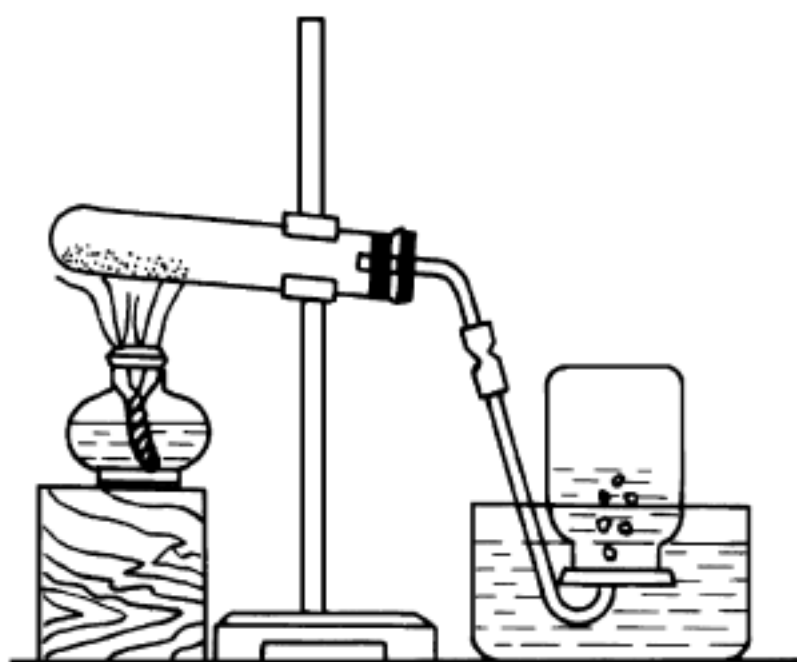


高等院校教学用书

无机化学实验

李铭岫 主编



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/李铭岫主编. —北京:北京理工大学出版社, 2002. 8

高等院校教材

ISBN 7-81045-913-9

. 无... . 李... . 无机化学-化学实验-高等学校-教材 . 061-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 059138 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱/chiefedit@bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京房山先锋印刷厂

装 订/天津高村印装厂

开 本/787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张/11.75

字 数/276 千字

版 次/2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数/1~6000 册

定 价/15.00 元

责任校对/郑兴玉

责任印制/李绍英

前 言

按照全国高等师范院校化学系《无机化学实验教学大纲》的要求,为适应新世纪高等师范院校化学专业本科、专科教学的需要,我们编写了这部《无机化学实验》教材。

本教材的写作特点是:

1.既紧密配合无机化学理论课的教学,又注意保持《无机化学实验》作为一门课程的相对独立性和完整性。使学生通过实验更好地掌握理论课所学的知识,提高实验操作技能,养成良好的实验习惯,为后续实验课奠定坚实的基础。

2.注重加强基本操作训练和培养,对重要的和难度较大的基本操作在不同的实验中反复出现,使学生得到充分练习,安排一定数量的实验作业和思考题,以启发学生思维、培养动手能力。

3.单质和化合物的性质是无机化学的精髓,在本书第二部分元素性质实验中,安排了与无机化学课程紧密相关的实验,以复习和巩固课堂学过的知识。

4.注重素质教育,加强创新能力的培养,选编了部分综合和设计实验,以培养学生运用理论知识和实验技能解决具体问题的能力。

5.充分体现师范特点,注意与中学化学实验教学的衔接,考虑提高学生的实验示范性,做到难易适中、重点突出、重现性好、趣味性强。

6.注意考虑环境保护和节约实验材料、化学试剂。尽量采用小型实验容器(元素性质实验用小试管做),逐步向微型实验过渡。在实验安排上考虑前后实验的相互衔接和试剂浓度及用量的统一性与配合性。

附录中的一些重要物理化学常数,根据最新出版的《Handbook of Chemistry and Physics . 81st Ed . CRC PRESS, 2000—2001》进行修订。

李铭岫为本书主编;李炳焕,刘翠格,许明远,韩秀玉为副主编。参加本书编写和修改工作的有:刘翠格,许明远,宋秀芹,李炳焕,李铭岫,李维芬,孟民权,席改卿,韩秀玉(按姓氏笔画排列)等同志。初稿修改后由李铭岫教授负责统稿并定稿。南开大学化学学院廖代正教授审阅了书稿并提出了宝贵的修改意见,在本书的编写过程中,各位编者所在院系领导和同事给予大力的支持和帮助,在此,一并表示感谢。

由于编写的时间仓促,作者的水平所限,书中不足或错误之处,恳请使用本书的老师 and 同学们给予批评指正。

编 者
2002 年 3 月

目 录

第一部分 无机化学实验须知.....	(1)
第二部分 无机化学实验内容.....	(16)
. 基本操作实验	(16)
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	(16)
实验二 灯的使用、玻璃管加工和塞子钻孔	(22)
实验三 台秤和分析天平的使用.....	(29)
实验四 试剂的取用和试管操作.....	(35)
实验五 溶液的配制.....	(39)
实验六 酸碱滴定.....	(43)
实验七 气体的发生、收集、净化和干燥.....	(48)
实验八 物质的分离和提纯.....	(54)
实验九 去离子水的制备.....	(61)
实验十 五水合硫酸铜结晶水的测定.....	(64)
. 基本原理实验	(66)
实验十一 镁的相对原子质量的测定.....	(66)
实验十二 二氧化碳相对分子质量的测定.....	(69)
实验十三 $I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数的测定	(72)
实验十四 醋酸电离度和电离常数的测定.....	(74)
实验十五 过氧化氢分解热的测定.....	(77)
实验十六 电离平衡、盐类水解和沉淀平衡	(81)
实验十七 化学反应速度和活化能.....	(83)
实验十八 氧化还原反应.....	(87)
实验十九 配合物的生成和性质.....	(90)
. 元素化学实验	(93)
实验二十 卤素.....	(93)
实验二十一 硫.....	(97)
实验二十二 氮.....	(100)
实验二十三 磷.....	(104)
实验二十四 砷、锑、铋.....	(107)
实验二十五 碳、硅、硼.....	(109)
实验二十六 碱金属和碱土金属.....	(113)
实验二十七 铝、锡、铅.....	(116)
实验二十八 铜、银	(119)
实验二十九 锌、镉、汞.....	(121)

实验三十	铬、锰	(123)
实验三十一	铁、钴、镍.....	(125)
实验三十二	常见非金属阴离子的分离与鉴定.....	(127)
实验三十三	常见阳离子的分离与鉴定.....	(131)
	. 制备和设计实验	(135)
实验三十四	硝酸钾的制备与提纯.....	(135)
实验三十五	大晶体的培养.....	(137)
实验三十六	五水合硫酸铜的制备.....	(139)
实验三十七	硫酸亚铁铵的制备.....	(141)
实验三十八	一种钴()配合物的制备.....	(143)
实验三十九	三草酸合铁()酸钾的制备.....	(146)
实验四十	磺基水杨酸铁()配合物的组成及其稳定常数的测定.....	(148)
实验四十一	未知物的鉴定或鉴别.....	(153)
第三部分	附录.....	(155)
附录一	国际相对原子质量表.....	(155)
附录二	不同温度下一些常见无机化合物的溶解度.....	(157)
附录三	不同温度下水的饱和蒸气压.....	(163)
附录四	常用酸、碱的浓度	(165)
附录五	弱酸和弱碱的电离平衡常数(离子强度等于零的稀溶液).....	(166)
附录六	一些难溶化合物的溶度积常数.....	(168)
附录七	常见沉淀物的 pH	(170)
附录八	标准电极电势(298.16K)	(171)
附录九	常见配离子的稳定常数.....	(174)
附录十	某些试剂溶液的配制.....	(176)
附录十一	危险药品的分类、性质和管理	(178)
参考文献		(180)

第一部分 无机化学实验须知

一、无机化学实验的目的

无机化学是一门实验性科学,只有进行实验,才能很好地领会和牢固地掌握无机化学的基本理论和基础知识。无机化学实验是高等师范院校化学专业独立开设的一门基础课,在无机化学教学中占有重要的地位。它不仅与无机化学理论联系紧密,而且是后续实验课的基础。其主要目的是:

(1) 通过实验使学生正确地掌握无机化学实验的基本操作方法、技能和技巧,学会使用无机化学实验的仪器,具有安装设计简单实验装置的能力。

(2) 通过实验使学生了解一些常见无机物的制备、分离和提纯方法,掌握常见元素的单质和化合物的组成、结构、性质等知识。通过验证无机化学的基本反应规律及基本理论,加深对基本概念的理解。

(3) 通过实验培养学生正确观察、记录和分析实验现象、合理处理实验数据、规范绘制仪器装置图、撰写实验报告、查阅文献资料等方面的能力。

(4) 通过实验培养学生实事求是的科学态度,准确、细致、整洁的良好实验习惯,科学的思维方法,处理实验中一般事故的能力。

二、无机化学实验的学习方法

为了达到上述目的,要求学生必须有正确的学习态度和学习方法。教师要在启发学生自觉的基础上进行严格要求。为了完成好无机化学实验,必须认真做到以下几点:

1. 充分预习

充分预习实验教材、教科书及其他参考资料是保证做好实验的重要环节。预习时要明确实验目的,知晓实验原理,了解实验的内容、步骤、操作过程和实验时应注意的事项。要写好预习笔记,做到心中有数。实验开始前,教师要检查学生的预习情况。若发现学生预习不够充分时,可不准其进行实验,要求在掌握实验内容之后再行实验。

2. 认真实验

在预习的基础上,按照实验步骤、试剂用量和仪器的使用方法严肃认真地进行实验。做到规范操作、细致观察、如实记录。如发现实验现象与理论不符时,应对实验过程一步一步地核查,找出失败的原因,提出改进的措施,重新操作,以便得出有益的结论或采取相应的补救措施。如有新的见解和建议,须征得老师的同意,方可改变实验方案进行试验。在实验过程中应保持肃静,并严格遵守实验室各项规章制度。

3. 做好总结

实验结束后,要对实验进行全面总结,写出实验报告。应根据实验现象进行分析、解释、写出有关的反应方程式,或根据实验数据进行计算,并将计算结果与理论值比较、分析,从而得出结论。实验报告应简明扼要,书写工整,不要随意涂改,更不能相互抄袭,马虎行事。

实验报告的格式没有统一规定,不同类型实验的报告格式也不同。下面介绍几种不同类型的实验报告格式,以供参考。

[式一]无机化学制备实验报告

班级_____姓名_____同组人_____日期_____

实验名称_____

一、实验目的：

二、实验原理：

三、实验流程及主要现象：

四、实验结果：

五、问题与讨论：

[式二]无机化学测定实验报告

班级_____姓名_____同组人_____日期_____

实验名称_____

一、实验目的：

二、实验原理：

三、实验步骤：

四、数据记录与实验结果：

五、问题与讨论：

[式三]无机化学性质实验报告

班级_____姓名_____同组人_____日期_____

实验名称_____

实验目的：

实验内容	实验现象	反应方程式	解释及结论

三、无机化学实验室规则

(1) 实验前要做好预习和实验准备工作,明确实验目的,了解实验内容及注意事项。预习不充分者不准进行实验。

(2) 实验时要遵守纪律,保持肃静,集中精神,认真操作,仔细观察,积极思考,如实详细地做好记录。

(3) 实验时应保持实验室和实验台面的整洁,仪器、药品应放在固定的位置上。

(4) 要按规定量取用试剂,注意节约。不准将公用药品取走。从瓶中取出药品后,不得将药品再倒回原瓶中,以免带入杂质。取用固体药品时,切勿使其撒落在实验台上。

(5) 要爱护国家财物,小心地使用仪器和实验设备。各人应取用自己的仪器,未经允许,不得动用他人仪器。仪器如有损坏,要及时登记补领,并按赔偿制度酌情赔偿。要节约水、电、煤气、酒精等。

(6) 使用精密仪器时,必须严格遵守操作规程,细心谨慎。发现故障应立即停止使用,及时报告老师予以排除。

(7) 实验结束后,随时将所用仪器洗刷干净,并放回实验柜内。揩净实验台及试剂架,清理水槽,关好电门、水和煤气开关。实验柜内仪器应存放有序,清洁整齐。

(8) 每次实验后,由学生轮流值日,负责打扫和整理实验室,检查水、电、煤气是否关闭,关好门窗,以保持实验室的整洁与安全。

实验室内所有仪器、药品及其他用品,未经允许一律不许带出室外。

四、无机化学实验安全操作知识

1. 实验室安全守则

(1) 在使用酒精、乙醚、苯、丙酮等易挥发和易燃物质时,要远离火源。

(2) 能产生有毒或有刺激性气体的实验,要在通风橱内进行。

(3) 在使用浓硫酸、浓硝酸、浓碱、洗液、液溴、氢氟酸及其他有强烈腐蚀性的液体时,要十分小心。切勿溅在衣服、皮肤、尤其是眼睛上。稀释浓硫酸时,必须将浓硫酸缓慢地倒入水中并不断搅拌,决不能把水倒入浓硫酸中,以免迸溅。

(4) 钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧。故钾、钠保存在煤油中,白磷保存在水中。取用它们时要用镊子夹取。

(5) 在点燃氢气等可燃性气体之前要检验其纯度,决不可在未经检验纯度前直接在制备装置或贮气瓶气体导出管口点火,否则可能引起爆炸。

(6) 不允许用手直接去取用固体药品。不能将药品任意混合。氯酸钾、硝酸钾、高锰酸钾等强氧化剂或其混合物不能研磨,否则会引起爆炸。

(7) 应配备必要的防护眼镜。倾注药剂或加热液体时,不要俯视容器。加热试管时,不要将试管口对着自己或别人,以免液体溅出,受到伤害。不要用鼻孔凑到容器口上去嗅闻气体,应用手轻拂气体,将少量气体轻轻煽向自己后再嗅。

(8) 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物、尤其是氰化物)不得进入口内或接触伤口。剩余的废液不要随便倒入下水道,应倒入废液缸内统一处理,以免污染环境。

(9) 金属汞易挥发,会通过呼吸道进入体内,逐渐积累将引起慢性中毒,所以,用汞时要特别小心,不得使其洒落在桌上或地上。一旦洒落,要尽可能地收集起来,并用硫粉覆盖在洒落

的地方,使之转化为硫化汞。

(10) 使用的玻璃管或玻璃棒切割后应马上烧熔断口,保持断口圆滑,以免割伤皮肤。

(11) 不能用湿手接触电源。水、电、煤气一经用毕立即关闭,用完点燃的火柴应立即熄灭,不得乱扔。

(12) 不准将餐具和食物带入实验室,严禁在实验室内饮食、吸烟。实验完毕要洗净双手后,再离开实验室。

2. 实验室内意外事故处理

(1) 割伤: 若被玻璃割伤,应先检查伤口内有无玻璃碎片,挑出碎片后,轻伤可以涂上红汞、紫药水或碘酒,然后包扎好。伤口较重时,进行简单处理后,尽快去医务室或医院。

(2) 烫伤: 烫伤后切勿用冷水冲洗。如伤处皮肤未破,可用饱和 NaHCO_3 溶液或稀氨水冲洗,再涂上烫伤膏或凡士林。如伤处皮肤已破,可涂些紫药水或 10% KMnO_4 溶液。

(3) 强酸(或强碱)腐蚀: 若眼上或皮肤上溅着强酸(或强碱),应立即用大量水冲洗,然后用饱和 NaHCO_3 溶液(或硼酸溶液)冲洗,最后再用水冲洗。

(4) 受溴、磷灼伤: 被溴灼伤后先用水冲洗,然后用苯或甘油洗,再用水洗。受白磷灼伤,用 5% 硫酸铜溶液冲洗,然后用经硫酸铜溶液润湿的纱布覆盖包扎。

(5) 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感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。要注意吸入氯、溴气中毒时,不可进行人工呼吸,一氧化碳中毒不可施用兴奋剂。

(6) 毒物进入口内: 把 5 ~ 10 mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中,内服后用手指伸入咽喉部,促使呕吐,以排出毒物,然后立即送医院。

(7) 触电: 迅速切断电源,必要时进行人工呼吸。

(8) 起火: 起火后,应立即针对起火原因选用合适的灭火方法。若因酒精、苯或乙醚等引起着火,火较小时,可用湿布、石棉布或沙子覆盖灭火。火势大时可用泡沫灭火器。若遇电器设备起火,必须先切断电源,再用二氧化碳、四氯化碳灭火器。在灭火的同时,要迅速移走易燃、易爆物品,以防火势蔓延。实验人员衣服着火时,切勿惊慌乱跑,应赶快脱下衣服,或用石棉布覆盖着火处。

附: 实验室急救药箱

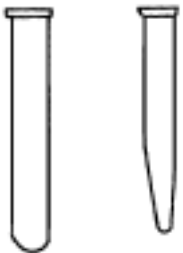
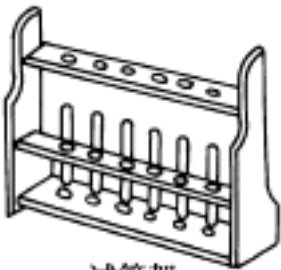
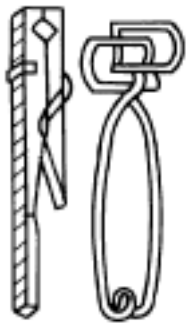
为了对实验过程中意外事故进行紧急处理,应在实验室内配备急救药箱。药箱内准备下列药品:

红药水;3% 碘酒;烫伤膏;饱和碳酸氢钠溶液;饱和硼酸溶液;2% 醋酸溶液;5% 氨水;5% 硫酸铜溶液;高锰酸钾晶体;甘油;创可贴;消毒纱布;消毒棉;剪刀;橡皮膏;棉花棍等。

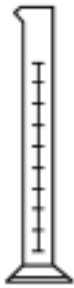
五、无机化学常用仪器介绍

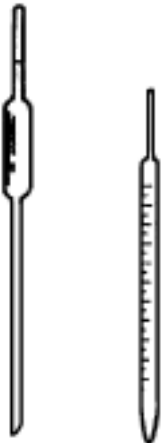
在表 1 - 1 中列出无机化学实验常见仪器的简图及其规格、用途及使用注意事项。

表 1 - 1 无机化学实验常见仪器简介

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 试管 离心试管	分硬质和软质。有普通试管、离心试管 试管以管口外径×长度表示,离心试管以毫升表示	用作少量试剂的反应容器 离心试管还可用于定性分析中的沉淀分离	反应液体不要超过试管的 $1/2$。加热时不要超过 $1/3$ 加热固体时,管口应向下倾斜 离心试管只能水浴加热
 试管架	有木质和铝质。有不同的形状和大小	放试管用	加热后的试管应用试管夹夹住悬放架上
 试管夹	有木质、竹质及金属丝制品,形状也不同	夹持试管用	防止烧损或锈蚀
 试瓶	以容积表示。分硬质、软质,有平底、圆底、长径、厚口等种	用作反应物多,且需长时间加热时的反应器 液体蒸馏,少量气体发生装置	盛放液体不超过容量的 $2/3$ 加热时应放在石棉网上
 毛刷	以大小和用途表示。 如:试管刷、烧杯刷、滴定管刷等	洗刷玻璃仪器	小心刷子顶端的铁丝撞破玻璃仪器
 烧杯	以容积大小表示。分硬质、软质,有刻度、无刻度几种	用作反应物较多时的反应容器。配制溶液用	反应液体不超过烧杯容量的 $2/3$ 加热时放置在石棉网上

续表

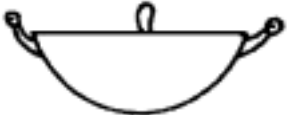
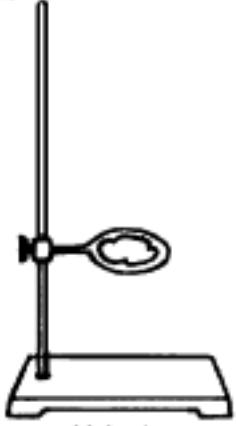
仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 锥形瓶	以容积表示。分硬质、软质、有塞、无塞、广口、细口等几种	反应容器,振荡方便,适用于滴定操作	盛放液体不能太多,加热时应放置在石棉网上
 漏斗	以直径大小表示。有玻璃质、瓷质,分长颈、短颈	用于过滤等操作	不能用火直接加热
 分液漏斗	以容积大小和形状表示	用于互不相溶的液-液分离 气体发生器装置中加液用	不能用火直接加热。磨口的漏斗塞子不能互换,活栓处不能漏液
 吸滤瓶 布氏漏斗	吸滤瓶以容积表示。 布氏漏斗为瓷质,以容量或口径表示	两者配套使用于无机制备中晶体或沉淀的减压过滤	滤纸要小于漏斗内径
 表面皿	以直径大小表示	盖在烧杯上防止液体迸溅或其他用途	不能用火直接加热
 量筒	以容积表示。 上口大下口小的叫量杯	用于量取一定体积的液体	不能加热,不能作为反应容器

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 容量瓶	以刻度以下的容积表示	配制准确浓度的溶液时用	不能加热,不能代替试剂瓶存放液体
 细口瓶 广口瓶	以容积大小表示。有无色、棕色、磨口、不磨口	细口瓶盛放液体药品,广口瓶盛放固体药品,不带磨口塞子的广口瓶可作为集气瓶	不能加热,瓶塞不能互换,盛放碱液要用橡胶塞
 吸管	以刻度最大标度表示。 分刻度管形和单刻度胖肚形两种	精确移取一定体积的液体时用	用时应先用少量所移取液淋洗三次,一般移液管残留量后一滴液体不吹出
 滴定管	按刻度最大标度表示。 分酸式、碱式两种	滴定时用 用以量取较准确体积的液体	酸管、碱管不能对调使用 装液前用预装液淋洗三次

续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 洗气瓶	按容量表示	净化气体时用, 反接 也可用作安全瓶	洗涤液注入高度的 $\frac{1}{3}$, 不得超过 $\frac{1}{2}$
 滴瓶	以容积大小表示。分 棕色和无色两种	盛放少量液体试剂或 溶液, 便于取用	滴管专用, 不能吸得 太满, 不能倒置, 不能弄 乱、弄脏
 称量瓶	以外径 $\times$ 高表示。 分扁形和高形两种	准确称取定量固体时 用	瓶和塞子是配套的, 不能互换
 泥三角	铁丝弯成, 套有瓷管。 有大小之分	架放坩埚时用	灼烧后小心取下, 不 要摔落
 研钵	以直径大小表示。有 瓷质、玻璃质、玛瑙质、 铁质	用于研磨固体物质	放入量不超过容积的 $\frac{1}{3}$ 易爆炸物只能轻压, 不能研磨
 燃烧匙	铜或铁制品	检验物质可燃性时用	防止锈蚀
 坩埚	以容积表示, 有瓷质、 石英质、锆质或铂质	灼烧固体时用	灼烧的坩埚不要直接 放在桌子上

续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 水浴锅	铜或铝制品	用于间接加热或控温实验	不能烧干锅
 蒸发皿	以容积或直径表示。 有瓷质、石英质、铂质	蒸发液体用	不能骤冷
 坩埚钳	铜或铁制品	夹取坩埚用	夹取时应预热坩埚钳
 石棉网	有大小之分。由铁丝编成,中间涂有石棉	垫上石棉网加热,可使物体受热均匀	不能与水接触
 铁架台	铁制品	固定或放置反应器 铁圈可以代替漏斗架使用	加热后的铁圈不能撞击或摔落在地
 三角架	铁制品。有大小、高低之分	放置较大或较重的反应器	下面灯焰的位置要合适

六、化学实验中数据表达与处理

1. 化学实验中的数据表达与处理

为了表示实验结果和分析其中规律,需要将实验数据归纳和整理。在无机化学中主要采用列表法和作图法。

(1) 列表法。

在无机化学实验中,最常用的是函数表。将自变量 x 和应变量 y 一一对应排列成表格,以表示二者的关系。列表时注意以下几点。

每一表格必须有简明的名称。

行名与量纲。将表格分为若干行,每一变量应占表格中一行,每一行的第一列写上该行变量的名称及量纲。

每一行所记数字应注意其有效数字位数。如果用指数表示数据时,为简便起见,可将指数放在行名旁。

自变量的选择有一定灵活性。通常选择较简单的变量(如温度、时间、浓度等)作为自变量。

(2) 作图法。

实验数据常要用作图来处理,作图可直接显示出数据的特点,数据变化的规律,根据作图还可求得斜率、截距、外推值等。因此,作图好坏与实验结果有着直接的关系。以下简要介绍一般的作图方法。

准备材料。作图需要应用直角坐标纸、铅笔(以 1H 的硬铅为好)、透明直角三角板、曲线尺等。

选取坐标轴。在坐标纸上画两条互相垂直的直线,一条为横坐标,一条是纵坐标,分别代表实验数据的两个变量,习惯上以自变量为横坐标,应变量为纵坐标。坐标轴旁需要标明代表的变量和单位。

坐标轴上比例尺的选择原则:

- (i) 从图上读出有效数字与实验测量的有效数字要一致;
- (ii) 每一格所对应的数值要易读,有利于计算;
- (iii) 要考虑图的大小布局,要能使数据的点分散开,有些图不必把数据的零值放在坐标原点上。

标定坐标点。根据数据的两个变量在坐标内确定坐标点,符号可用 $\times$ 、 $\circ$ 、 Δ 等表示。同一曲线上各个相应的标定点要用同一种符号表示。

画出图线。用均匀光滑的曲线(或直线)连接坐标点,要求这条线能通过较多的点,不要求通过所有的点。没有被连上的点,也要均匀地分布在靠近曲线的两边。

2. 误差的概念

(1) 学习误差概念的意义。

在定量测定实验中,即使是技术很熟练的操作者用最完善的分析方法和最精密的仪器,对同一样品进行多次测定,其结果也不会完全一样,这说明客观上存在着难于避免的误差,因此要得到一个合格的分析结果,就必须了解误差产生的原因和规律,总结经验,改进方法,将误差降低到最低限度。

(2) 准确度与误差。

准确度是指测定值与真实值(理论值)之间相差的程度,用“误差”表示。误差越小,表示测定结果的准确度越高,反之,准确度越低。误差又分为绝对误差和相对误差。

绝对误差 = 测定值 - 真实值(理论值)

相对误差 = $\frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\%$

例如:用分析天平称量某物品的绝对误差和相对误差:

实验编号	样品真实值/ g	测定值/ g	绝对误差/ g	相对误差/ %
------	----------	--------	---------	---------