 12.5g 。因台秤的精确度是 0.1g , 所以该物体的质量实际是 $(12.5 \pm 0.1)\text{g}$, 其有效数字的位数为 3 位; 若将该物体放在分析天平上称量, 测得质量为 12.4920g 。由于分析天平的精确度为 0.0001g , 因此该物体的质量实际为 $(12.4920 \pm 0.0001)\text{g}$, 其有效数字是 6 位。又如, 100cm^3 量筒的最小刻度为 1cm^3 , 两刻度之间可估计出 0.1cm^3 , 用量筒测量溶液体积时, 最多取到小数点后第一位。如 15.8cm^3 , 为 3 位有效数字。用滴定管移取液体, 其刻度为 0.1cm^3 , 可估读到 0.01cm^3 。若读数为 22.45cm^3 , 是 4 位有效数字。

以上这些测量值中, 最后一位数字是估计读出的, 为可疑数字, 其余为准确数字。所有的准确数字和最后一位可疑数字都称为有效数字。任何一次直接测量, 其数值都应记录到仪器刻度的最小估计数, 即记录到第一位可疑数字。任何超过或低于仪器精确度有效数的数字都是不正确的。

对于数字“0”，要具体情况具体分析。只有在数字的中间或在小数点数字时，数字“0”才是有效数字，应包括在有效数字的位数中。例如，用分析天平称量铁矿样 0.5210g，表明分析天平的精度为 0.0001g，有效数字为 4 位，该“0”为有效数字；若称量的结果是 0.0520g，则“5”左边的 2 个“0”不是有效数字，仅起定位作用，表示小数点的位置，不是有效数字；而“5”右边的“0”则是有效数字，即这个数的有效数字是 3 位。还需指出，为了准确表示出有效数字位数，应当将数值用科学计数法表示，如 1000，其有效数字的位数是不确定的，若写成 1.0×10^3 ，其有效数字的位数为 2；若写成 1.000×10^3 ，其有效数字的位数为 4。

在处理数据时，常常会遇到一些有效数字位数不同的情况，首先应按照一些规则进行处理，再按一定的法则进行运算。

(1) 有效数字的最后一位数字，一般是不定值。记录数据时，只能保留一位不定值。

(2) 运算时，以“四舍六入五成双”为原则舍去多余的数字。

(3) 尾数为 5 时，若“5”后面的数字为“0”，则“5”前一位数字为偶数时舍弃，为奇数时进 1 位；若“5”后面的数字是不为“0”的任何数，则不论“5”前面的一个数为偶数或奇数均进 1 位。

(4) 数据的首位为 8 或 9 时，则有效数字可多计一位；如 90.0%，则有效数字的位数为 4。

(5) 数值的加减。几个数值相加或相减，和或差的有效数字位数的保留与这些数值中小数点后位数最少的数字相同。

(6) 数值的乘除。几个数值相乘或相除，积或商的有效数字位数的保留是以数值的相对误差最大的那个数为依据，即与各数值中有效数字位数最小的那个数相同，而与小数点的位置无关。

(7) 对数的运算。对数值的有效数字位数仅由尾数的位数决定，首数只起定位作用，不是有效数字。对数运算时，对数尾数的位数应该与相应真数的有效数字的位数相同。例如， $c(\text{H}^+) = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ，它有 2 位有效数字，所以，其 $\text{pH} = 4.74$ ，其中首数“4”不代表有效数字位数，尾数“74”才代表有效数字的位数，为 2 位有效数字。反过来，由 pH 值计算 $c(\text{H}^+)$ 时，若 $\text{pH} = 2.72$ ，则 $c(\text{H}^+) = 1.9 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ ，而不能写成 $1.91 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ 。

(8) 为提高计算的准确性，在计算过程中可暂时多保留一位有效数字，计算完后再修约。

第二节 化学玻璃仪器及实验基本操作

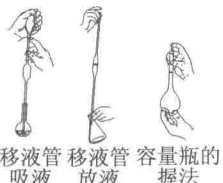
一、大学化学实验常用玻璃仪器介绍及玻璃仪器的洗涤和干燥

1. 大学化学实验中常用的玻璃仪器 (表 2-1)

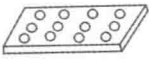
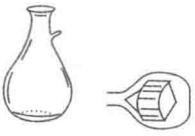
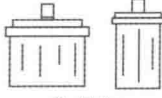
表 2-1 大学化学实验常用玻璃仪器

仪器	质地及规格	用途	注意事项
 烧杯	玻璃质和塑料质。分硬质、软质，有一般型和高型，有刻度和无刻度。规格以容积 (cm^3) 表示，一般有 1000、500、400、200、100、50 等	用作反应物量较多时的反应容器，反应物易混合均匀，也可用来配制溶液	加热时应放在石棉网上，使其受热均匀

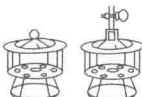
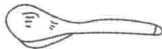
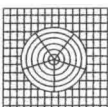
续表 2-1

仪器	质地及规格	用途	注意事项
 锥形瓶	玻璃质。分普通锥形瓶和碘量瓶两种。规格按容积 (cm^3) 表示, 如 250、150、50 等	加热处理试样和滴定分析用普通锥形瓶。碘量法或其他易挥发物质的定量分析用碘量瓶	加热时应放在石棉网上, 使其受热均匀
 试管 离心试管 试管架	玻璃质。分硬质试管、软质试管、普通试管、离心试管。规格按容积 (cm^3) 表示, 有 15、10、5 等。试管架有木质、铝质和塑料质等。有大小不同、形状不一的各种规格	普通试管用作少量试剂的反应容器, 便于操作和观察。离心试管主要用作少量沉淀的辨认和分离。试管架放试管用	加热后不能骤冷, 以防爆炸。离心试管不能用火直接加热, 只能用水浴加热
 量筒 量杯	玻璃质。规格按刻度所能量度的最大容积 (cm^3) 表示, 有 100、50、25、10 等	量取一定体积液体	a. 不能加热; b. 不能用作反应容器; c. 不能量取热溶液
 容量瓶	玻璃质。按刻度以下的容积 (cm^3) 表示, 如 1000、500、100、50、25	用于配制准确浓度的溶液	a. 不能加热, 不能用毛刷洗刷; b. 不能量取热的液体; c. 不能在其中溶解固体, 瓶塞不能互换
 吸量管 移液管	玻璃质。按所能量取的最大容积 (cm^3) 表示。吸量管: 10、5、2、1。移液管: 50、25、20、10	用于准确移取一定体积的液体	a. 不能加热; b. 用后应洗净, 置于吸量管架上, 以免沾污; c. 为了减少测量误差, 吸量管每次都应从最上面刻度起往下放出所需体积
 移液管吸液 移液管放液 容量瓶的握法	玻璃质	用于准确移取一定体积的液体	a. 不能加热; b. 用后洗涤; c. 尖端 1 滴不能吹去
 聚四氟乙烯 滴定管	玻璃质。分酸式、碱式、两用型 3 种; 规格按容积 (cm^3) 表示, 如 50、25 等	用于滴定或准确量取液体的体积	a. 不能加热或量取热的液体或溶液; b. 酸式滴定管的玻璃活塞是配套的, 不能互换使用

续表 2-1

仪器	质地及规格	用途	注意事项
 洗瓶	分塑料质和玻璃质两种。目前实验室所用多是塑料制品	装蒸馏水, 用于涮洗仪器和洗涤容器	不能加热
 滴瓶 细口瓶 广口瓶	玻璃质。以容积 (cm^3) 表示	滴瓶、细口瓶用于盛放液体药品, 广口瓶用于盛放固体药品	a. 不能直接加热; b. 瓶塞不能互换; c. 如放碱液时, 要用橡皮塞, 不能用磨口玻璃瓶塞, 防止瓶塞被腐蚀粘牢
 点滴板	瓷质。有十二凹穴、六凹穴等。颜色有白色、黑色	用于点滴反应, 尤其是显色反应	a. 不能加热; b. 不能用于含氢氟酸溶液和浓碱溶液的反应
 表面皿	玻璃质。以口径 (mm) 大小表示	盖在烧杯上防止液体迸溅或其他用途	不能用火直接加热, 直径要略大于所盖容器
 蒸发皿	瓷质等。以口径 (cm) 或以容积 (cm^3) 表示, 如 125、100、50	用于蒸发液体	a. 能耐高温, 但不能骤冷; b. 视溶液性质选用不同材质的蒸发皿
 吸滤瓶 布氏漏斗	布氏漏斗为瓷质。以口径 (cm) 或以容积 (cm^3) 表示; 吸滤瓶为玻璃质, 以容积 (cm^3) 表示	两者配套使用, 用于减压过滤	不能直接加热
 长颈漏斗 漏斗 漏斗架 (木质)	玻璃质。漏斗以口径 (mm) 表示	用于过滤或液体转移	不能直接加热
 称量瓶	玻璃质。分“高型”和“扁型”两种; 以外径 (mm) $\times$ 高 (mm) 表示	要求准确称量一定的固体时用	a. 不能直接加热; b. 盖子和瓶子是配套的, 不能互换
 坩埚钳	有铜质、铁质	用于夹取坩埚或蒸发皿	a. 使用前钳尖应预热; b. 用后钳尖应向上放在桌面或石棉网上

续表 2-1

仪器	质地及规格	用途	注意事项
 坩埚	以容积 (cm^3) 表示, 材质有瓷、石英、铁、镍等	灼烧固体用。随固体性质的不同可选用不同材质的坩埚	a. 瓷坩埚加热后不能骤冷; b. 视试样性质选用不同材质的坩埚
 泥三角	由铁丝弯成, 套有瓷管, 有大小之分	灼烧坩埚时放置坩埚用	a. 使用前检查铁丝是否断裂, 已断裂者不能使用; b. 坩埚放置要正确, 坩埚底应横着斜放在 3 个瓷管中的一个上
 滴定管夹 铁夹 铁环 铁架台	铁制品, 铁夹也有铝或铜制成的	用于固定或放置反应容器	应先将铁夹等放置至合适高度, 并旋转螺丝, 使之牢固后再进行实验
 干燥器	玻璃质, 有普通干燥器和真空干燥器之分。以外径 (mm) 表示, 有 21、18、5 等规格	内放干燥剂, 用作样品的干燥和保存	a. 防止盖子滑动而打碎; b. 不能放入过热的物品
 研钵	以口径 (mm) 表示。材质有瓷、玻璃、玛瑙、铁	用于研磨固体物质及固体物质的混合	a. 不能用火直接加热; b. 按固体物质的性质和硬度选用不同的研钵; c. 大块物质不能敲, 只能碾压
 水浴锅	铜或铝制品。有大小之分	用于间接加热, 也可用作粗略控温实验	a. 加热时防止锅内水烧干; b. 用完后应将锅洗净擦干
 药匙	用牛角、塑料、钢制成, 有长短、大小各种规格	取固体药品时用。视所取药量的多少选用药勺两端的大、小勺	a. 不能用以取用灼热的药品; b. 用后应洗净擦干备用
 毛刷	以大小和用途表示, 如试管刷等	洗刷玻璃仪器	小心刷子顶端的铁丝撞破玻璃仪器
 石棉网	由铁丝编成, 中间涂有石棉, 有大小之分	加热时垫在受热仪器与热源之间, 能使受热物体均匀受热	a. 不能与水接触, 以免石棉脱落或铁丝锈蚀; b. 石棉脱落的不能使用