

工科大学化学实验

主编 胡立江 尤宏



哈尔滨工业大学出版社

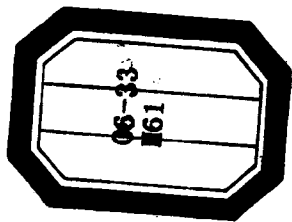
06-33

H61

434217

工科大学化学实验

主 编 胡立江 尤 宏
副主编 郝素娥 蒋崇菊



00434217

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

0277/12

本书分八编,共三十一个实验。第一编 基本知识 with 技能(四个);第二编 化学热力学与化学动力学(四个);第三编 氧化还原反应与电化学(三个);第四编 水与环境(三个);第五编 材料化学(三个);第六编 化学与生命科学(六个);第七编 工业应用化学(八个);第八编 附录(实验基本操作、实验仪器介绍、数据处理、常见离子的性质和常用数据表)。

本书既可作为高等工科院校各专业本、专科学生的实验教材,也可作为广大化学化工工作者的参考书。

工科大学化学实验

Gongke Daxue Huaxue Shiyan

主编 胡立江 尤宏

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨市工大节能印刷厂印刷

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 10 字数 248 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数 1 ~ 5 000

ISBN 7-5603-1353-1/O·94 定价 12.00 元

序

“化学是一门中心科学”说明了化学在其它相关学科发展过程中所起的重要作用,而“化学是一门实验科学”又说明了化学实验在化学学科本身中的重要性。随着当前教育思想和观念的转变,随着化学学科教育和教学改革的深入发展,化学实验又有了新的意义。

当代教育思想和观念是强调知识、能力和素质相结合的培养,传统的人才培养模式和化学教学体系很难适应目前科学技术的迅速发展和进步的形势,化学实验课的改革已势在必行。改革的内容应以综合设计型、实际应用型为主导,单纯以训练化学基本操作为目的的实验以及单纯验证基本原理的实验都应适当改革,改革的方向应以培养具有创新意识和创新能力的人才为目标,鼓励学生大胆设想、勇于创新,这样才能体现化学实验课在改革形势下的重要意义。

当代的教育思想和教学方法重视学生在教学活动中的自主行为,注重将学生处于教学的主体地位,化学实验课也应突出这一点。实验教学过程中的一切活动(包括使学生处于积极的心理活动状态、调动学生的主动思维、激发学生学习的内在动力等)都应该成为发挥学生主体性的有力工具。特别是多媒体和计算机技术可大大提高学生的学习兴趣、求知欲望、学习中的探索精神,因此应用这方面技术是发挥学生在实验教学中主体性的重要活动之一。在这方面,哈尔滨工业大学化学与精细化工教研室做了大量的改革工作,不仅在实验教学过程运用了多媒体 CAI 技术,更主要的是在设计和制作 CAI 实验课件中充分发挥了学生的主体性,制作出的课件符合学生的心理、智能、情感特征和现代学生学习的风格。

由哈尔滨工业大学化学与精细化工教研室和化学实验中心集体编写的《工科大学化学实验》一书反映了当前化学实验课改革的特点,符合当前教育思想和观念转变的改革趋势。显然,这将使化学实验教学呈现出与传统习惯所不同的新局面。当然,教学改革是一个长期的任务,不是一朝一夕可以成就的,希望在此基础上,不断探索,不断实践,使本教材的第 2 版更加完善。

周 定

1998 年 8 月于哈尔滨工业大学

前 言

面临世纪之交,为了适应当今世界急剧变化的科学技术和社会发展的需要,为了适应当前教育思想观念、人才培养模式、教学体系内容等一系列重大变革的形势,我们对工科大学化学实验课和实验教材进行了大幅度的改革,在原实验教材《普通化学实验》的基础上,编写了改革教材《工科大学化学实验》,经校内试用后,此次由哈尔滨工业大学出版社正式出版。

本教材的编写是哈尔滨工业大学工科大学化学面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的内容之一。在此过程中,我们纵观了现代化学与化工科技发展的成果和趋势,对比了美国重点大学的实验讲义,参考了清华大学等重点高校的实验教材,结合教师的科研项目,并进行了较多的教改实践。本教材的主要特点是:

(1) 每个实验增加了“实验导读”栏目,介绍了有关的基本理论、现代科学技术、先进测试方法、实验的实际意义及应用领域等,拓宽了学生的知识面,加深了对实际应用的了解。每个实验还增加了“实验提要”栏目,用其取代了传统的、为学生整理好的“实验目的”、“实验原理”等,以提高学生独立思考和独立解决问题的能力。

(2) 增加了两种类型的实验:附加实验和思考实验。前者是让学生利用计算机对有关的先进测试仪器(红外分析仪、热分析仪、X 射线光谱仪等)的 CAI 课件进行动画演示和犹如身临其境的模拟操作,以加深学生对先进测试应用的了解和掌握;后者是让学生对实验中可能发生的问题、现象和结果进行认真的思考、全面的分析和正确的估计,以培养学生具有高科技人才必备的科研素质。同时,加强了设计实验的力度,以提高学生综合思维、综合技术、善于动手和善于创新的能力。

(3) 本教材反映了当今社会所关注的材料科学、生命科学、环境科学、能源科学等的新进展,突出反映了近代化学的新发展和新技术,显示了化学与其它学科领域、工程实际及日常生活的相关性。

(4) 本教材的编写结合了现代多媒体(录像、幻灯、计算机大屏幕显示等)和计算机技术(辅助计算、作图等)在实验教学中的应用,使其发挥了传统教学难以起到的作用。

(5) 本教材仍然适用于我们多年坚持的开放实验。

本教材由哈尔滨工业大学化学与精细化工教研室和化学实验中心集体编写,胡立江、尤宏主编,郝素娥、蒋崇菊任副主编,参加编写的还有唐冬雁、杨春晖、周育红、余大书、刘欣荣、韩喜江、周保学、陈惠娟、罗洪军和张洪喜。

本教材是在全国普通化学教学指导委员会委员徐崇泉教授的指导下编写的,全书由徐崇泉教授主审,原中国化学学会理事、全国普通化学教学指导委员会委员周定教授为本教材作序,特此表示衷心的感谢。对哈尔滨理工大学、哈尔滨建筑大学、大庆石油学院、鞍山钢铁学院等高校对本书编写工作的帮助和支持表示感谢。

本教材是我们对工科大学化学实验课教材改革的初试,并且是首次出版,一定存在许多不足之处,欢迎读者和同行批评指正。

编 者

1998 年 8 月

目 录

学生实验守则	1
化学实验室安全守则	2
实验室意外事故的处理	3
大学化学实验的学习方法	4

第一编 基本知识与技能

实验一 分析天平的使用	5
实验二 溶液的配制和酸碱滴定	8
实验三 三种含水无机物的制备	11
实验四 过渡元素与配位化合物	15

第二编 化学热力学与化学动力学

实验五 化学反应热效应的测定	20
实验六 弱酸电离常数的测定	23
实验七 溶液中的离子平衡	27
实验八 反应速率常数与活化能的测定	30

第三编 氧化还原反应与电化学

实验九 氧化还原反应与电化学	34
实验十 金属腐蚀及电动势的测定	38
实验十一 不同溶液铜的电极电势(设计实验)	42

第四编 水与环境

实验十二 水硬度的测定(设计实验)	44
实验十三 水的软化和净化处理	48
实验十四 水中溶解氧的测定	52

第五编 材料化学

实验十五 钛酸钡(BaTiO_3)纳米粉的制备	59
实验十六 高分子材料的合成	63
实验十七 107 胶粘剂的制备	67

第六编 化学与生命科学

实验十八 超市家用化学(思考实验)	70
实验十九 食品中微量元素的鉴定	73
实验二十 蛋白质的化学性质	77

实验二十一	从茶叶中提取咖啡因	81
实验二十二	阿司匹林的合成	83
实验二十三	维生素 C 药片中抗坏血酸含量的测定	86

第七编 工业应用化学

实验二十四	铜中锰含量的测定	89
实验二十五	油脂中酸值的测定	92
实验二十六	污染糖中 KHP 的百分含量测定	95
实验二十七	化学蚀刻法制作印刷电路板	97
实验二十八	塑料表面镀金属	99
实验二十九	金属的电化学抛光	102
实验三十	铝及铝合金表面防护膜的形成	103
实验三十一	化学中的光和颜色	105

第八编 附录

附录一	实验基本操作	109
附录二	实验仪器介绍	123
附录三	数据处理	131
附录四	常见离子的性质	139
附录五	常用数据表	141

学生实验守则

(1) 实验前必须认真预习,写出预习报告。到实验室后首先熟悉实验室环境、布置和各种设施的位置,清点仪器。

(2) 实验过程中保持安静,集中注意力,仔细观察,如实记录,积极思考,独立地完成各项实验任务。

(3) 实验仪器是国家财物,务必爱护,谨慎使用。

①使用玻璃仪器要小心谨慎,若有损坏要报告教师,并根据情况给予适当赔偿。

②使用精密仪器时,必须严格按照操作规程,遵守注意事项。若发现异常情况或出了故障,应立即停止使用,报告教师,找出原因,排除故障。

(4) 使用试剂时应注意下列几点:

①试剂应按书中规定的规格、浓度和用量取用,以免浪费,如果书中未规定用量或自行设计的实验,应尽量少用试剂,注意节省。

②取用固体试剂时,勿使其撒落在实验容器外。

③公用试剂用后应立即放回原处。

④试剂瓶的滴管和瓶塞是配套使用的,用后立即放回原处,避免“张冠李戴”。

⑤使用试剂时要遵守正确的操作方法,避免沾污试剂。

(5) 指定回收的药品,要倒入回收瓶内,未指定回收的废液或残渣要倒入废液缸内,不可倒入水槽,废纸等扔入纸篓内,以免腐蚀或堵塞下水道。

(6) 注意安全操作,遵守安全守则。

化学实验室存在中毒、易燃、易爆和易腐蚀等多种隐患,极易发生各种事故,学生必须遵从教师指导,注意安全操作。

(7) 完成实验后,将仪器洗刷干净,放回原位,保持地面和台面的清洁。

化学实验室安全守则

化学实验室中许多试剂易燃、易爆，具有腐蚀性或毒性，存在着不安全因素，所以进行化学实验时，必须重视安全问题，绝不可麻痹大意。初次进行化学实验的学生，应接受必要的安全教育，且每次实验前都要仔细阅读本实验的安全注意事项。在实验过程中，要严格遵守下列安全守则：

- (1) 实验室内严禁吸烟、饮食、大声喧哗、打闹。
- (2) 水、电、气用后立即关闭。
- (3) 洗液、浓酸、浓碱等具有强烈的腐蚀性，使用时应特别注意。
- (4) 有刺激性或有毒气体的实验，应在通风橱内进行。嗅闻气体时，应用手轻拂气体，把少量气体煽向自己再闻，不能将鼻孔直接对着瓶口。
- (5) 含有易挥发和易燃物质的实验，必须在远离火源的地方进行，最好在通风橱内进行。
- (6) 加热试管时，不要将试管口对着自己或他人，也不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出使自己受到伤害。
- (7) 有毒试剂，如氰化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等，要严防进入口内或接触伤口，也不能随便倒入水槽，应回收处理。
- (8) 稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢注入水中，并不断搅动。切勿将水倒入浓硫酸中，以免迸溅，造成灼伤。
- (9) 禁止随意混合各种试剂药品，以免发生意外事故。
- (10) 实验完毕，应将实验台面整理干净，洗净双手，关闭水、电、气等阀门后再离开实验室。

实验室意外事故的处理

(1) 若因酒精、苯或乙醚等起火,应立即用湿布或砂土(实验室应备有灭火砂箱)等扑灭。若遇电器设备着火,必须先切断电源,再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。

(2) 遇有烫伤事故,可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗灼伤处,再擦上凡士林或烫伤油膏。

(3) 若在眼睛或皮肤上溅上强酸或强碱,应立即用大量水冲洗。但若是浓硫酸,则应先用干布擦去,然后用大量水冲洗,再用碳酸氢钠 3% 溶液(或稀氨水)洗。若碱灼伤,需用醋酸 2% (或硼酸)洗,最后涂些凡士林。

(4) 氢氟酸烧伤皮肤时,先用碳酸氢钠 10% 溶液(或氯化钙 2% 溶液)洗涤,再用两份甘油与一份氧化镁制成的糊状物涂在纱布上掩盖患处,同时在烧伤的皮肤下注射葡萄糖 10% 溶液。

(5) 四氯化碳有轻度麻醉作用,对肝和肾有严重损害,如遇中毒症状(恶心、呕吐),应立即离开现场,按一般急救处理,眼和皮肤受损害时,可用碳酸氢钠 2% 溶液或硼酸 1% 溶液冲洗。

(6) 金属汞易挥发,它通过人的呼吸进入人体内,逐渐积累会引起慢性中毒,所以不能把汞洒落在桌上或地上,一旦洒落,必须尽可能收集起来,并用硫磺粉盖在洒落的地方,使汞转变成不挥发的硫化汞。

(7) 一旦毒物进入口内,可把 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,然后立即送医院。

(8) 若吸入氯气、氯化氢气体,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒;若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。

(9) 被玻璃割伤时,伤口若有玻璃碎片,须先挑出,然后抹上红药水并包扎。

(10) 遇有触电事故,应切断电源,必要时进行人工呼吸,对伤势较重者,应立即送医院。

大学化学实验的学习方法

实验效果与正确的学习态度和学习方法密切相关,大学化学实验的学习方法主要体现在下列三个环节:

1. 预习

预习是实验前必须完成的准备工作,是做好实验的前提。但是,预习环节往往不能引起学生足够的重视,甚至不预习就进实验室,对实验的目的、要求和内容全然不知,严重地影响了实验效果。为了确保实验质量,实验前任课教师要检查每个学生的预习情况。对没有预习或预习不合格者,任课教师有权不让参加本次实验,学生应严格服从教师的安排。

实验预习一般应达到下列要求:

- (1) 阅读实验教材,明确实验的目的和实验内容(若有电视录像或 CAI,应在指定时间、指定地点去观看,不可缺席)。
- (2) 掌握本次实验的主要内容,阅读实验中有关的实验操作技术及注意事项。
- (3) 按教材规定设计实验方案,并回答“预习思考题”。
- (4) 写出实验预习报告,预习报告是进行实验的依据,因此预习报告应包括简要的实验步骤与操作、定量实验的计算公式等。

2. 实验

实验是培养独立工作能力和思维能力的重要环节,必须认真、独立地完成。

- (1) 按照实验内容,认真操作,细心观察,一丝不苟,如实将实验现象和数据记录在预习报告中。
- (2) 对于设计性实验,审题要确切,方案要合理,现象要清晰。实验中发现设计方案存在问题时,应找出原因,及时修改方案,直到达到满意的结果。
- (3) 在实验中遇到疑难问题或者有反常现象时,应认真分析操作过程,思考其原因。为了正确说明问题,可在教师指导下,重做或补做某些实验。自觉养成动脑筋分析问题的习惯。
- (4) 遵守实验工作规则。实验过程中应始终保持台面布局合理、环境整洁卫生。

3. 实验报告

实验报告是每次实验的总结,反映学生的实验水平和总结归纳能力,必须认真完成。

一份合格的实验报告应包括以下 5 部分内容:

- (1) 实验目的。定量测定实验还应简介实验有关基本原理和主要反应方程式。
- (2) 实验内容。尽量采用表格、框图、符号等形式,清晰、明了地表示实验内容。切忌照抄书本。
- (3) 实验现象和数据记录。实验现象要正确,数据记录要完整,绝不允许主观臆造,抄袭别人实验结果,否则,本次实验按不及格处理。
- (4) 解释、结论或数据计算。对现象加以简明的解释,写出主要反应方程式,分标题小结或者最后得出结论。数据计算要准确。
- (5) 完成实验教材中规定的作业。针对实验中遇到的疑难问题,提出自己的见解或写出收获。定量实验应分析实验误差原因。对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见。

第一编 基本知识与技能

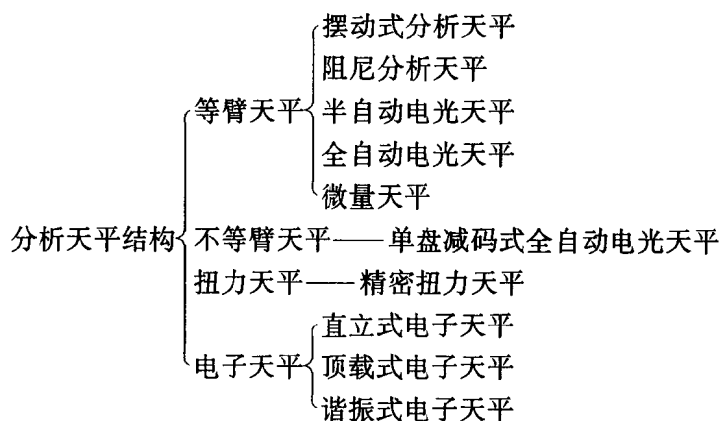
实验一 分析天平的使用

实验导读

物质质量的准确测定是化学实验过程中经常遇到的基本操作之一,实验不同,对物质质量称量的准确度要求也不同,因此进行实验时,要选用不同精确度的称量仪器。例如,我们常用的台秤只能准确称出 0.1 g,而许多化学分析实验对物质质量称量要求准确到 0.1 mg,这就需要选用精确度高的、能够准确称量出 0.1 mg 的分析天平。

分析天平的种类很多,通常有两种分类方法。

1. 分析天平的结构特点分类



2. 按天平的精度分类

精度是指天平的感量(硬值)与最大载量之比。1972 年中国科学院按精度将天平分为 10 级。分级标准见表 1.1。

表 1.1 天平精度分级

级 别	1	2	3	4	5
感量/最大载量	1×10^{-7}	2×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-6}	2×10^{-6}
级 别	6	7	8	9	10
感量/最大载量	5×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}

1 级天平精度最好,10 级天平精度最差。常用的分析天平最大载量为 200 g,感量(或分度值)为 0.1 mg,其精度为

$$\frac{0.0001}{200} = 5 \times 10^{-7} \quad (\text{即相当于 3 级天平})$$

在选用天平时,不仅要注意天平的精度级别,还必须注意天平的最大载量。

在常量分析中,使用最多的是最大载量为 100~200 g 的分析天平,属 3、4 级。在微量分析中,常用最大载量为 20~30 g 的 1~3 级天平。

本实验所使用的 DT-100 型单盘精密天平最大载量为 100 g,感量为 0.1 mg,级别为 4 级。

分析天平是测定物体质量的精密仪器,需安装在专门的天平室内使用。天平应远离震源、热源,并与产生腐蚀性气体的环境隔离。室内应清洁无尘。室温以 18~26℃ 为宜,且应相对稳定。室内保持干燥,相对湿度应在 50%~60% 之间。

天平必须安放在牢固的水泥台上,有条件时,台面可铺橡皮布防滑、减震。天平应避免阳光直射,天平室应悬挂窗帘挡光,以免天平两侧受热不均,横梁发生形变或使天平箱内产生温差,形成气流,从而影响称量。

不得在天平室内存放或转移挥发性、腐蚀性的试剂。如欲称量这些物质,宜用玻璃器皿熔封后进行称量。

不得带潮湿的器皿进入天平室,需要称取水溶液时,应盛入密封性好的容器称量,且应尽量缩短称量的时间。

为保持天平干燥,天平箱内应放置干燥剂,通常使用的干燥剂为变色硅胶,变色硅胶应定期烘干。称量时应注意随手关好天平门。

进行称量时,所称物体的质量不得超过天平的最大载量。

化学药剂和试样的称量,必须在适当的容器中,如称量瓶、表面皿、铝铲或硫酸纸等,不得直接放在天平盘上称量。

称量物体的温度必须与室温相同。

必须用指定的天平做完一个样品的全部称量操作,不能中途更换天平。

通过本实验称量练习,要求了解单盘天平的基本结构,学会单盘天平的正确使用方法,并准确称量物体的质量。

实验提要

在精密天平上称量物体准确质量的方法,一般分为直接称量法和减量法。

1. 直接称量法

直接称量法是最常用、最普遍、最简单的称量物体质量的方法。通常把要称量的物体直接放在天平称盘上,测出物体的质量。有时为了方便,选用适当的称量纸、表玻璃或小烧杯等盛放试样,直接在天平称盘上称量,然后再扣除盛放容器(或纸张)的质量,即得所称试样的质量。不过,从称量纸、表玻璃或小烧杯中转移试样到实验容器中时,务必将全部试样转移完全,否则会引起较大的误差。一般直接称量法适用于那些在空气中性质比较稳定、不易吸潮、不易氧化、也不易吸收 CO_2 的物质,如金属、矿石等。

2. 减量法

减量法是把要称量的物体(通常为固体粉末)先装入一称量瓶中,在天平上称出全部试样和称量瓶的总质量 m_1 ,然后从称量瓶中小心倒出所需一定量的试样(初学者操作不熟练,可以

分几次倒出,以达到所需量的要求),再在同一台天平上称出剩余试样和称量瓶的总质量 m_2 ,前后两次称出的总质量之差($m_1 - m_2$)即为倒出试样的准确质量。如果同一种试样,同时需要平行称出几份,就可以连续接下去倒出几份试样,并分别测出每倒完一次后,剩余试样和称量瓶的总质量,相邻两次总质量之差,即为倒出试样的质量,这种方法特别适用于需要同时称量几份同一种试样的情况。

DT-100 型天平的使用方法详见附录 1.1。

实验内容

1. 天平零点的调整

- (1)检查插头是否接上交流电源。
- (2)检查电源开关是否扳把向“上”。
- (3)检查天平圆水泡是否位于水准器中心;
- (4)检查各数字窗口是否都显示“0”位。如不在“0”,转动减码三组手轮,使读数面板上三个数字窗口显示“0”位;并转动微读手钮,使微读轮上“0”刻线对准投影屏指标线。
- (5)开启天平,校正天平零点。

2. 称量瓶的称量

- (1)在天平关闭状态下,轻缓拉开天平侧门,放称量瓶于称盘中心,关上侧门;
- (2)将停动手钮转到“半开”位置。
- (3)首先转动 10~90 g 大减码手轮,当转到 50 g 时,即读数面板第一个数字窗口显示“5”。观察投影屏处标尺,往上移动,说明试样质量小于 50 g,而大于 40 g,即介于 40~50 g 之间,反转减码大手轮到“40”g 位置。
- (4)再转动 1~9 g 减码中手轮,当转到 9 g 时,标尺往上移动,说明试样质量小于 9 g,反转中手轮到“8”g 位置。
- (5)最后转动 0.1~0.9 g 减码小手轮,当转到 0.5 g 时,观察标尺刻线,往上移动,此时反转小手轮到“0.4 g”位置。
- (6)精称,待称盘停稳后,全开天平,观察投影屏上标尺刻线。旋转微读手钮,使离投影屏夹缝中央最近的一条刻线移到投影屏夹缝的中央。估读投影屏上固定基线指示在微读轮的对应值,读数。
- (7)关闭天平,打开侧门,取出称量瓶,关上侧门。
- (8)将减码数字窗口、微读数字窗口全部回复“0”位。

3. 钢样的称量

例如,要称取质量为 0.120 0~0.140 0 g 之间的钢样,首先需要按未知试样称量步骤称得称量瓶的质量,假设其质量为 13.248 55 g,按下述步骤进行操作:

- (1)在天平处于关闭状态下,转动三组减码手轮,转动后第一数字窗口显示“1”,第二个数字窗口显示“3”,第三个数字窗口显示“3”(称量瓶质量+钢样质量为 $13.248\ 55 + 0.130\ 0 = 1.378\ 6\ \text{g}$)。
- (2)轻缓打开天平侧门,放称量瓶于称盘中央。

(3)转动停动手钮到“半开”位置,观察投影屏,可以发现标尺往上移动。

(4)用牛角勺取钢样,一定要少取,每次取 12~15 粒即可,放入称量瓶中,注意观察投影屏移动方向。当加钢样到使投影屏下移至出现 0 刻线时,全开天平,观察标尺刻线与投影屏夹缝中央对准使其数字显示应是介于 68~88 之间。若小于 68,可继续一粒一粒地加钢样,直达到此范围。

(5)转动微读手轮调整刻线位置,读数。

(6)关闭天平,取出被称物,回“0”。

预习思考题

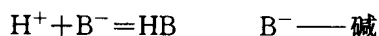
(1)在放置待称物体或加减砝码时,应注意什么问题?

(2)在取、放称量物,粗称、精称时,停动手柄分别应在什么位置?

实验二 溶液的配制和酸碱滴定

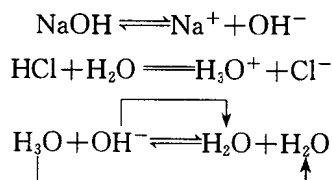
实验导读

酸碱滴定法(又称中和滴定法)是以质子传递反应为基础的一种滴定分析法,可用来测定酸碱浓度,其反应实质可用下式表示



酸碱的强弱取决于物质给出或接受质子能力的大小。给出质子的能力愈强,酸性就愈强;反之就愈弱。同样,接受质子能力愈强,碱性就愈强;反之就愈弱。酸碱滴定中有一元酸碱的滴定,还有多元酸、混合酸和多元碱的滴定。

当用 NaOH 滴定 HCl 时,发生下列离解及质子转移反应



在滴定开始前 HCl 溶液呈强酸性,pH 值很低,随 NaOH 溶液的加入,不断地发生中和反应,溶液中 $[\text{H}^+]$ 不断降低,pH 值逐渐升高,当加入的 NaOH 与 HCl 的量符合化学计量关系时,滴定到达化学计量点,中和反应恰好进行完全,原来的 HCl 溶液变成了 NaCl 溶液,溶液中 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7.0} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 7.0$ 。

在滴定过程中,溶液 pH 值随滴定液的加入而变化,这种变化可以用滴定曲线(见图 1.1)来表示,幸运的是在滴定终点附近用很少的滴定液便会导致 pH 值的迅速变化,此称为 pH 突跃,这个突跃的存在使我们方便而又精确地确定滴定终点。

由于酸碱滴定过程没有任何外观明显变化,通常需要一种能够确定滴定终点的试剂,这种被称为酸碱指示剂的物质是一些比较复杂的有机弱酸或弱碱。它们在溶液中可以不同的结构形式存在而具有不同颜色,当溶液的酸度变化时,主要存在形式发生变化,因此溶液会呈现不同的颜色。

例如甲基橙是一种有机弱碱,它具有两种结构:偶氮式结构,呈黄色;醌式结构,呈红色。

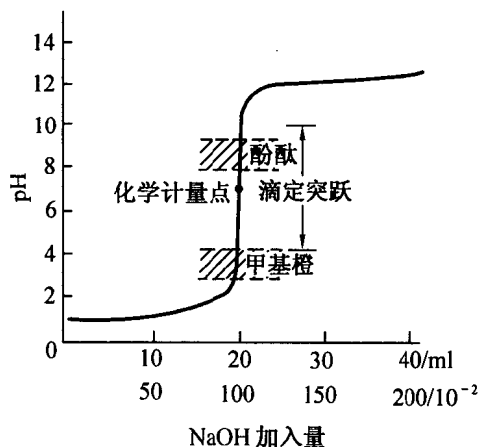
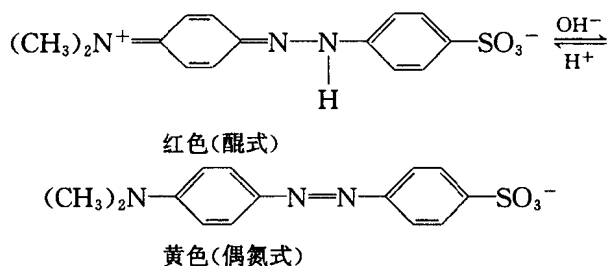


图 1.1 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 滴定
 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HCl}$ 的滴定曲线

甲基橙的变色范围 pH 为 3.1~4.4, 当溶液中氢离子浓度增大 ($\text{pH} < 3.1$) 时, 甲基橙主要以醌式结构存在, 所以溶液显红色; 当氢离子浓度降低时, 甲基橙主要以偶氮式结构存在 ($\text{pH} > 4.4$), 因此溶液显黄色。无疑, 作为酸碱指示剂, 其酸形成的颜色和其共轭形式的颜色有明显的区别(这种对 pH 值敏感的物质在自然界也有很多, 你可以试着将牵牛花放入不同 pH 值的溶液中, 看看它会变成什么颜色)。

酸碱滴定在工业中应用广泛。本书中实验三、实验二十七和实验二十九都是基于酸碱滴定的原理进行定量分析的。如果你想知道买回来的米醋是不是掺水了, 可以用已知浓度的 NaOH 溶液滴定一下。不要忘记加指示剂, 酚酞指示剂是比较合适的。

实验提要

1. 一定浓度溶液的配制

配制一定浓度的溶液有直接和间接法, 采取何种方法应根据溶质的性质而定。对于某些易于提纯而稳定不变的物质, 如草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、碳酸钠 (Na_2CO_3) 等, 可以精确称取其质量, 并通过容量瓶等容器直接配制成所需一定体积的精确浓度的溶液。对于某些不易提纯或在空气中不够稳定的物质, 如氢氧化钠 (NaOH) 或市售的浓酸溶液, 如硫酸 (H_2SO_4)、盐酸 (HCl) 等, 可先配制成近似浓度的溶液, 然后用基准物质或已知精确浓度的溶液(叫做标准溶液)来测定其浓度。

2. 溶液浓度的测定

滴定是常用的测定溶液浓度的方法,使用滴定管将标准溶液滴加到待测溶液中(也可以反过来加),直到化学反应完全时,即到达“化学计量点”,两者物质的量恰好符合化学方程式的计量关系。根据标准溶液的浓度和所消耗的体积,算出待测溶液的浓度。

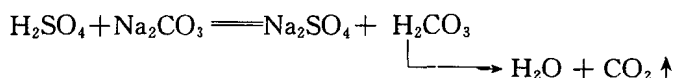
反应终点是靠指示剂来确定的。指示剂能在“计量点”附近发生颜色的变化。

如用 H_2SO_4 溶液滴定 Na_2CO_3 溶液时,可用甲基橙做指示剂,当 H_2SO_4 与 Na_2CO_3 完全作用时,溶液由黄色变为橙红色,即为反应终点。

3. 滴定分析中的计算

在滴定分析中,用标准溶液滴定被测溶液,反应物间是按化学计量关系相互作用的。

例如



当滴定达到化学“计量点”时,即 H_2SO_4 与 Na_2CO_3 完全反应时,物质的量(n)之比应为反应方程式中计量系数之比,即 $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} : n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 1 : 1$

因为 $n = c \cdot V$

所以 $c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4} : c_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 1 : 1$

式中 $c_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ —— 标准溶液的浓度;

$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ —— 标准溶液的体积;

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ —— 待测溶液体积。

待测溶液浓度为

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{c_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

本实验要求学习滴定管、移液管和容量瓶的使用方法,学习配制一定浓度溶液的方法,掌握用滴定法测定溶液浓度的原理和操作方法。

实验内容

1. H_2SO_4 溶液的配制

用比重计测定所给 H_2SO_4 溶液的比重,此 H_2SO_4 溶液浓度为 1 : 3 (1 份浓 H_2SO_4 加 2 份 H_2O)。从附录查出质量酸比浓度,根据比重、质量百分比浓度计算出配制的 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液 100 ml 所需浓 H_2SO_4 和 H_2O 的体积。

用量筒量取所需体积的蒸馏水倒入烧杯中,再从滴定管中取所需浓 H_2SO_4 溶液,慢慢注入烧杯中,搅拌均匀,盖上表面皿备用。

2. 标准 Na_2CO_3 溶液的稀释

用 50 ml 烧杯取已备的标准 Na_2CO_3 溶液,然后用 20 ml 移液管(应用什么洗过?)吸取该溶液,注入蒸馏水洗净的 100 ml 容量瓶中,加蒸馏水至近刻度处,再改用滴管逐滴加蒸馏水,