



石油高职高专规划教材

化学基础实验

林日尧 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高职高专规划教材

化学基础实验

林日尧 主 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了化学实验基本知识,化学实验常用仪器、仪表的使用,常用物理量测量方法,并介绍了31个实验项目。本书与石油高职高专规划教材《化学基础》配套使用,也可作为其他专业化学实验课及相关专业职工岗位培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

化学基础实验/林日尧主编.
北京:石油工业出版社,2006.8

石油高职高专规划教材
ISBN 7-5021-5635-6

- I. 化…
- II. 林…
- III. 化学实验-高等学校:技术学校-教材
- IV. 06-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第084872号

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里2区1号 100011)
网 址:www.petropub.cn
发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店
印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷
787×1092毫米 开本:1/16 印张:10.5
字数:268千字 印数:1—2500册

定价:15.00元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

前 言

本教材为《化学基础》教材的配套教材,供三年制和五年制高职高专石油类专业使用。

全书分为化学实验基本知识、化学实验基本操作技术、常用物理量测量、滴定分析法、实验等五个部分。

本教材在编写过程中力求突出下述几个特点。

1. 充分考虑高职教育的特点,遵循“以职业为基础,以能力为本位”,以适度够用为原则设计教学内容。既考虑了化学基础实验教材的整体完整性,又突出行业特色,增加石油类专业学生应掌握的化学基础实验内容。

2. 涵盖了无机化学、有机化学、分析化学、物理化学的一些基本实验及操作技能。由于《化学基础》教材中不包括分析化学的内容,所以本教材专门介绍了分析化学中重要的四大滴定法,即:酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法,并结合实验,使学生融会贯通,理论联系实际,更好地掌握理论及操作技能。

3. 内容编排力求做到思路简明清晰,在叙述上力求深入浅出,重点突出,操作性强,所有实验都是精心挑选的,注重教学与实践效果。

4. 本教材的创新点在于每个实验的后面都附有“能力培养”,以简洁的语言来描述实验的功能及能力培养目标。通过化学基础实验的学习使学生掌握化学基础实验的基本概念、原理和操作方法,提高操作能力,达到培养“应用型、技能型”人才这一目标。

5. 本教材与职工职业技能鉴定考工相衔接,可作为参考用书。

本教材由天津石油职业技术学院林日尧担任主编,大庆职业学院张荣担任副主编,天津石油职业技术学院郭健、曹慧英,大庆职业学院胡海波、池秀梅,大庆石油学院秦皇岛分院刘娜参与编写。具体分工如下:绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、实验 5、19 由林日尧编写,实验 2、3、4、6、7、8、9、15、16、17、18 及附录二由张荣编写;实验 1、20、21、22、23、24、25 由胡海波编写;实验 10、11、12、13、14 由刘娜编写;实验 26、27、28、29、30、31 由池秀梅编写;附录一由郭健、曹慧英编写。全书由大庆职业学院于德水主审,并提出了很多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点、错误,欢迎读者批评、指正。

编 者

2006 年 5 月

目 录

绪论	(1)
第一章 化学实验基本知识	(4)
1.1 化学实验室规则	(4)
1.2 化学实验室安全知识	(4)
1.3 气体钢瓶的识别与使用	(6)
1.4 实验室所用试剂的一般知识	(8)
1.5 实验记录与数据处理	(8)
第二章 化学实验基本操作技术	(12)
2.1 实验常用仪器	(12)
2.2 玻璃仪器的洗涤与干燥	(15)
2.3 加热干燥和冷却技术	(16)
2.4 溶解与搅拌技术	(20)
2.5 滴定分析仪器及基本操作	(22)
2.6 重结晶与过滤	(26)
第三章 常用物理量测量	(29)
3.1 质量的测定及天平	(29)
3.2 熔点的测定	(32)
3.3 沸点的测定	(34)
3.4 粘度的测定及粘度计	(36)
第四章 滴定分析法	(40)
4.1 滴定分析法概述	(40)
4.2 酸碱滴定法	(41)
4.3 配位滴定法	(47)
4.4 氧化还原滴定法	(49)
4.5 沉淀滴定法	(54)
第五章 实验	(56)
实验一 二组分溶液沸点组成图的绘制	(56)
实验二 化学反应热效应的测定	(60)
实验三 溶液的配制和密度计的使用	(63)
实验四 氯化钠的提纯	(65)
实验五 工业酒精的蒸馏	(67)
实验六 乙酸电离常数的测定	(69)
实验七 化学反应速率和化学平衡	(71)
实验八 电导法测定硫酸钡溶度积	(74)

实验九	离解平衡和沉淀溶解平衡	(76)
实验十	酸碱滴定法测定混合碱各组分含量	(82)
实验十一	沉淀滴定法测定可溶物中氯的含量(莫尔法)	(84)
实验十二	配位滴定法测定白云石中钙镁的含量	(86)
实验十三	直接碘量法测定维 C 含量	(88)
实验十四	高锰酸钾法测定软锰矿氧化性	(91)
实验十五	氧化还原反应与电化学	(93)
实验十六	配位化合物	(99)
实验十七	硫酸亚铁铵的制备	(101)
实验十八	硫代硫酸钠的制备	(103)
实验十九	邻二氮杂菲分光光度法测定水中微量铁	(104)
实验二十	乙烯、乙炔的制备及不饱和烃的性质与鉴定	(106)
实验二十一	醇、酚、醚的性质与鉴定	(110)
实验二十二	醛和酮的性质与鉴定	(113)
实验二十三	羧酸及衍生物的性质与鉴定	(115)
实验二十四	肥皂的制备	(117)
实验二十五	乙酸乙酯的制备	(119)
实验二十六	表面张力的测定——最大气泡法	(121)
实验二十七	活性剂 HLB 值的测定	(125)
实验二十八	溶胶的制备与净化	(126)
实验二十九	溶胶的电泳与聚沉	(128)
实验三十	高分子溶液粘度的测定	(131)
实验三十一	高分子溶液的溶胀	(134)
附录		(139)
附录一	化学实验常用仪器、装置及使用	(139)
附录二	常用数据	(155)
参考文献		(162)

绪 论

一、化学基础实验的特点

实验是人类研究自然规律的一种基本的科学方法。化学是一门起源于实验的科学。它是研究物质的组成(成分、含量)、结构、性能和制备的科学。纯物质的分子中所含的元素和各元素的含量,分子中原子间的结构关系,混合物中各物质组分、结构及其含量,各物质的物理和化学性能,各物质的制备、分离、提纯,各种物理化学常数的测定等都需要通过化学及物理实验认识、测定、验证。因此,可以说化学基础实验在化学基础课程的学习和化学学科的研究中具有特别重要的作用。

二、化学基础实验的目的、任务

为了使學生能够掌握科学的分析方法和科学的综合方法,本课程在学习实验内容上将无机化学、有机化学、分析化学、物理化学四大化学学科部分实验内容综合在一起。希望学生通过化学实验,在实验操作技术、实验方法、实验结果处理等方面得到训练;能够获得感性知识,提高独立思考、进行实验研究、解决实际问题的能力;培养实事求是、严格细致、追求真理的科学作风;同时使學生能巩固化学理论知识,为后续课程奠定必要的基础。

三、化学基础实验要求

- (1)了解化学基础实验的类型和化学基础实验的基本知识。
- (2)熟悉化学实验室常用仪器设备的构造、性能和操作原理。
- (3)掌握各类化学实验操作的意义、原理及操作技术。
- (4)培养化学基础实验课程的学习能力,试验数据的记录、运算及正确书写实验报告的能力。
- (5)初步具备分析、处理实验中常见问题的能力。
- (6)培养学生求真务实、勤奋创新的科学精神和热爱科学的态度。

四、学习化学基础实验课程的方法

1. 明确学习目的

化学基础实验是化学基础课程的重要组成部分。它不仅训练学生正确掌握化学实验的基本知识、基本操作和基本技能,树立严格的“量”的概念,同时培养良好的理论素质和能力素质,培养学生实事求是的科学作风,严谨的科学态度,整洁而有序的良好实验习惯,并且能用辩证唯物主义观点和科学的思维方法去分析问题和解决问题,具有较强的实践能力和创新精神,成为能适应生产、建设、管理、服务所需要的应用型人才。明确了学习目的,就会增强学习化学基础实验的信心和克服学习困难的勇气,才有可能学好化学基础实验。

2. 培养学习兴趣

浓厚的学习兴趣会大大激发学习化学基础实验的积极性。充分了解化学发展的历史和现状,认识化学与科学研究和生产实践的密切联系及其对科技发展的重要意义,而化学又是一门以实验为基础的学科,了解化学各学科之间相互关系及其在新型材料、能源、资源、环境保护和

科学等领域的最新进展及应用,了解化学基础理论与化学基础实验之间的紧密联系,化学实验现象的新颖、有趣,就会对化学基础实验产生浓厚的兴趣,增强求知欲,变被动学习为主动学习,并在学习中找到无穷的乐趣。

3. 掌握学习方法

正确的学习方法是学好化学基础实验的重要保证。要学好这门课,必须强调理论与实验相结合的原则,高度重视实验操作技能的训练。因此在进行每次实验以前,应做到以下几点。

(1)做好实验预习准备。每次实验前,要做好一切理论和实验准备工作,明确实验目的、原理,熟悉实验内容、实验所用仪器设备的特性和使用方法,还要了解实验过程中应特别注意的问题。在此基础上,写出实验预习报告,用最简练的语言或符号表达出实验的步骤、操作规程。

(2)认真执行操作规程。在实验中必须做到:认真操作,严格控制实验条件;细心观察现象(如气体的产生、沉淀的生成、颜色的变化、温度、流量等参数的变化等),完整、准确地进行测量;及时、如实地做好现象和资料的记录。实验课中应勤于思考,努力分析实验现象和测定的规律,独立解决遇到的实验问题,必要时可以在老师指导下解决。

(3)正确分析处理实验结果。正确分析处理实验结果是减少实验误差,提高实验数据准确度,保证实验结果可信度的必要过程。数据处理常用的方法有列表法、作图法、解析法或直接代入法以求得结果。也可用计算机进行数据计算,使得数据更准确。

五、实验注意事项

(1)按时进实验室后,熟悉环境,了解各种设施位置,清点仪器。

(2)爱护实验仪器设备,要按实验内容和有关附录中的规定使用仪器。仪器设备安装完毕或连接线路后,经教师检查,才能接通电源,开始实验。如仪器破损,应及时报告任课教师,进行登记、处理。

(3)保持实验室安静、整洁,养成良好的实验室工作习惯。实验结束,玻璃仪器按要求清洗干净,摆放整齐;清理桌面、地面,洗净双手,保持清洁卫生。

(4)注意实验室用电、用水、防火、防爆、防毒等方面的安全。按规定操作,减少或防止气体、液体和固体残渣的污染。

六、实验报告

实验完毕后,应对实验现象认真分析和总结,对原始数据进行处理,以及对实验结果进行讨论,把直接的感性认识提高到理性认识阶段,对所学知识举一反三,得到更多的东西。这些工作都须通过书写实验报告来训练和完成。实验报告是实验的记录和总结,因此实验报告的格式应规范,内容应准确,字迹应端正、整齐、清洁。

由于实验类型的不同,对实验报告的要求、格式等也有所不同。但对实验报告的内容大同小异,一般都包括三部分,即预习部分、记录部分和数据处理整理部分。

1. 预习部分(实验前完成)

预习部分通常包括下列内容。

(1)实验题目。

(2)实验日期。

(3)实验目的。

(4)仪器药品:所用仪器型号、重要的仪器装置、药品规格及溶液浓度等。

(5)实验原理:简要地用文字和化学反应式说明,特殊仪器的实验装置应画出装置图。

(6)简明扼要地写出实验步骤。

2. 实验记录

实验记录又称原始记录,要根据实验类型自行设计记录项目或记录表格,在实验中及时记录。它一般包括实验现象、检测数据。有的实验数据直接由仪器自动记录或画成图像。

3. 数据整理及结论(实验后完成)

这部分内容包括结果计算、实验结论、问题讨论及现象分析等。

(1)结果计算与结论。对于分析化学实验,要求写出计算公式、计算过程和计算实验误差,并且报告结果。对于化学物理参数的测定,要有必要的计算公式和计算过程,并用列表法或图解法表达出来。

(2)问题讨论。对实验中遇到的问题、异常现象进行讨论,分析原因,提出解决办法,对实验结果进行误差计算和分析,对实验提出改进意见。

(3)实验总结。对所做实验进行总结并做出结论。

第一章 化学实验基本知识

1.1 化学实验室规则

实验室规则是人们在长期实验室工作中归纳总结出来的,它是防止意外事故发生、保证正常地从事实验、做好实验的重要前提,每个人都必须做到,必须遵守。

(1)实验前要认真预习,明确目的要求,了解实验的基本原理、方法和步骤。

(2)实验时要集中精神,遵守操作规则,认真操作,仔细观察,积极思考,如实而详细地做好记录。

(3)遵守实验纪律,按实验要求穿好实验服,必要时戴防护镜、防护手套等;保持实验室内安静,不准大声喧哗,不得到处乱走。

(4)爱护实验仪器和实验设备,注意节约水、电、煤气和药品。每人应该使用自己的仪器,不得动用他人的仪器;公用仪器和临时共用的仪器用毕应洗净,并立即送回原处。如有损坏,必须及时登记补领。

(5)注意保持实验工作区的整洁,实验台上的仪器应整齐地放在一定的位置上,并保持台面的清洁。废纸、火柴梗和碎玻璃等应倒入垃圾箱内,酸性废液应倒入废液缸,切勿倒入水槽,以防堵塞或锈蚀下水管道。碱性废液倒入水槽并用水冲洗。

(6)使用精密仪器时,必须严格按照操作规程进行操作,细心谨慎,避免因粗枝大叶而损坏仪器。如发现仪器有故障,应立即停止使用,报告教师,及时排除故障。

(7)实验后,应将所用仪器洗净并放回实验柜内。实验台及试剂架必须擦净,最后关好门、水和煤气龙头。实验柜内仪器应存放有序,清洁整齐。

(8)对突发的意外事故应保持镇静,切勿惊慌失措;遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即报告老师,及时急救和治疗。

(9)鼓励学生对实验中的一切现象(包括反常现象)和对实验及实验室管理中存在的问题,进行讨论,提倡提出自己的看法,做到生动、活泼、主动学习。

1.2 化学实验室安全知识

在进行化学实验时,会经常使用水、电、煤气和各种药品、仪器,应重视安全操作,熟悉一般的安全知识,学会对意外事故的一般救护措施和处理方法是十分必要的。

1.2.1 实验室安全守则

(1)必须了解实验室的环境,充分熟悉水、电、煤气阀门以及急救箱和消防用品等的放置

地点和使用方法。

(2) 实验室内药品严禁任意混合,更不能尝其味道,以免发生意外事故。注意试剂、溶剂的瓶盖、瓶塞不能搞错。

(3) 绝对禁止在实验室内饮食、吸烟。使用有毒试剂(如氟化物、氰化物、铅盐、钡盐、六价铬盐、汞的化合物和砷的化合物等)时,严防进入口或接触伤口,剩余的药品或废液不得倒入下水道或废液桶内,应倒入回收瓶中集中处理。

(4) 当产生 H_2S 、 CO 、 Cl_2 、 SO_2 等有毒的、恶臭的、有刺激性的气体时,应该在通风柜内进行。同时加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸也应在通风柜中进行。

(5) 有机溶剂(如乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时一定要远离火源,用后应该把瓶塞塞严,放在阴凉的地方。

(6) 使用具有强腐蚀性的浓酸、浓碱、溴、洗液时,应避免接触皮肤和溅在衣服上,更要注意保护眼睛,需要时应配备防护眼镜。

(7) 加热、浓缩液体的操作要十分小心,不能俯视正在加热的液体,以免溅出的液体把眼、脸灼伤。加热试管中的液体时,不能将试管口对着自己或他人。当需要借助嗅觉鉴别少量气体时,决不能用鼻子直接对准瓶口或试管口嗅闻气体,而应用手把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。

(8) 使用电器设备时,不要用湿手接触仪器,以防触电,用后拔下电源插头。用完煤气后或遇煤气临时中断供应时,应立即把煤气关闭。煤气管道漏气时,应立即停止实验,进行检查。

1.2.2 实验室意外事故的处理

(1) 割伤:伤口内有异物,应先取出,涂上红药水或创可贴,必要时送医院救治。

(2) 烫伤:切勿用水冲洗,更不要把烫起的水泡挑破,可在烫伤处涂上烫伤膏或万花油,必要时送医院救治。

(3) 酸(或碱)伤:酸或碱洒到皮肤上时,先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠(或2%乙酸溶液)冲洗,最后再用水冲洗,涂敷氧化锌软膏(或硼酸软膏)。

(4) 酸(或碱)溅入眼内,应立即用大量水冲洗,再用2% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液(或3%硼酸溶液)冲洗眼睛,然后用大量蒸馏水冲洗。

(5) 溴腐蚀:先用 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 或 10% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液洗涤伤口,然后用水冲净,并涂敷甘油。

(6) 在吸入刺激性或有毒气体如溴蒸气、氯蒸气、氯化氢时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒。因不慎吸入煤气、硫化氢气体时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7) 遇毒物误入口内时,立即取一杯含 5~10mL 稀 CuSO_4 溶液的温水,内服后再用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即送医院治疗。

(8) 不慎触电时,立即切断电源,必要时进行人工呼吸。

1.2.3 消防

实验室不慎起火时,一定不要惊慌失措,而应根据不同的着火情况,采取不同的灭火措施。由于物质燃烧需要空气和一定温度,所以灭火的原则是降温或将燃烧的物质与空气隔绝。

化学实验室常用的灭火措施有:

(1) 用湿布、石棉布覆盖燃烧物即可灭火,大火可用泡沫灭火器灭火。

(2)对活泼金属 Na、K、Mg、Al 等引起的着火,应用干燥的细沙覆盖灭火。

(3)有机溶剂着火,切勿用水灭火,而应用二氧化碳灭火器、沙子和干粉等灭火。

(4)在加热时着火,立即停止加热,关闭煤气总阀,切断电源,把一切易燃易爆物移至远处。

(5)电器设备着火,先切断电源,再用四氯化碳灭火器灭火,也可用干粉灭火器或 1211 灭火器灭火。

(6)当衣服上着火时,切勿慌张跑动,应赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处,或在地上卧倒打滚,起到灭火作用。

(7)对火灾受伤人员,伤势较重者,应立即送往医院。火情很大,应立即报告火警。

1.2.4 “三废”处理

(1)有毒废气的排放:当作产生少量有毒气体的实验时,可以在通风柜中进行。通过排风设备把有毒废气排放到室外,利用室外的大量空气来稀释有毒废气。如果做产生大量有毒气体的实验时,应该安装气体吸收装置来吸收这些气体,然后进行处理。

(2)废酸和废碱溶液经过中和处理,使 pH 在 6~8 范围,并用大量水稀释后方可排放。

含 Cd 废液:加入消石灰等碱性试剂,使所含的金属离子形成氢氧化物沉淀而除去。

含六价铬的化合物:在铬酸废液中,加入 FeSO_4 、 Na_2SO_3 ,使其变成三价铬后,再加入 NaOH (或 Na_2CO_3) 等碱性试剂,调 pH 在 6~8 时,使三价铬形成氢氧化铬沉淀除去。

含氰化物的废液:有两种方法。其一为氯碱法,即将废液调节成碱性后,通入氯气或加入次氯酸钠,使氰化物分解成二氧化碳和氮气而除去;另一方法为铁蓝法,在含有氰化物的废液中加入硫酸亚铁,使其变成氰化亚铁沉淀除去。

含汞及其化合物:有较多的方法。其一为离子交换法,此法处理效率高,但成本较高,所以少量含汞废液的处理不适宜用此方法。处理少量含汞废液经常采用化学沉淀法。在含汞废液中加入 Na_2S ,使其生成难溶的 HgS 沉淀而去除。

含铅盐及重金属的废液:其方法为在废液中加入 Na_2S (或 NaOH),使铅盐及重金属离子生成难溶性的硫化物(或氢氧化物)而除去。

含砷及其化合物:在废液中加入硫酸亚铁,然后用氢氧化物来调 pH 至 9,这时砷化合物就和氢氧化铁与难溶性的亚砷酸钠或砷酸钠产生沉淀,经过滤去除。

另外,还可用硫化物沉淀法,即在废液中加入 H_2S 或 Na_2S ,使其生成砷化物沉淀而去除。

有毒的废渣应深埋在指定的地点,如有毒的废渣能溶解于地下水,会混入饮水中,所以不能未经处理深埋。有回收价值的废渣应该回收利用。

1.3 气体钢瓶的识别与使用

气体钢瓶是由无缝碳素钢或合金钢制成的,适用于装介质压力在 $1.520 \times 10^7 \text{ Pa}$ 以下的气体。不同类型气体钢瓶,其外表所漆的颜色、标记的颜色等有统一规定。我国钢瓶常用的标记列于表 1-1 中。

表 1-1 部分气体钢瓶的标记

气体钢瓶名称	外表颜色	字体颜色	色 环	字样	工作压力 Pa	性质	钢瓶内 气体状态
氧气	天蓝	黑	$p = 1.520 \times 10^7$ Pa 无环 $p = 2.026 \times 10^7$ Pa 白色一环 $p = 3.040 \times 10^7$ Pa 白色二环	氧	1.471×10^7	助燃	压缩气体
压缩空气	黑	白	$p = 1.520 \times 10^7$ Pa 无环 $p = 2.026 \times 10^7$ Pa 白色一环 $p = 3.040 \times 10^7$ Pa 白色二环	压缩 空气	1.471×10^7	助燃	压缩气体
氯气	草绿	白	白色环	氯	1.961×10^6	助燃	液态
氢气	深绿	红	$p = 1.520 \times 10^7$ Pa 无环 $p = 2.026 \times 10^7$ Pa 红 $p = 3.040 \times 10^7$ Pa 红	氢	1.471×10^7	易燃	压缩气体
乙炔	白	红	—	乙炔	2.942×10^6	可燃	乙炔溶解在 活性丙酮中
石油液化气	灰	红	—	石油液化气	1.569×10^6	易燃	液态
氮气	黑	黄	$p = 1.520 \times 10^7$ Pa 无环 $p = 2.026 \times 10^7$ Pa 棕色一环 $p = 3.040 \times 10^7$ Pa 棕色二环	氮	1.471×10^7	不可燃	压缩气体
二氧化碳	黑	黄	$p = 1.520 \times 10^7$ Pa 无环 $p = 2.026 \times 10^7$ Pa 黑色一环	二氧化碳	1.226×10^7	不可燃	液态
氩气	灰	绿	—	氩	1.471×10^7	不可燃	压缩气体

使用钢瓶时的注意事项如下：

(1) 钢瓶应存放在阴凉、干燥，远离阳光、暖气、炉火等热源的地方。离明火要在 10m 以上，室温不要超过 35°C ，并有必要的通风设备。最好放在室外，用导管通入。

(2) 搬动钢瓶时要稳拿轻放，并旋上安全帽。使用时必须固定好，防止倒下击爆。开启安全帽和阀门时，不能用锤或凿敲打，要用扳手慢慢开启。

(3) 使用时要用减压阀，要检查钢瓶气门的螺纹扣是否完好。一般可燃气体（如氢气、乙烯等）的钢瓶气门螺纹是反扣的，腐蚀性气体（如氯气、氨气等）一般不用减压阀。各种减压阀不能混用。

(4) 氧气钢瓶的气门、减压阀严禁沾染油脂。

(5) 钢瓶附件各连接处都要使用合适的衬垫防漏，如铝垫、薄金属片、石棉垫等均可，不能用棉、麻等织物，以防燃烧。检查接头或管道是否漏气时，对于可燃气体，可用肥皂水涂于被检查处进行观察，但对氧气和氢气，不可用此法。检查钢瓶气门是否漏气，可用气球扎紧于气门上进行观察。

(6) 钢瓶中气体不可用尽，应保持 4.93×10^4 Pa 表压以上的残留量，乙炔气瓶要保留 $1.961 \times 10^5 \sim 2.922 \times 10^5$ Pa 表压以上，以便于判断瓶中气体，并可防止大气的倒灌。

(7) 氧气钢瓶和可燃性气体钢瓶不要存放在一起，氢气钢瓶和氯气钢瓶也不要存放在一起。

(8)钢瓶每隔三年进厂检验一次,重涂规定颜色的油漆。装腐蚀性气体的钢瓶,每隔两年检验一次,不合格的钢瓶要及时报废或降级使用。

1.4 实验室所用试剂的一般知识

实验室所用的试剂,常按其纯度分为若干等级(见表1-2)。在实验室中应根据工作的具体要求,选择适当等级的试剂。

表1-2 试剂的规格和适用范围

等级	名 称	符号	适 用 范 围	标签标志
一级品	优级纯(保证试剂)	G. R.	纯度很高,适用于精密分析工作	绿色
二级品	分析纯(分析试剂)	A. R.	纯度仅次于一级品,适用于多数分析工作	红色
三级品	化学纯	C. P.	纯度次于二级品,适用于一般化学实验	蓝色
四级品	实验试剂(医用)	L. R.	纯度较低,适用于做实验辅助试剂	棕色或其他颜色

除表中所列的之外,通常还有:

基准试剂,主要用作直接配制或标定标准溶液。

光谱纯试剂,主要用作光谱分析中的标准物质。

色谱纯试剂,主要用作色谱分析中的标准物质。

1.5 实验记录与数据处理

1.5.1 实验记录

化学实验中的各种测量数据及有关现象应及时、准确、详细而如实地记录在专门的实验原始记录本上,切忌带有主观因素,更不能随意抄袭、拼凑或伪造数据。实验记录是化学实验工作原始情况的记载,其基本要求如下:

(1)用钢笔或圆珠笔填写,对文字记录应简单、明了、清晰、工整,对数据记录,要尽量采用一定的表格形式。

(2)实验中涉及到的各种特殊仪器的型号、实验条件、标准溶液浓度等应及时记录。

(3)记录实验数据时,只能保留最后一位可疑数字。例如,常用滴定管的最小刻度是0.1mL,而读数时要读到0.01mL。如某一滴定管中溶液的体积读数为23.35mL,其中前三位数字是准确读取的,而最后一位5是估读的,有人可能估计为4或6,即有正负一个单位的误差,该溶液的实际体积是在 (23.35 ± 0.01) mL范围内的某一数值。此时体积测量的绝对误差为 ± 0.01 mL,相对误差为:

$$\frac{\pm 0.01}{23.35} \times 100\% = \pm 0.04\%$$

最后一位数字为可疑数字、有误差的数字或不确定的数字。

由于测量仪器不同,测量误差可能不同。常用的几个重要物理量测量的绝对误差一般为:质量, $\pm 0.0001\text{g}$ (万分之一的分析天平);溶液的体积, $\pm 0.01\text{mL}$ (滴定管、吸量管);pH, ± 0.01 ;电位, $\pm 0.0001\text{V}$;吸光度, ± 0.001 单位等。因此,用万分之一的分析天平称量时,要求记录至 0.0001g ;滴定管、吸量管、容量瓶等的读数,应记录至 0.01mL ;用分光光度计测量溶液的吸光度时,应记录至 0.001 读数;其余依此类推。

(4)原始数据不准随意涂改,不能缺项。在实验中,如发现数据测错、记错或算错需要改动时,可将该数据用一横线划去,并在其上方写上正确数字。

1.5.2 实验结果的表达

取得实验数据后,应进行整理、归纳,并以简明的方法表达实验结果,其方法有列表法、作图法和数学方程表示法三种,最常用的是列表法和作图法。

1. 列表法

将实验数据中的自变量和因变量数值按一定形式和顺序一一对应列成表格,这种表达方式称为列表法。列表法简单易行、直观,形式紧凑,便于参考比较,在同一表格内,可以同时表示几个变量间的变化情况。实验的原始数据一般采用列表法记录。

2. 作图法

将实验数据按自变量与因变量的对应关系绘制成图形,这种表达方式称为作图法。作图法可以形象、直观地表示出各个数据连续变化的规律性,以及如极大、极小、转折点等特征,并能从图上求得内插值、外推值、切线的斜率以及周期性变化等,便于进行分析和研究,是整理实验数据的重要方法。

1.5.3 有效数字及其运算规则

1. 有效数字

一个准确的分析结果,不仅测量要准确,而且还要正确地记录和计算。所记录的测量结果资料,不仅表示被测量数值的大小,也反映测量的精确程度。因此,在实验资料的记录和结果的计算中,保留几位有效数字不是任意的,而是要根据测量仪器、测量方法的准确度来确定,这就涉及到有效数字的问题。例如, 25.00mL 溶液和 25.0mL 溶液,虽然数值大小相同,但精度却相差 10 倍。

有效数字是指在测量中实际能测量到的数字。因此,在记录测量数据和计算结果时,应根据所使用仪器的精确程度(即仪器的最小刻度),必须使所保留的有效数字中,只有最后一位是估计的。可见,有效数字是由全部准确的数字和一位可疑数字构成的。

2. 有效数字的位数

确定有效数字的位数时应注意如下几点。

(1)有效数字中的“0”有不同的意义。

①“0”在数字前,仅起定位作用,“0”本身不是有效数字。如 0.256 , 是三位有效数字; 0.05 , 是一位有效数字。

②“0”在数字中,则是有效数字。如 25.08 是四位有效数字, 1.0002 是五位有效数字。

③“0”在小数点后,也是有效数字。如 25.00 、 0.5000 、 20.30 都是四位有效数字; 0.0080 是两位有效数字。

④以“0”结尾的正整数,其有效数字的位数不定。如 25000 , 可能是两位、三位、四位,甚

至是五位有效数字。这种数值应根据有效数字的位数情况,用科学记数法改写为 10 的整数次幂来表示。若是两位,则写成 2.5×10^4 ;若是三位,则写成 2.50×10^4 ;若是五位,则写成 2.5000×10^4 。

(2) 含有对数的有效数字位数的确定,取决于小数部分数字的位数。整数部分只说明这个数的方次。如 $\text{pH} = 11.02$ 的溶液, $[\text{H}^+] = 9.6 \times 10^{-12} \text{mol/L}$, 是二位有效数字。

(3) 百分数或千分数的有效数字的位数,取决于小数部分数字的位数。如 55.08% 是四位有效数字,0.30‰ 是两位有效数字,0.007% 是一位有效数字。

(4) 对于计算公式中所含的自然数,如测定次数 $n = 4$, 化学反应计量系数 2、3, π 、 e 等常数, $\sqrt{2}$ 、 $\frac{1}{2}$ 等系数均不是测量所得,可视为有足够多的有效数字。

(5) 若某一数据的第一位有效数字等于或大于 8, 则有效数字的位数可多算一位,如 0.0876、0.0980 可视为四位有效数字。

(6) 在进行单位换算时,有效数字的位数不能改变。如 $20.30 \text{mL} = 0.02030 \text{L}$, 是四位有效数字; $14.0 \text{g} = 1.40 \times 10^4 \text{mg}$, 是三位有效数字,不可写成 14000mg 。

(7) 表示误差时,无论是绝对误差或相对误差,一般只需取一位有效数字,最多取两位有效数字。

3. 数字修约规则

实验的最终结果,常常需要对若干测量参数经各种数学运算才能求得,而各测量参数有效数字的位数又不尽相同,在计算时应弃去多余的数字进行修约。目前有关标准规定采用“四舍六入五取舍”的规则修约。其修约规则见表 1-3。

表 1-3 数字修约规则

修约顺口溜	修约例子		修约顺口溜	修约例子	
	修约前数字	修约后数字		修约前数字	修约后数字
四要舍	5.8141	5.81	五后无数看前方 前为奇数需进一		
	5.8121	5.81		5.815	5.82
六要入	5.8161	5.82	前为偶数要舍去	5.835	5.84
	5.8181	5.82		5.845	5.84
五后有数则进一	5.8151	5.82	不论舍弃多少位,必须一次修约完	5.805 ^①	5.80
	5.81503	5.82		5.8546 ^②	5.85

① 数字“0”视为偶数。

② 不可修约为 5.8546→5.855→5.86。

4. 有效数字的运算规则

对测量数值进行运算时,每个测量值的准确程度不一定完全相等,必须按有效数字的运算规则进行运算。

(1) 加减法。几个数据相加或相减时,它们的和或差的有效数字位数的保留,应以小数点后位数最少即绝对误差最大的数据为准。将其他数据按数字修约规则修约多余数字后,再相加减。如:

$$\begin{array}{rcl} & 0.013 & 0.01 \\ 28.63 & \xrightarrow{\text{以 } 25.64 \text{ 为基准进行修约}} & 28.63 \\ +) 3.1437 & & +) 3.14 \end{array}$$

(2) 乘除法。几个数据相乘或相除时,它们积或商的有效数字位数应以有效数字位数最少即相对误差最大的数据为准。将其他数据按修约规则修约后,再进行计算。例如:

$$\frac{0.0243 \times 7.105 \times 70.06}{164.2} = \frac{0.0243 \times 7.10 \times 70.1}{164} = 0.0737$$

(3) 乘方和开方。对测量数值进行乘方或开方运算时,原数值有几位有效数字,计算结果就可保留几位有效数字。例如, $13^2 = 169 = 1.7 \times 10^2$ 。又如, $\sqrt[3]{2.28 \times 10^3} = 13.16168873 = 13.2$