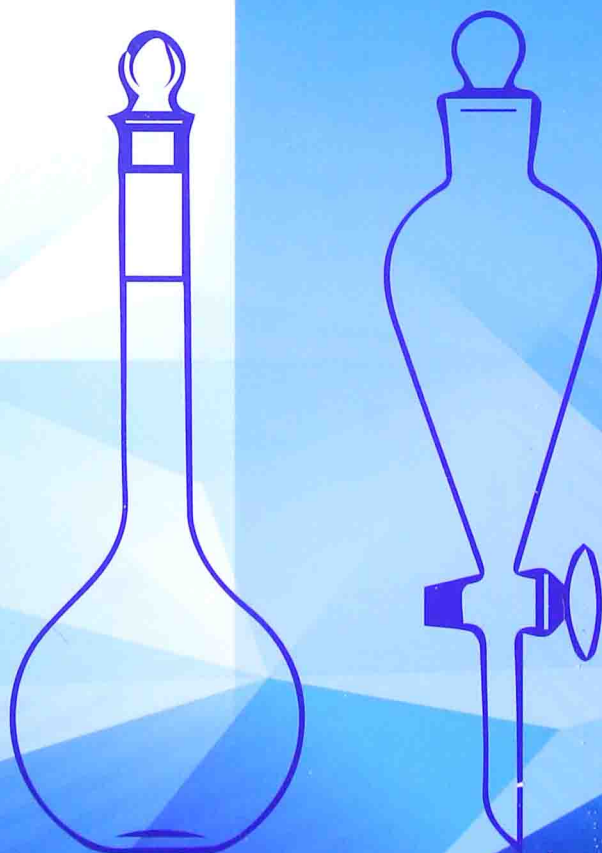


高等学校“十二五”规划教材

无机化学实验

WUJI
HUAXUE
SHIYAN

王新芳 主编



化学工业出版社

014057179

061-33
102

高等学校“十二五”规划教材

无机化学实验

王新芳 主 编



061-33
102



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1742186

本书分为无机化学实验基础知识、无机化学实验基本仪器与操作技能、无机化学实验项目三个部分,共涉及实验项目 50 个,其中基本操作技能实验 8 个,化学原理及常数测定实验 8 个,元素化学实验 10 个,无机制备实验 14 个,综合与设计实验 10 个。本书着重强调仪器基本操作的规范性、实验方法的正确性,注重方法论,重点训练学生的基本操作技能。

本书可作为化学、化工、环工、材料、轻工、纺织、冶金、医学、生物等专业本科生的教材,亦可供相关专业工作者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学实验/王新芳主编. —北京:化学工业出版社, 2014. 8
高等学校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-21372-3

I. ①无… II. ①王… III. ①无机化学-化学实验-高等学校-教材 IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 161154 号

责任编辑:宋林青

文字编辑:李 琰

责任校对:蒋 宇

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10½ 字数 257 千字 2014 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化学实验是化学理论的基础，是检验化学理论正确与否的唯一标准，同时也是化学学科促进生产力发展的根本。化学实验其自身的系统性与教学规律以及其在应用创新型人才培养中的地位是基础化学理论课程所无法替代的。

无机化学实验是高校化学、化工、环工、材料化学、轻工、材料、纺织、冶金、医学、生物科学等专业学生的必修课程，该课程对于其他后续理论与实验课程起着基础性、示范性作用。无机化学实验课的主要教学目的就是培养学生科学的世界观和方法论，提高学生的综合素质和创新能力。

随着现代化实验技术的不断发展，无机化学实验的教学内容、实验方法、实验手段在不断更新。为了满足和适应新时代对人才培养的需要，适应高等学校教学的发展趋势，与时俱进，开拓创新，全面提升我院学生的综合实力和国际竞争能力，我们根据教育部化学类专业教学指导委员会的要求以及我校培养创新应用型人才的要求编写了本实验教材。

在编写过程中吸收了我校近年来无机化学实验教学和教改的经验和成果，并借鉴其他高校在实验教学改革方面的经验，参考了部分国内外出版的同类教材，根据我校开设无机化学实验课程的专业特点，经过大量调查、分析研究，立足于课程的整体性和基础性，同时结合编写教师们的科研工作，对教学内容进行了整合和优化，突出了对学生动手能力、科学素养、创新精神等综合素质的培养。

本书共分三个部分。

第一篇，无机化学实验基础知识。较系统和详细地介绍了无机化学实验常识，以及进行无机化学实验和化学研究所必备的相关基础知识。

第二篇，无机化学实验基本仪器与操作技能。对无机化学实验基本仪器的规范使用方法以及无机化学实验的基本实验方法、手段及操作技能做出了较系统的总结和详细的介绍，力争使学生通过无机化学实验的训练而掌握规范、系统的基本操作，为后续的化学实验打下坚实的基础。

第三篇，无机化学实验项目，是本书的核心部分。实验项目共 50 个，其中基本操作技能实验 8 个，化学原理及常数测定实验 10 个，元素化学实验 10 个，无机制备实验 14 个，综合与设计实验 10 个。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掌握基本化学实验原理方法为目的的经典的无机化学实验外，还引入了一些应用及影响面广、内容上与无机化学前沿学科结合较为密切的较新的无机合成化学实验及综合与设计实验，以反映当今化学研究前沿领域的新进展、新技术，激发学生的兴趣和创造力，使学生在实验方法和实验技能上得到全面的训练，并培养学生开拓创新的能力。

附录部分列出了与无机化学实验相关的基本数据、常数和必要的资料，并介绍了相关的实验参考书目以及网站。

本书在编写过程中突出了以下几点。

(1) 强调了无机化学实验基础知识、无机化学实验基本仪器及操作在无机化学实验中的重要性。本书对实验基本操作的要点做了翔实的介绍和指导，着重强调了仪器基本操作的规

范性、实验方法的正确性，注重方法论，重点训练学生的基本操作技能。为此，本书除了将“无机化学实验基础知识”和“实验基本操作与技能”单独列为两章外，还在第3篇的第1章基本操作技能实验中选取了典型的基本技能与操作实验项目供学生训练之用。

(2) 本书在本校原有无机化学实验指导书的基础上，仍然保留了大量典型的无机化学实验，以满足对学生动手能力、科学素养等综合素质的培养。加强了与化学学科相关专业的无机化学实验基本操作技能和实验方法的训练及创新性思维的培养。

(3) 为了训练学生独立分析问题、解决问题的能力，满足培养应用创新型人才的需要，本书还增设了部分的无机合成实验及综合与设计实验。因此，本书可作为与化学学科相关的各个专业的无机化学实验教材，也可作为从事医学、农学、生物、纺织及其相关专业工作者的参考书。

本实验教材是我们多年来实验教学改革与实践经验的总结。全书由王新芳主编并负责统稿，周连文、刘雷芳、范晋勇、牛萍等多位从事无机化学实验教学的老师任副主编，2012级材料化学专业的张晴晴、辛旋旋两位同学参与了部分校订工作。

本书在编写过程中得到了德州学院化学化工学院和化学工业出版社的关心和支持，在此深表谢意。特别感谢德州学院化学化工学院董岩教授、孙建之教授对本书编写工作的大力支持和帮助！

此外，衷心感谢在网络上提供无机化学实验素材的同行们，他们为本书中一些实验的编写提供了有用的参考资料。

虽然在编写之前广泛征求了理论课教师的意见，无机化学实验教研室的老师们也进行了多次讨论，但是，由于时间仓促，编者水平有限，教材中缺点疏漏在所难免，希望老师和同学们提出宝贵意见，以便进一步完善和修改。

编者

2014年5月

目 录

第 1 篇 无机化学实验基础知识

第 1 章 化学实验基本知识	1	第 2 章 化学实验常用仪器的使用	8
1.1 实验室安全知识	1	2.1 台秤和电子天平的使用	8
1.2 实验数据的记录与处理	3	2.2 液体体积的度量仪器及使用	9
1.3 实验报告的书写	6	2.3 光电仪器的使用	13

第 2 篇 实验基本操作与技能

第 1 章 仪器的干燥和洗涤	20	第 4 章 气体的制备与收集	32
1.1 玻璃仪器的洗涤	20	4.1 气体的制备	32
1.2 玻璃仪器的干燥	21	4.2 气体的净化与干燥	34
第 2 章 实验室常用的加热仪器与加热方法	23	4.3 气体的收集	35
2.1 加热装置	23	第 5 章 物质的分离和提纯	37
2.2 加热方式	25	5.1 溶解	37
第 3 章 化学试剂与试纸的相关知识	28	5.2 蒸发与浓缩	37
3.1 化学试剂的基础知识	28	5.3 结晶与重结晶	38
3.2 固体试剂的取用	29	5.4 固-液分离	38
3.3 液体试剂的取用	30	5.5 液-液分离	42
3.4 常用试纸的使用	31		

第 3 篇 无机化学实验项目

第 1 章 基本操作技能实验	46	实验 15 电离平衡与沉淀溶解平衡	76
实验 1 仪器的认领、洗涤和干燥	46	实验 16 配合物的生成与性质	78
实验 2 灯的使用、玻璃工操作及塞子 钻孔	48	第 3 章 元素化学实验	83
实验 3 天平和台秤的使用	51	实验 17 p 区非金属元素 I (卤素、氧、 硫)	83
实验 4 溶液的配制	53	实验 18 p 区非金属元素 II (氮、磷、硅、 硼)	85
实验 5 酸碱中和滴定	55	实验 19 常见非金属阴离子的分离与鉴定	87
实验 6 海盐的提纯	57	实验 20 s 区金属元素 (碱金属、碱土 金属)	89
实验 7 转化法制备硝酸钾	59	实验 21 p 区金属元素 (铝、锡、铅、铋、 铋)	91
实验 8 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 的分离	61	实验 22 ds 区金属元素 (铜、银、锌、镉、 汞)	93
第 2 章 化学原理及常数测定实验	63	实验 23 常见阳离子的分离和鉴定 I	95
实验 9 二氧化碳相对分子质量的测定	63	实验 24 d 区金属元素 I (钛、钒、铬、 锰)	99
实验 10 醋酸解离度和解离常数的测定	65		
实验 11 化学反应速率与活化能的测定	66		
实验 12 硫酸钡溶度积的测定	70		
实验 13 五水硫酸铜的热重-差热分析	72		
实验 14 氧化还原平衡和电化学	73		

第 1 篇 无机化学实验基础知识

第 1 章 化学实验基本知识

1.1 实验室安全知识

化学实验室是开展实验教学的主要场所，在实验室中涉及许多仪器仪表、化学试剂甚至有毒药品，实验室常常潜藏着诸如爆炸、着火、中毒、灼伤、触电等事故。因此，实验者必须特别重视实验安全。

1.1.1 实验室守则

(1) 实验前要认真预习，明确实验目的，了解实验原理，熟悉实验内容、方法和步骤，做好实验准备工作，严格遵守实验室的规章制度，听从教师的指导。

(2) 实验中要保持安静，不得大声喧哗，不得随意走动；实验时要集中精力，认真操作，积极思考，仔细观察，如实记录。

(3) 爱护公共财物，小心使用仪器和实验室设备，注意节约水、电和煤气。正确使用实验仪器设备，精密仪器应严格按照操作规程使用，发现仪器有故障应立即停止使用，并及时向教师报告。

(4) 实验台上的仪器、试剂瓶等应整齐地摆放在一定的位置，注意保持台面的整洁；每人应取用自己的仪器，公用或临时共用的玻璃仪器使用完毕后应洗净并放回原处。

(5) 药品应按规定用量取用，如未规定用量，应注意节约使用；已取出的试剂不能再放回原试剂瓶中，以免带入杂质。取用药品的用具应保持清洁、干燥，以保证试剂的纯洁和浓度。取用药品后应立即盖上瓶盖，以免放错瓶塞，污染药品。放在指定位置的药品不得擅自拿走，用后要及时放回原处；实验中用过又规定要回收的药品，应倒入指定的回收瓶中。

(6) 实验中的废渣、纸、碎玻璃、火柴梗等应倒入废品杯内；废液倒入指定的废液缸，剧毒废液由实验室统一处理；未反应完的金属洗净后回收；实验室的一切物品不得私自带出室外。

(7) 实验结束后，应将所用仪器洗净放回实验橱内，橱内仪器应清洁整齐，存放有序；实验室内公共卫生由学生轮流打扫，并检查水、电，关好门窗。

1.1.2 实验室安全守则

(1) 一切易燃、易爆物质的操作都要在离火较远的地方进行；一切有毒的或有恶臭的物质的实验，应在通风橱中进行。

(2) 不要用湿手接触电源；水、电、煤气用后应立即关闭水龙头、煤气阀门、拉掉电闸；点燃的火柴用后应立即熄灭，不得乱扔。

(3) 严禁在实验室内饮食、抽烟或把食品带进实验室。防止有毒药品（如铬盐、钡盐、

铅盐、砷的化合物、汞及汞的化合物、氰化物等)进入口内或接触伤口。

(4) 绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。

(5) 加热试管时,不得将试管口对着自己或别人,也不要俯视正在加热的液体,以免溅出的液体把人烫伤;在闻瓶中气体的气味时,鼻子不能直接对着瓶口(或管口),而应用手轻轻扇动少量气体进行嗅闻。

(6) 倾注药剂或加热液体时,不要俯视容器,特别是浓酸碱等具有腐蚀性的药剂,切勿使其溅在皮肤或衣服上,眼睛更应注意防护;稀释酸、碱(特别是浓硫酸)时,应将它们慢慢注入水中,并不断搅拌,切勿将水注入浓酸、碱中;强氧化剂(如氯酸钾、硝酸钾、高锰酸钾等)或其混合物不能研磨,以免引起爆炸;银氨溶液不能留存,因久置后会析出黑色的氮化银沉淀,极易爆炸。

(7) 金属钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧,所以金属钾、钠应保存在煤油中,白磷则可保存在水中,取用时要用镊子;金属汞易挥发,并通过呼吸道进入人体,逐渐积累会引起慢性中毒,一旦出现金属汞洒落,必须尽可能收集起来,并用硫黄粉盖在洒落的地方,使金属汞转变成不挥发的硫化汞。一些有机溶剂(如乙醚、乙醇、丙酮、苯等)极易引燃,使用时必须远离明火、热源,用毕立即盖紧瓶盖。

(8) 实验室所有药品不得携出室外。每次实验后,必须洗净双手后才可离开实验室。

1.1.3 意外事故的紧急处理

因各种原因而发生事故后,千万不要慌张,应沉着冷静,立即采取有效措施处理事故。

(1) 割伤 先将伤口中的异物取出,不要用水清洗伤口,伤轻者可涂用紫药水(或红汞、碘酒)或贴上“创可贴”包扎;伤势较重时先用酒精清洗消毒,再用纱布按住伤口,压迫止血,立即送医院治疗。

(2) 烫伤 被火、高温物体或开水烫伤后,不要用冷水冲洗或浸泡,若伤处皮肤未破可将碳酸氢钠粉调成糊状敷于伤处,也可用10%的高锰酸钾溶液或者苦味酸溶液洗灼伤处,再涂上獾油或烫伤膏。

(3) 受强酸腐蚀 立即用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠或稀氨水冲洗,最后再用水冲洗;若酸液溅入眼睛,用大量水冲洗后,立即送医院诊治。

(4) 受浓碱腐蚀 立即用大量水冲洗,再用2%醋酸溶液或饱和硼酸溶液冲洗,最后再用水冲洗;若碱液溅入眼睛,用3%硼酸溶液冲洗,然后立即到医院治疗。

(5) 受溴腐蚀致伤 用苯或甘油洗涤伤口,再用水洗。

(6) 受磷灼伤 应立即用1%硝酸银、5%硫酸铜或浓高锰酸钾溶液洗灼伤处,除去磷的毒害后,再按一般烧伤的治理方法处置。

(7) 吸入刺激性或有毒气体:吸入氯气、氯化氢气体时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒;吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到不适(头晕、胸闷、欲吐)时,应立即到室外呼吸新鲜空气。但应注意氯气、溴中毒不可进行人工呼吸,一氧化碳中毒不可使用兴奋剂。

(8) 遇毒物入口时 可内服一杯含有5~10mL稀硫酸铜溶液的温水,再用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即送医院治疗。

(9) 触电 立即切断电源,或尽快用绝缘物(干燥的木棒、竹竿等)将触电者与电源隔开,必要时进行人工呼吸。

(10) 起火 要立即灭火,并采取措施防止火势蔓延(如切断电源,移走易燃药品等),必要时应报火警(119)。灭火的方法要针对起火原因选择合适的方法和灭火设备。

① 一般的起火,小火用湿布、石棉布或砂子覆盖燃烧物即可灭火;大火可以用水、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器灭火。

② 活泼金属如钠、钾、镁、铝等引起的着火,不能用水、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器灭火,只能用砂土、干粉灭火器灭火;有机溶剂着火时切勿使用水、泡沫灭火器灭火,而应该用二氧化碳灭火器、专用防火布、砂土、干粉灭火器等灭火。

③ 精密仪器、电器设备着火时,首先切断电源,小火可用石棉布或砂土覆盖灭火,大火用四氯化碳灭火器灭火,亦可用干粉灭火器或1211灭火器灭火。不可用水、泡沫灭火器灭火,以免触电。

④ 身上衣服着火时,切勿惊慌乱跑,应赶快脱下衣服或用专用防火布覆盖着火处,或就地卧倒打滚,也可起到灭火的作用。

1.2 实验数据的记录与处理

1.2.1 测量误差

在测量实验中,误差是普遍存在的。我们要分析测量结果的准确性,误差的大小及其产生的原因,不断提高测量结果的准确性。

(1) 准确度与误差

准确度是指测定值与真实值接近的程度。准确度的大小用误差表示,误差越小,表示分析结果的准确度越高。误差可用绝对误差与相对误差两种方法表示。

绝对误差(E):指测量值(X)与真实值(T)之差,即

$$E = X - T$$

相对误差(RE):指绝对误差占真实值的百分率,即

$$RE = \frac{E}{T} \times 100\%$$

绝对误差只能显示出误差变化的范围,不能确切地表示测量精度。相对误差表示误差在测量结果中所占的百分比,测量结果的准确度常用相对误差表示。绝对误差可是正值也可是负值,正值表示测量值较真实值偏高,负值表示测量值较真实值偏低。

(2) 精密度与偏差

通常被测物质的真实值是未知的,因此无法求得分析结果的准确度。实际工作中,为了得到可靠的分析结果,在相同的条件下,对样品进行多次反复测定,求出分析结果的算术平均值。多次测定值之间相吻合的程度称为精密度。精密度表现了测定结果的再现性,用偏差表示,偏差越小,说明分析结果的精密度越高,所以偏差的大小是衡量精密度高低的尺度。

绝对偏差(d_i)表示测定值(x_i)与平均值($\bar{x}$)之差:

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

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{n}$$

平均偏差($\bar{d}$)为各单个偏差的平均值:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \cdots + d_n}{n} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n}$$

相对平均偏差为:

$$R\bar{d} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

由以上分析可知,误差是以真实值为标准,偏差是以多次测量结果的平均值为标准。

(3) 误差的种类及其产生的原因

系统误差 这种误差是由某种固定的原因造成的。例如方法误差(由测定方法本身引起),仪器误差(仪器本身不够准确),试剂误差(试剂不够纯),操作误差(正常操作情况下,操作员本身的原因)。这些情况下产生的误差在同一条件重复测定时会重复出现。

偶然误差 这是由于一些难以控制的偶然因素引起的误差。如测定时的温度、大气压的微小波动,仪器性能的微小变化,操作人员对试样微小处理时的差别等。由于引起原因有偶然性,所以误差是可变的,有时大,有时小;有时是正值,有时是负值。

除上述两类误差外,还有因工作疏忽而引起的过失误差。如试剂用错,读数错,砝码认错,或者计算错误,均可引起很大的误差,这些都应力求避免。

1.2.2 有效数字

(1) 有效数字的定义

有效数字是指实际上能测量到的数值,在该数值中只有最后一位是可疑数字,其余的均为可靠数字。它的实际意义在于有效数字能反映出测量时的准确程度。例如:用最小刻度为0.1cm的直尺量出某物体的长度为11.23cm。显然这个数值的前3位数是准确的,而最后一位数字就不是那么可靠,因为它是测试者估计出来的,这个物体的长度可能是11.24cm,也可能是11.22cm,测量的结果有 $\pm 0.01\text{cm}$ 的误差。我们把这个数值的前面3位可靠数字和最后一位可疑数字称为有效数字。

有效数字的位数:从左侧第一个不为零的数字起到最末一位数,共有几个数字,就是几位有效数字。例:0.0923、0.09230、2.0140有效数字的位数依次为3位、4位和5位。

(2) 数字的运算规则

① 四舍六入五留双。在运算时,按一定的规则舍入多余的尾数,称为数字的修约。测量数值中被修订的那个数,若小于等于4,则舍弃;若大于等于6,则进一;若等于5(5后无数或5后为0),5前面为偶数则舍弃,5前面为奇数则进一,当5后面还有不为0的任何数时,无论5前面是偶数还是奇数一律进一。

例如,将下列测量值修约为四位数:

3.14245	3.142	5.62450	5.624
3.21560	3.216	3.38451	3.385
5.62350	5.624	3.3845	3.384

修约数字时,对原测量值要一次修约到所需位数,不能分次修约。例如,将3.3149修约成三位数,不能先修约成3.315,再修约成3.32;只能一次修约为3.31。

② 在进行加减运算时,有效数字取舍以小数点后位数最少的数值为准。例如,0.0231、24.57和1.16832三个数相加,24.57的数值小数点后位数最少,故其他数值也应取小数点后两位,其结果是: $0.02+24.57+1.17=25.76$ 。

③ 在乘除运算中,应以有效数字最少的为准。例如,0.0231、24.57和1.16832三个数相乘,0.0231的有效数字最少,只有3位,故其他数字也只取3位。运算的结果也保留3位有效数字: $0.0231\times 24.6\times 1.17=0.665$ 。

④ 在对数运算中,所取对数的位数应与真数的有效数字位数相同。例如: $\lg 9.6$ 的真数有两位有效数字,则对数应为0.98,不应该是0.982或0.9823。又如 $[\text{H}^+]$ 为 3.0×10^{-2}

$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, pH 应为 1.52。

1.2.3 化学实验中的数据记录与处理

(1) 实验数据的记录

学生要有专门的实验报告本, 标上页码, 不得乱撕。绝不允许将数据记在单页纸上、小纸片上, 或随意记在其他地方。实验数据应按要求记在实验记录本或实验报告本上。实验过程中的各种测量数据及有关现象, 应及时、准确而清楚地记录下来, 记录实验数据时, 要有严谨的科学态度, 要实事求是, 切忌夹杂主观因素, 绝不能随意拼凑和伪造数据。

实验过程中涉及的各种特殊仪器的型号和标准溶液浓度等, 也应及时准确记录下来。记录实验数据时, 应注意其有效数字的位数。如用分析天平称量时, 要求记录至 0.0001g ; 滴定管及移液管的读数, 应记录至 0.01mL 。实验中的每一个数据, 都是测量结果, 所以, 重复测量时, 即使数据完全相同, 也应记录下来。在实验过程中, 如果发现数据算错、测错或读错而需要改动时, 可将数据用一横线划去, 并在其上方写上正确的数字。

(2) 实验数据的处理

① 列表法 做完实验后, 应该将获得的大量数据, 尽可能整齐地有规律地列表表达出来, 以便处理运算。列表时应注意以下几点: 每一个表都应有简明完备的名称; 在表的每一行或每一列的第一栏, 要详细地写出名称、单位等; 在每一行中数字排列要整齐, 位数和小数点要对齐, 有效数字的位数要合理; 原始数据可与处理的结果写在一张表上, 在表下注明处理方法和选用的公式。

② 作图法 利用图形表达实验结果更直观, 易显示出数据的特点, 如极大值、极小值、转折点等, 还可利用图形求面积、斜率、截距、作切线、进行内插和外推等。在画图时应注意以下几点。

a. 坐标纸和比例尺的选择。最常用的坐标纸是直角坐标纸, 其他如对数坐标纸、半对数坐标纸和三角坐标纸也有时用到。在用直角坐标纸作图时, 以自变数为横轴, 因变数为纵轴, 横轴与纵轴的读数不一定从 0 开始, 要视具体情况而定。制图时选择比例尺是极为重要的, 因为比例尺的改变, 将会引起曲线外形的变化。特别对于曲线的一些特殊性质, 如极大值、极小值、转折点等, 比例尺选择不当会使图形特点显示不清楚。

b. 画坐标轴。选定比例尺后, 画上坐标轴, 注明该轴所代表变数的名称及单位。横轴读数自左至右, 纵轴自下而上。

c. 作代表点。将测得数值的各点绘于图上, 实验点用铅笔以 $\times$ 、 $\square$ 、 $\circ$ 、 $\triangle$ 等符号标出 (符号的大小表示误差的范围)。若测量的精确度很高, 这些符号应作得小些, 反之就大些。在一张图纸上如有数组不同的测量值时, 各组测量值代表点应用不同符号表示, 以示区别。

d. 连曲线。借助于曲线板或直尺把各点连成线, 曲线应光滑均匀, 细而清晰, 曲线不必强求通过所有各点, 实验点应该分布在曲线的两边, 曲线的两边的点在数量上应近似于相等。代表点与曲线间的距离表示测量的误差, 曲线与代表点间的距离应尽可能小。选用合适的绘图工具, 铅笔应该削尖, 线条才能明晰清楚。画线时应该用直尺或曲线尺辅助, 不能光凭手来描绘。选用的直尺或曲线板应该透明, 才能全面地观察实验点的分布情况, 画出较理想的图形。

e. 写图标。写上清楚完备的图标（图的名称）及坐标轴的比例尺。比例尺的选择应遵循如下的规则：首先，要能表示出全部有效数字。以便从作图法求出的物理量的精确度与测量的精确度相适应。其次，读数方便。图纸每小格所对应的数值应便于迅速简便地读数，便于计算。充分利用图纸的全部面积，使全图布局匀称合理。

1.3 实验报告的书写

实验报告是总结实验进行的情况、分析实验中出现的问题和整理归纳实验结果必不可少的基本环节，是把直接和感性认识提高到理性思维阶段的必要一步。实验报告也反映了每个学生的实验水平，是实验评分的重要依据。实验者必须严肃、认真、如实的写好实验报告。

实验报告包括七部分内容：

- (1) 实验目的。
- (2) 实验原理：主要用反应方程式和公式表示，语言要简明扼要。
- (3) 实验仪器与药品。
- (4) 实验步骤：尽量用表格、框图、符号等形式，表达要清晰条理。
- (5) 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，绝不允许主观臆造，弄虚作假。
- (6) 实验结果：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；若有数据计算，务必将所依据的公式和主要数据表达清楚。
- (7) 问题与讨论：针对实验中遇到的疑难问题，提出自己的见解或体会；也可以对实验方法、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。

实验报告内容包括：实验题目、实验目的、实验原理及实验内容，并回答教师指定的实验思考题或练习题。实验报告应字体工整，简明扼要，整齐清洁。下面列举几种不同类型的实验报告格式，以供参考。

无机化学测定实验报告

实验名称：_____

气压_____ 室温_____

_____级 _____组 姓名_____ 实验室_____

指导教师_____ 日期_____

测定原理（简述）：

数据记录和结果处理：

问题和讨论：

附注：

元素化学性质实验报告

实验名称：_____气压_____室温_____

_____级 _____组 姓名_____实验室_____指导教师_____日期_____

实验内容（步骤）	实验现象	解释和反应方程式

讨论：

小结：

附注：

无机化学制备实验报告

实验名称：_____气压_____室温_____

_____级 _____组 姓名_____实验室_____指导教师_____日期_____

基本原理（简述）：

简单流程：

实验过程主要现象：

实验结果：

产品外观：
产量：
含量：

问题和讨论：

附注：

指导教师签名_____

第2章 化学实验常用仪器的使用

2.1 台秤和电子天平的使用

天平是化学实验室中最常用的称量仪器。天平的种类很多,按天平的平衡原理,可将天平分为杠杆式天平和电磁力式天平两类;根据天平的精度,天平可分为常量(0.1mg)、半微量(0.01mg)、微量(0.001mg)天平等。选用何种天平进行称量,需视实验时对称量的精度要求而定。托盘天平和电子天平是化学实验中最常用的称量仪器。

2.1.1 台秤

台秤(又叫托盘天平)常用于一般称量,台秤一般能称至 0.1mg ,用于对精度要求不高的称量或精密称量前的粗称。

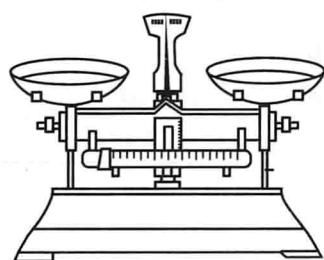


图 1-1 台秤

① 构造 如图 1-1 所示,由横梁、托盘、指针、刻度盘、游码标尺、游码、平衡调节螺丝、天平底座组成。

② 称量 称量物品前,要先调整台秤零点。将台秤游码拨到标尺“0”处,检查台秤指针是否停在刻度盘中间位置,若不在中间,可调节台秤托盘下侧的平衡调节螺丝。当指针在刻度盘中间位置左右摆动大致相等时,则台秤处于平衡状态,停摇时,指针即可停在刻度盘中间。该位置即为台秤的零点。零点调好后方可称量物品。

称量时,左盘放被称物品,右盘放砝码(10g 或 5g 以下的质量,可用游码),用游码调节至指针正好停在刻度盘中间位置,此时台秤处于平衡状态,指针所停位置称为停点(零点与停点之间允许偏差 1 小格以内),右盘上的砝码的质量与游码上的读数之和即为被称物的质量。

使用台秤应注意以下几点:不能称量热的物品;被称量物品不能直接放在台秤盘上,应放在称量纸、表面皿或其他容器中。吸湿性强或有腐蚀性的药品(如氢氧化钠)必须放在玻璃容器中快速称量;砝码只能放在台秤盘(大的放在中间、小的放在大的周围)和砝码盒里,必须用镊子夹取砝码;称量完毕立即将砝码放回砝码盒内,将游码拨到“0”位处,把托盘放在一侧或用橡皮圈将横梁固定,以免台秤摆动;保持台秤的整洁,托盘上不慎撒入药品或其他脏物时,应立即将其清除、擦净后,方能继续使用。

2.1.2 电子天平

通过电磁力矩的调节使物体在重力场中实现力矩平衡的天平称之为电子天平(图 1-2)。电子天平是最新一代的天平,可直接称量,全量程不



图 1-2 电子天平

需砝码，放上被称物品后，在几秒钟内即可达到平衡。电子天平具有称量速度快、精度高、使用寿命长、性能稳定、操作简便和灵敏度高的特点，其应用越来越广泛，并逐步取代机械天平。

① 结构 电子天平的外框为优质合金框架，上部有一个可以移动开的天窗，左、右各有一个可以移动开的侧门，天窗和侧门供称量或清理天平内部时方便使用。电子天平底座的下部有3个底脚（前1后2），是电子天平的支撑部件，同时也是电子天平的水平调节器。调节天平的水平时，旋动后面的底脚即可。秤盘由优质金属材料制成，是承受物品的装置，使用时要注意清洁，随时用毛刷除去洒落的药品或灰尘。水平仪位于天平侧门里左侧一角，用来指示天平是否处于水平状态。前部面板是功能键：ON-开机键；OFF-关机键；TAR-去皮或清零键；CAL-自动校准键。

② 电子天平的使用方法

a. 检查并调整天平至水平位置。

b. 事先检查电源电压是否匹配（必要时配置稳压器），按仪器要求通电预热至所需时间，不少于30分钟。

c. 按一下ON键，显示器显示“0.0000g”，如果显示的不是“0.0000g”，应进行校准。方法是按TARE键，稳定地显示0.0000g后，按一下CAL键，天平将自动进行校准，屏幕显示CAL，表示正在进行校准。CAL消失后，表示校准完毕，即可进行称量。

d. 称量时，打开电子天平侧门，将被称物品轻轻放在秤盘上，关闭侧门，待显示屏上的数字稳定并出现质量单位g后，即可读数（最好再等几秒钟）。轻按一下TARE键，天平将自动校对零点，然后逐渐加入待称物质，直到所需重量，显示屏所显示的数值即为所需物品的质量。

e. 称量结束后应及时移去物品，关上侧门，切断电源，盖好天平罩。

③ 注意事项 电子天平应放置在牢固平稳的水泥台或木质台面上，室内要求清洁、干燥及较恒定的温度，同时应避免光线直接照射到天平上。称量时应从侧门取放物质，读数时应关闭箱门，以免空气流动引起天平摆动。顶窗仅在检修或清除残留物质时使用。若长时间不使用，则应定时通电预热，每周一次，每次预热2h，以确保仪器始终处于良好状态。天平内应放置吸潮剂（如硅胶），当吸潮剂吸水变为红色时，应立即高温烘烤更换，以确保干燥剂的吸湿性能。挥发性、腐蚀性、强酸强碱类物质应盛于带盖称量瓶内称量，防止腐蚀天平。

2.2 液体体积的度量仪器及使用

根据需要，可用量筒、移液管、容量瓶和滴定管等度量液体体积。

2.2.1 量筒

量筒是化学实验室中最常用的度量液体的仪器，多用来量取对体积精度要求不高的溶液或蒸馏水。量筒容量有10mL、25mL、50mL、100mL等，实验中可根据所取溶液的体积来选用。

要求准确移取一定体积溶液时，可用移液管、吸量管或滴定管。

2.2.2 移液管和吸量管

移液管和吸量管是用于准确移取一定体积的液体量出式玻璃量器。中间有一膨大部分的

管颈上部刻有一条标线是移液管，俗称胖肚吸管，管中流出的溶液的体积与管上所标明的体积相同；内径均匀管上有分刻度的是吸量管也称刻度吸管，吸量管一般只用于取小体积的溶液。因管上带有分度，可用来吸取不同体积的溶液，但准确度不如移液管。

移液管和吸量管的使用方法如下：

使用前用少量洗液润洗后，依次用自来水、蒸馏水润洗几次，洗净的移液管和吸量管整个内壁和下部的内壁不挂水珠。再用滤纸将管尖内外的水吸去，然后用少量移取液润洗2~3次，以免溶液被稀释。润洗后，即可移液。

用洗液洗涤的方法如下：右手手指拿住移液管标线上部，插入洗液，左手捏出洗耳球内空气，并以洗耳球嘴顶住移液管上口，借球内负压将洗液吸至移液管球部约1/4处，用右手食指按住管口，取出吸管，将其横过来，左右两手分别拿住移液管上下端，慢慢转动移液管，使洗液布满全管，然后将洗液倒回原瓶。

移液操作：用移液管移取溶液时，右手拇指及中指拿住管颈标线以上部位（图1-3），将移液管下端垂直插入液面下1~2cm处，插入太深，外壁沾带溶液过多；插入太浅，液面下降时易吸空。左手持洗耳球，捏扁洗耳球挤出空气并将其下端尖嘴插入吸管上端口内，然后逐渐松开洗耳球吸上溶液，眼睛注意液体上升，随着容器中液面的下降，移液管逐渐下移。当溶液上升至管内标线以上时，拿去洗耳球，迅速用右手食指紧按管口。将移液管离开液面，靠在器壁上，稍微放松食指，同时轻轻转动移液管，使液面缓慢下降，当液面与标线相切时，立即按紧食指使溶液不再流出。将吸取了溶液的移液管插入准备接收溶液的容器中，将接收容器倾斜而移液管直立，使容器内壁紧贴移液管尖端管口，并成45°左右。放开食指让溶液自然顺壁流下（图1-4），待溶液流尽后再停靠约15s，取出移液管。最后尖嘴内余下的少量溶液，不必吹入接收器中，因在制管时已考虑到这部分残留液体所占体积。注意，有的吸管标有“吹”字，则一定要将尖嘴内余下的少量溶液吹入接收容器中。



图 1-3 移液管吸液

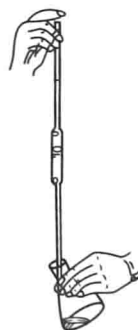


图 1-4 移液管放液

2.2.3 容量瓶

容量瓶是一种细颈梨形的平底瓶，配有磨口玻璃塞或塑料塞，容量瓶上标明使用的温度和容积，瓶颈上有刻度线。是一种量入式的量器。主要用来配制准确浓度的溶液。

容量瓶在使用前应检查是否漏水，如漏水则不能使用。检查方法是：将水装至标线附近，盖好塞子，右手食指按住瓶盖，左手握住瓶底（图1-5），将瓶倒置2min，观察瓶塞周围有无漏水现象。如不漏水，将瓶直立，转动瓶塞180°后再试一次。不漏水，方可使用。容量瓶的塞子是配套使用的，为避免塞子打破或遗失，应用橡皮筋把塞子系在瓶颈上。

用容量瓶配制溶液时，如是固体物质，应先将已准确称量的固体在烧杯内溶解，再将溶