

普通高等教育“十三五”规划教材

# 基础化学实验

## 上册

金星 沈启慧 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 基础化学实验

## 上册

金星 沈启慧 主编



化学工业出版社

·北京·

《基础化学实验》是根据基础化学实验课程的教学基本要求,融合了面向21世纪化学系列课程体系教学改革成果并经过十几年实际使用、修改后而编写的实验教材。教材分为上、下两册。上册分为三个部分。第一部分为无机化学实验,包含无机化学实验室基本知识和操作及十九个实验项目;第二部分为分析化学实验,包含分析化学实验基础知识及十五个实验项目;第三部分为仪器分析实验,包含仪器分析实验的基本知识及二十一个实验项目。

《基础化学实验》可供高等院校化学、化工、石油、纺织、食品、医药、环境及相关专业作为基础化学实验课的教材或参考书,也可供在化学、化工、石油、纺织、食品、医药、环境等领域从事科研、生产的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验.上册/金星,沈启慧主编. —北京:  
化学工业出版社,2018.8  
普通高等教育“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-122-32685-0

I. ①基… II. ①金…②沈… III. ①化学实验-高  
等学校-教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第159269号

责任编辑:满悦芝 石磊

文字编辑:陈雨

责任校对:王素芹

装帧设计:张辉

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:中煤(北京)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数332千字 2018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:39.80元

版权所有 违者必究



## 前言

本书根据高等院校基础化学实验教学的实际需要和课程体系的基本要求,结合“卓越工程师教育培养计划”和“全国工程教育专业认证”指标体系的人才培养要求,融合吉林化工学院及兄弟院校多年的实践教学经验和改革成果编写而成。教材侧重于化学化工类及相关专业基础化学实验知识及实验技能的介绍。全书分为上下两册,上册包括无机化学实验、分析化学实验及仪器分析实验,下册包括有机化学实验、物理化学实验及综合与设计性实验,共六个部分。

《基础化学实验》由吉林化工学院基础化学实验中心长期从事化学实验教学的老师共同编写完成。本书由金星、沈启慧主编,第一部分无机化学实验由沈启慧、吕洋编写,第二部分分析化学实验由刘岩、张大伟编写,第三部分仪器分析实验由于世华、陈萍编写,第四部分有机化学实验由张俭、吉慧杰编写,第五部分物理化学实验由金星、张建坡、张志会编写,第六部分综合与设计性实验由程振玉、胡博编写。刘鸿雁、蒋云霞、郝希云、李双宝等教师参加了本书部分文字修改、素材搜集与制作等工作。

在本书的编写过程中,吉林化工学院杨英杰教授、王景峰副教授、于林超副教授、于丽颖教授、程乐琴教授对书稿提出了许多宝贵意见,在此致以诚挚的感谢!

本书体现了高等院校化学化工类专业基础化学实验教学的基本特点,旨在通过学生化学实验基础知识和基本操作技能的培养与训练,激发学生进行科学研究的兴趣,开发学生的创造性思维,提高学生分析、解决复杂问题的能力。

由于时间仓促和水平有限,书中难免存在疏漏之处,衷心希望读者指正。

编者

2018年8月



# 目 录

## 第一部分 无机化学实验

<b>第一章 无机化学实验室基本知识和操作</b> .....	2
第一节 无机化学实验室工作教育 .....	2
第二节 常用仪器的使用方法及实验化学品的保存和取用 .....	5
第三节 实验结果的处理 .....	12
<b>第二章 实验部分</b> .....	16
实验一 化学反应速率、活化能的测定 .....	16
实验二 电导率法测定硫酸钡的溶度积常数 .....	20
实验三 磺基水杨酸铜配合物组成和稳定常数的测定 .....	24
实验四 银氨离子配位数的测定 .....	28
实验五 解离平衡及弱酸电离常数的测定 .....	30
实验六 水溶液中的单相与多相离子平衡 .....	36
实验七 试剂氯化钠的提纯和碳酸氢钠的制备 .....	40
实验八 硫酸锰铵的制备 .....	43
实验九 硫酸亚铁铵的制备 .....	44
实验十 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备 .....	46
实验十一 铬酸铅的制备 .....	48
实验十二 由胆矾精制五水硫酸铜 .....	49
实验十三 硫酸铜结晶水的测定 .....	51
实验十四 氧、硫化物及其性质 .....	52
实验十五 碱金属和碱土金属 .....	55
实验十六 氮、磷化合物及其性质 .....	59
实验十七 铬、锰化合物的性质 .....	62
实验十八 铁、钴、镍化合物的性质 .....	65
实验十九 铜、银化合物的性质 .....	69

## 第二部分 分析化学实验

<b>第三章 分析化学实验的基础知识</b> .....	75
------------------------------	----

第一节	分析化学实验课的任务和要求	75
第二节	分析化学实验的基础知识要点	76
第三节	定量分析中的常用仪器	79
<b>第四章</b>	<b>实验部分</b>	<b>88</b>
实验一	酸碱标准溶液的配制和浓度的比较	88
实验二	NaOH 标准溶液的标定和乙酸总酸度的测定	90
实验三	HCl 标准溶液的标定和碱石灰总碱度的测定	93
实验四	混合碱的分析(双指示剂法)	95
实验五	EDTA 溶液的配制与标定及水的硬度测定	97
实验六	铅、铋混合液中铅、铋含量的连续测定	101
实验七	高锰酸钾标准溶液的配制和标定以及过氧化氢含量测定	103
实验八	注射液中葡萄糖含量的测定	106
实验九	分析方案的设计实验——工业氧化锌含量的测定	108
实验十	硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	108
实验十一	氯化物中氯含量的测定(莫尔法)	110
实验十二	二水合氯化钡中钡含量的测定	112
实验十三	工业苯酚纯度的测定	114
实验十四	醇系物的分析	116
实验十五	苯系物的分析	117

### 第三部分 仪器分析实验

<b>第五章</b>	<b>仪器分析实验的基本知识</b>	<b>122</b>
第一节	仪器分析实验的基本要求	122
第二节	实验报告和实验数据处理	124
第三节	玻璃仪器的洗涤和分析实验室的安全规则	124
<b>第六章</b>	<b>实验部分</b>	<b>128</b>
实验一	离子选择性电极测定水样中的氟含量	128
实验二	生理盐水中氯离子含量的测定(电位分析法)	131
实验三	邻二氮杂菲分光光度法测定铁	132
实验四	分光光度法测定酸碱指示剂的 $pK_a$ 值	134
实验五	紫外分光光度法同时测定食品中的维生素 C 和维生素 E	136
实验六	紫外差值光谱法测定废水中的微量酚	137
实验七	苯甲酸、乙酸乙酯的红外光谱测定	138
实验八	原子吸收光谱法测定自来水中钙、镁的含量	141
实验九	流动相速度对柱效的影响	142
实验十	苯、甲苯、乙苯混合物的气相色谱定量分析	144
实验十一	混二甲苯分析	146
实验十二	内标法分析低度大曲酒中的杂质	147
实验十三	萘、联苯、菲的高效液相色谱分析	148
实验十四	黄连粉中盐酸小檗碱的高效液相色谱分析	150
实验十五	果汁(苹果汁)中有机酸的分析	151

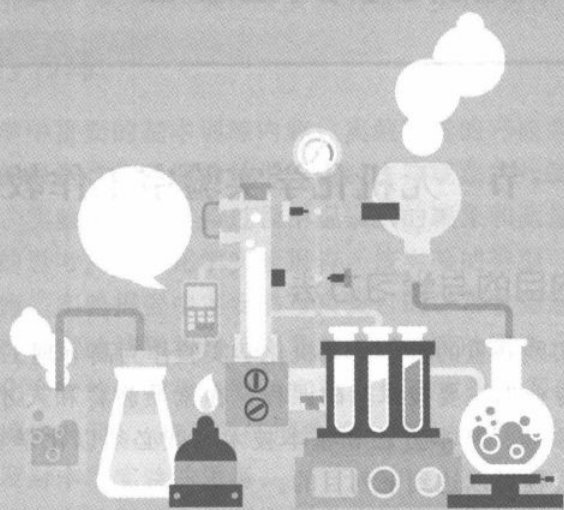
实验十六	气相色谱-质谱联用 (GC-MS) (演示实验)	153
实验十七	X 射线衍射分析 (演示实验)	156
实验十八	扫描电子显微镜观察固体材料的形貌 (演示实验)	164
实验十九	同步热分析仪的应用 (演示实验)	166
实验二十	元素分析仪测定有机物中 C、H、N、S (演示实验)	169
实验二十一	饮用水中微量元素的 ICP-AES 法测定 (演示实验)	171

## 附 录

附录 1	部分元素的原子量	174
附录 2	不同温度下水的饱和蒸气压	174
附录 3	弱电解质的电离常数 (25℃)	175
附录 4	部分难溶电解质的溶度积常数	176
附录 5	标准电极电势表 (25℃)	177
附录 6	某些配离子的稳定常数	180
附录 7	部分试剂的名称及配制方法	180
附录 8	元素熔沸点	181
附录 9	金属-无机配位体配合物的稳定常数	184
附录 10	金属-有机配位体配合物的稳定常数	188
附录 11	常见危险化学品的火灾危险与处置方法	192
附录 12	常用酸碱溶液的配制	200
附录 13	常用指示剂	201
附录 14	常用缓冲溶液	202
附录 15	常用基准物质及其干燥条件	203
附录 16	常用洗涤剂	203
附录 17	气相色谱仪的使用方法	203
附录 18	X 射线衍射仪——D8 ADVANCE	205

## 参考文献

无机化学实验 第一章



## 第一部分 无机化学实验



# 第一章 无机化学实验室基本知识和操作

## 第一节 无机化学实验室工作教育

### 一、化学实验的目的与学习方法

化学是一门理论与实践并重的科学。无机化学实验作为高等理工院校化学、化工、材料、医药和环境科学等专业的主要技术基础课程，在素质教育和人才培养中具有重要作用。要很好掌握化学的基本原理、基本方法和基本技术，就必须以化学实验作为素质教育的媒体。通过化学实验教学过程可以达到下列目的。

① 简单模拟书本上化学知识是如何从实验过程中被逐步总结归纳为一些化学理论的基本过程，培养学生能在一定范围内运用所学的知识进行基本的实验操作的能力。

② 培养学生的科学探索精神和创新思维的能力。

③ 培养学生具有一定的分析和解决基本科学问题的能力，整理和归纳实验过程中观察到的实验现象的能力，将实验过程与结论熟练运用文字进行表达的能力以及团队协作精神。

要达到以上实验教学目的，就需要学生在进行无机化学实验学习的过程中做到以下四点。

(1) 实验前对本节课的实验内容进行预习 实验的预习是非常重要的环节。在进行实验之前，认真阅读实验教材，明确实验目的和实验原理，掌握实验基本操作过程和注意事项是实验课可以顺利进行的基本保障。因为，只有明确了实验目的和实验原理，才可以了解本次实验的培养意图和预期达成目标；只有明确了实验操作方法和注意事项，才可以掌握在实验过程中可能发生的现象及应对方式，才能明确实验数据的具体处理方法。除此之外，实验前还要认真地书写实验预习报告。预习报告应做到简单明了、重点突出，不可完全照抄书本。在实验开始前，应提前 15min 进入实验室，在指定位置进行实验前的准备工作，等待实验课的开始。

(2) 实验过程中正确操作与详实记录实验结果 学生在实验过程中要按照教材上所讲的内容、方法、步骤、要求及药品用量规范认真地进行实验操作，专心致志地观察、记录实验现象，并妥善保存实验过程中记录的原始数据（可由实验教师记录在实验记分册的相应位置）。实验数据记录要完整、严谨、详实，不能随意篡改。同时，在实验过程中应保持课堂纪律，遵守实验室各项规章制度，独立思考问题，运用理论课中学习的知识分析和解决在实

验过程中遇到的问题。

(3) 实验结束后清理实验室的卫生 学生实验完毕后,应在教师的指导下清洗使用过的实验仪器并摆放到相应的位置,整理好试剂架上的试剂瓶及其他物品,清洁桌面、地面和水槽,经教师允许后方可离开实验室。

(4) 认真书写实验报告 实验报告是对整个实验过程的综合和总结,对于培养学生的实验分析能力和文字表述能力有着非常重要的作用。因此,必须给予足够的重视。实验报告的书写,要求学生对实验过程中观察到的现象进行解释并作出结论,或根据实验数据进行处理和计算。每一位参与实验的学生都应该按要求独立完成实验报告的书写,并交由指导教师审阅和评价,不可出现抄袭等现象。如果实验过程中的现象、解释、结论、数据、计算等存在严重问题,或实验报告书写潦草、不认真,应要求其重写实验报告。

## 二、实验报告的书写

实验报告是实验教学中重要的基本训练内容。实验报告的完成需要准确客观地记录实验中所观察到的现象,并能根据自己掌握的化学知识对这些现象进行初步的解释。实验报告的基本格式包括实验目的、实验原理、实验过程中观察到的现象和测量数据的记录、实验结果与讨论以及对本次实验的思考。无机化学实验报告,按实验的类型可以大致分为以下三类。

(1) 常数测定类实验 实验报告中主要书写实验目的、常数测定的基本原理、数据记录及处理、误差及误差分析、实验结果与讨论以及对本次实验的思考。

(2) 化合物制备或化合物的提纯类实验 实验报告中主要书写实验目的、制备(提纯)流程图、实验步骤(含操作时间)、产品的纯度检验、产品的性质(颜色、状态、产率计算、理论产量的计算等)以及对本次实验的思考。

(3) 性质验证类实验 实验报告中主要书写实验目的、实验原理、实验现象的记录(实验步骤、产生的现象、对应的解释和反应方程式)、实验结果与讨论以及对本次实验的思考。

无论哪种类型的实验报告,其中的实验数据处理和结果讨论部分都是实验报告的核心内容。实验数据处理应包括记录原始数据的表格、每一个推论数据的计算过程等;实验结果讨论应包括对实验现象的分析和解释,对整个实验的归纳、总结等。实验报告必须保证原始实验现象和数据的真实可靠性,不可随意篡改。实验报告的正确、规范书写,能在很大程度上端正学生对实验课的学习态度,同时强化学生对科研数据的文字表述能力,所以,在实验课中具有非常重要的位置。总之,一份好的实验报告应做到目的明晰、原理清楚、现象和数据准确可靠、图表规范合理、讨论客观深入、书写简明扼要。

## 三、化学实验室工作中的安全操作

① 必须熟悉实验室的环境,明确水、电、气阀门的位置和开关方法,掌握急救箱和消防用品等的放置位置和具体使用方法。

② 实验室内的药品严禁任意混合,更不能尝其味道,以免发生意外事故。当需要借助于嗅觉鉴别少量气体时,应用手把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。注意试剂、溶剂的瓶盖、瓶塞不能盖错。

③ 绝对禁止在实验室内饮食、吸烟。实验完毕,必须洗净双手。使用有毒或腐蚀性试剂时,应佩戴橡胶手套和护目镜,严防其进入口、眼内或接触伤口。废液不得倒入下水道,应倒入指定的废液桶中。实验室所有药品不得携带出实验室外。

④ 实验过程中如产生少量有毒的、恶臭的、有刺激性的气体时，应该在通风橱内进行操作（必要时需在手套箱中进行操作）。

⑤ 在使用金属汞的实验中，应注意金属汞易挥发，可以通过呼吸道而进入人体内，逐渐积累会引起慢性中毒现象。所以，使用金属汞的实验一定要在手套箱内进行操作。一旦有汞散落于外部实验台，应尽快使用硫黄粉盖在散落的地方进行处理。

⑥ 银氨溶液不能长期留存，因其久置后会生成氮化银，容易发生爆炸。某些强氧化剂（如氯酸钾、硝酸钾、高锰酸钾等）或其混合物不能研磨，否则将引起爆炸。

⑦ 使用易燃有机溶剂时要远离火源（如燃烧的酒精灯等），用后应立即盖紧瓶塞。

⑧ 加热、浓缩液体的操作要十分小心，应佩戴护目镜，不能俯视正在加热的液体，以免溅出的液体把脸部灼伤。加热试管中的液体时，不能将试管口对准自己或别人，应朝向无人处。

⑨ 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。

⑩ 使用高压气体钢瓶时需要预防其发生爆炸和泄漏，因而必须严格按操作规程进行操作。钢瓶应存放在阴凉干燥的地方，远离热源，存放在独立的气瓶储存柜中，使用导管引出气体。用以储存不同气体的高压钢瓶的种类可由其颜色加以辨认：氧气使用天蓝色钢瓶，外瓶用黑色字体标注“氧”字样；氢气使用绿色钢瓶，外瓶用红色字体标注“氢”字样；氮气使用黑色钢瓶，外瓶用黄色字体标注“氮”字样；二氧化碳气体使用黑色钢瓶，外瓶用黄色字体标注“二氧化碳”字样；压缩空气使用黑色钢瓶，外瓶用白色字体标注“压缩空气”字样；硫化氢气体使用白色钢瓶，外瓶用红色字体标注“硫化氢”字样；氩气使用灰色钢瓶，外瓶用绿色字体标注“纯氩”字样。

## 四、化学实验意外事故的处理

(1) 创伤 伤口内若有异物，应先取出（不要用水洗伤口），再涂上红药水或碘酒，使用创可贴或纱布按住伤口进行止血，必要时送医院救治。

(2) 烫伤 被高温物体烫伤后，切勿用冷水冲洗，更不要把烫起的水泡挑破，可先用10%高锰酸钾清洗烫伤处，再涂上凡士林或烫伤膏。

(3) 酸、碱腐蚀伤 先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠溶液（酸）或1%柠檬酸溶液（碱）冲洗，最后再用清水冲洗，涂敷凡士林。酸（或碱）溅入眼内，应立即用大量清水冲洗，再用稀碳酸氢钠溶液（或饱和硼酸溶液）冲洗眼睛，然后用蒸馏水冲洗。

(4) 吸入刺激性或有毒气体（如溴蒸气、氯气等） 可吸入少量乙醇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。必要时，送医院救治。

(5) 遇毒物误入口 立即取一杯含5~10mL稀硫酸铜溶液的温水，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。

(6) 不慎触电 立即切断电源或使用绝缘物将电源隔离触电者，必要时进行人工呼吸。

(7) 起火 起火后，要立即一面灭火，一面防止火势蔓延（如采取切断电源，移走易燃药品等措施）。灭火的方法要针对起因选用合适的方法。一般的小火可用石棉布或沙子覆盖燃烧物，即可灭火，火势大时可使用泡沫灭火器。但电气设备所引起的火灾，只能使用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，不能使用泡沫灭火器，以免触电。

常用的灭火器类型主要包括：①酸碱式灭火器，药液成分是硫酸和碳酸氢钠，适用于油类和电器失火的一般性火灾；②泡沫灭火器，药液成分是硫酸铝和碳酸氢钠，适用于油类

起火；③二氧化碳灭火器，药液成分是液态二氧化碳，适用于电器、小范围油类和忌水的化学品失火；④干粉灭火器，药液成分是碳酸氢钠、硬脂酸铝、滑石粉等，适用于油类、可燃性气体、精密仪器和遇水易燃烧物品的初起火灾等。

(8) 重伤 伤势较重者，立即送医院。

## 第二节 常用仪器的使用方法及实验化学品的保存和取用

### 一、化学试剂的规格、存放和取用

世界各国对化学试剂的分类和分级的标准都有所不同，存在着国别、各个行业的不同的标准。国际标准化组织近年来颁布了许多种化学试剂的国际标准，国际纯粹与应用化学联合会将化学标准物质分为五级，其中 C 级和 D 级为滴定分析标准试剂，E 级为一般试剂。就我国来说，有国家标准 (GB)、行业标准 (HG) 及企业标准 (QB) 三级。

(1) 我国常用试剂的分类标准 我国的化学试剂一般可分为四个等级，其规格和适用范围为：①优级纯试剂 (G. R.)，标签标志为绿色，纯度非常高，常用于高精密的实验分析工作等；②分析纯试剂 (A. R.)，标签标志为红色，纯度较高，略逊于优级纯试剂，普遍应用于大多数的科研等工作；③化学纯试剂 (C. P.)，标签标志为蓝色，适用于对药品纯度要求不高的实验研究等；④实验试剂 (L. R.)，标签标志为棕色或者黄色，适用于对纯度要求不高的实验教学等工作。

还有一些特殊用途的其他规格的试剂，如色谱纯试剂、光谱纯试剂和生化试剂等。

此外，化学试剂中的指示剂，其纯度往往不太明确。生物化学中使用的特殊试剂纯度的表示方法与化学试剂也有不同，如蛋白质类试剂的纯度常以含量表示，而酶试剂则以酶的活力来表示。

在化学实验过程中，要根据实验的具体要求来选择所需的试剂，并不是一味追求高纯度的试剂。一般来说，大部分的化学类合成实验应选取分析纯试剂，而普通的分析实验中也使用分析纯试剂即可。只有在某些对精密度要求非常高的实验或分析工作中，才需要选择优级纯试剂，此时若需要用水，应当选用二次重蒸水。在极其特殊的情况下，当市售试剂的纯度不能满足实验要求时，可考虑先购买高纯度试剂，再自己进行精制。

(2) 试剂的保管 在无机化学的相关实验，尤其是元素及化合物的性质部分实验中，需使用的试剂种类繁多，性质多样，如果保管不当，会造成试剂的变质，导致实验的失败。因此，妥善对各种实验所需的化学试剂进行分类保管是十分重要的。固体试剂应装在便于取用的广口瓶内，液体试剂则应存放在细口瓶中，遇光易发生分解反应的试剂（如硝酸银等）应装在棕色瓶内，并避光保存。一些代表性试剂的保存方法如表 1.1 所示。

表 1.1 一些代表性试剂的保存方法

药品特性	示例	保存方法
吸水性强	无水碳酸钠	密封，保存在干燥器中
腐蚀玻璃	氢氧化钠	用橡皮塞塞紧，保存于塑料瓶中
易挥发	丙酮	密封，存放于有通风设备的试剂柜中
剧毒	氧化汞	密封，存放于专用试剂柜中，并严格取用登记制度

此外，还应做到易发生反应的试剂分开存放，如氧化剂和还原剂分开存放，酸、碱分开存放等。而一些易升华的试剂（如碘单质）也要严格密封保存，避免其泄漏对实验柜和其他物品造成污染。

(3) 取用试剂应注意的事项 在配制药品的時候，需要在盛装配制好的药品的试剂瓶上，贴上标签，并注明试剂的名称、规格和配制药品的日期。若在取用时，存在有些药品的标签脱落而无法确定试剂的种类或规格时不能取用。在无机化学实验中，有些实验明确标注药品需要新配制的 [如实验一（化学反应速率、活化能的测定）中的碘化钾试剂等]，则需在实验前进行配制，不可存放过久。在取用药品时，需将瓶盖取下后，顶部朝下放在干净的桌面上，避免在盖上盖子时将杂质带入试剂瓶中。同时要注意，试剂瓶和盖子（小滴瓶和胶头滴管）要一一对应，不同药品的盖子不可以盖错，防止互相污染。除实验五（解离平衡及弱酸电离常数的测定）对 pH 计进行两点校正的标准缓冲溶液外，其他任何已取出试剂瓶的试剂均不得再放回原瓶内，如果过量，应弃置于废液桶中。在元素性质类实验中，普遍存在从滴瓶中取液体试剂的操作，此时，应注意取液过程中，要保持滴管垂直，避免倾斜，以防试剂流入橡皮头内。使用滴管滴加试剂时，应将其悬于容器口上方将试剂滴入，防止滴管尖端与容器内壁接触，造成污染或滴管的损坏。在取液时，加入反应器内所有液体的总量不得超过总容积的  $2/3$ ，试管则不能超过总容积的  $1/2$ 。实验五（解离平衡及弱酸电离常数的测定）中，配制不同浓度的乙酸溶液需使用多支移液管，此时，应注意移液管和所取用的试剂要一一对应，不能用同一根移液管不加洗涤而取用其他溶液。另外，在取用固体试剂时，需选用干净的专用药匙取用。在取用前应先用水将药匙擦拭干净，取用完成后，一定要将试剂瓶塞盖严并放回原处，最后将药匙洗净并擦干。

## 二、常用实验仪器的介绍

### 1. 试管

试管分为普通试管（图 1.1）和离心试管（图 1.2）。普通试管常用作常温或加热条件下少量试剂反应的容器，也可以用来收集少量气体，而离心试管则常应用于沉淀的分离（离心试管不能直接加热）。使用试管时应注意，试管中的反应液体不能超过其容积的一半，在需加热时则不超过其容积的  $1/3$ ，以防止液体溅出。在加热试管中的液体时，试管口不能对准自己或他人，以防液体受热喷溅而造成伤害。另外，在进行加热操作时，需使用试管夹。加热固体时，管口应略向下倾斜，以免管口冷凝水流回灼热的试管底部而使试管炸裂。



图 1.1 普通试管



图 1.2 离心试管

### 2. 烧杯

在无机化学实验中，使用的多是有刻度的烧杯（烧杯的刻度并不精准，通常不可用作试

剂的量取)。烧杯(图 1.3)常作为在常温或加热条件下盛装相对大量物质的容器。在使用烧杯时应注意加入的反应液体体积不得超过烧杯容积的  $2/3$ ，以防止搅拌或沸腾时液体溅出。在进行加热操作前，烧杯底通常垫上石棉网来防止受热不均匀现象的产生。

### 3. 量筒

量筒(图 1.4)通常为玻璃材质或透明塑料材质，用于量取液体的体积。量筒不可以直接加热。量筒常见的规格有 10mL、25mL、50mL、100mL、500mL、1000mL 和 2000mL 等。量筒的量度规格越大，精确度越小。

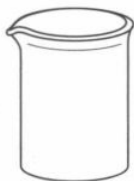


图 1.3 烧杯

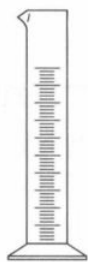


图 1.4 量筒

### 4. 烧瓶

烧瓶主要有平底、圆底(图 1.5)、单口和多口几种(图 1.6 为斜三口烧瓶)类型。其中，圆底烧瓶是有机化学反应中常用的玻璃仪器。烧瓶与烧杯相同，反应物的投入体积不能超过其容积的  $2/3$ ，在进行加热操作前也需垫上石棉网。与烧杯不同的是，圆底烧瓶在加热时需要使用铁架台固定。

### 5. 锥形瓶

锥形瓶(图 1.7)主要分为有塞和无塞等多种(本书实验中涉及的主要为无塞锥形瓶)，它常用作液体反应的容器和滴定操作的容器等。在对锥形瓶进行加热操作时，应垫石棉网。与烧杯相同，锥形瓶内盛放的液体也不能太多，以防振荡时溅出。



图 1.5 圆底烧瓶

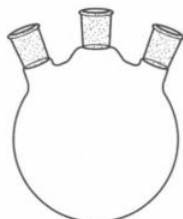


图 1.6 斜三口烧瓶



图 1.7 锥形瓶

### 6. 抽滤瓶和布氏漏斗

在无机化学实验的合成部分，抽滤瓶(图 1.8)常与布氏漏斗(图 1.9)联合使用来对混合液进行减压过滤的操作。抽滤瓶不能直接加热。在抽滤的过程中尤其要注意，布氏漏斗的尖端要远离抽滤口，以防止抽滤过程中液体的损失和滤液对抽滤体系的污染。

### 7. 小滴瓶

常用的小滴瓶(图 1.10)分为无色和棕色(防光)两种。小滴瓶的滴管上装有乳胶滴头，通过挤压乳胶头来完成吸取滴瓶中的液体和释放滴管中的液体等操作。小滴瓶主要用于盛放少量液体试剂或溶液。在实验过程中，要注意滴管与小滴瓶要始终保持一一对应，以防

止试剂的交叉污染。用小滴管吸液后也不能将其倒置，以防止试剂倒流而污染乳胶头。



图 1.8 抽滤瓶



图 1.9 布氏漏斗



图 1.10 小滴瓶

## 8. 细口瓶和广口瓶

无机化学实验教学中所使用的主要有无色和棕色（防光）两种类型的细口瓶（图 1.11）或广口瓶（图 1.12）多用于储存固体，而细口瓶则常用于储存液体药品。它们都不能直接加热，也不可以储存对玻璃有腐蚀性的药品。在用细口瓶（或广口瓶）盛装药品时，还应贴上标签纸，注明药品的名称、规格和日期。



图 1.11 细口瓶



图 1.12 广口瓶

## 9. 漏斗

玻璃质的普通过滤漏斗主要分为短颈漏斗（图 1.13）与长颈漏斗（图 1.14）两种。它们主要用于在无机合成过程中的常压过滤操作。在过滤时，要使用玻璃棒引流，还应注意倾倒待过滤混合液的烧杯嘴要紧贴玻璃棒，玻璃棒轻轻靠在三层滤纸部分，同时，漏斗颈尖端应紧靠承接滤液的容器壁，防止滤液溅出损失。



图 1.13 短颈漏斗



图 1.14 长颈漏斗

## 10. 蒸发皿

蒸发皿主要分为圆底蒸发皿（图 1.15）和平底蒸发皿。其制作材质根据具体实验的需要主要分为瓷质、玻璃、石英等。本书所涉及的无机化学实验使用的是瓷质的圆底蒸发皿。它主要应用于蒸发、浓缩液体的操作过程中。同时，为保证其平稳，常在石棉网上加垫泥三

角后再进行加热。

## 11. 坩埚

坩埚(图 1.16)的制作材质有瓷质、石墨、氧化铝、铂制品等。它常用于强热、灼烧固体的操作中 [如实验十三(硫酸铜结晶水的测定)]。需要注意的是,加热后的坩埚要使用坩埚钳取出,不可用手直接接触。同时,取出的热坩埚应放在石棉网上,防止其炸裂。

## 12. 容量瓶

容量瓶(图 1.17)是用来配置一定体积溶液的玻璃器皿。它通常配套带有磨口玻璃塞。瓶体上标有温度和在该温度下容量瓶的容量规格。在其颈上还有一条标线,指示在瓶体标注的温度下,当瓶中储存溶液液面与标线相切时,所容纳的溶液体积即为容量瓶的容量规格体积。容量瓶的容量规格体积一般有 10mL、25mL、50mL、100mL、250mL、500mL、1000mL、2000mL 等。容量瓶在使用前必须进行检漏操作,具体方法是:向容量瓶中加水到瓶颈标线附近,盖好瓶塞,并用纸巾将瓶塞瓶口连接处附近的水擦干(便于观察是否漏水),然后,一手食指按住瓶塞,另一只手托住瓶底,将容量瓶倒立 2min,观察瓶塞瓶口连接处周围是否有水渗出,如不漏水,将瓶放正。进一步将瓶塞转动 180°后,重复如上操作,再将容量瓶倒立 2min,观察有无渗水。如不漏水,即可使用。

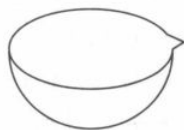


图 1.15 圆底蒸发皿



图 1.16 坩埚

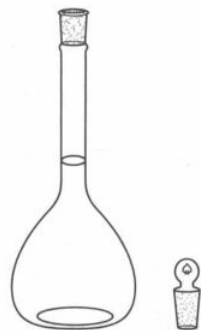


图 1.17 容量瓶

在使用容量瓶配制溶液时,如果需要将一定量的固体物质配成一定浓度的溶液时,通常是将固体物质准确称量后放入烧杯中,再加溶剂将其完全溶解,然后,将溶解后的溶液全部转移到容量瓶中。在转移溶液时,需使用玻璃棒进行引流。一手持玻璃棒插入容量瓶中(不要与瓶口接触),另一手持烧杯,烧杯嘴要紧靠玻璃棒,使溶液沿玻璃棒慢慢流入容量瓶中。玻璃棒的下端要紧靠瓶颈内壁,但不要太接近瓶口,以免溶液溢出。溶液转移完后,仍要将烧杯嘴紧靠玻璃棒,同时把烧杯沿玻璃棒逐渐上移,并最终使烧杯直立,使烧杯嘴和玻璃棒之间的少量溶液流回烧杯内,再将玻璃棒放回烧杯内。然后,用溶剂清洗玻璃棒和烧杯内壁,并重复使用上述方法将洗液完全转移到容量瓶中(洗涤过程要保证 3 次以上)。再加溶剂稀释至容量瓶容积的 2/3 处,再直立旋摇容量瓶,初步混合瓶内溶液。进一步稀释溶液至容量瓶的标线处,直至弧形弯液面与容量瓶的标线相切为止(热溶液应冷却至室温后再进行此操作)。最后,盖上容量瓶的玻璃塞,将容量瓶倒转,待瓶底气泡上升至顶部后,再将容量瓶直立。如此反复多次,使瓶内溶液充分混合。

用容量瓶进行稀释溶液的操作时,需要事先计算好指定浓度的原溶液的用量,再使用移液管吸取计算体积的溶液于容量瓶中,然后按上述方法混匀溶液。容量瓶使用完毕后,应使用纯净水冲洗干净。擦干瓶口和瓶塞后,用纸片将其隔开,防止粘连。

### 13. 移液管和吸量管

移液管(图 1.18)和吸量管(图 1.19)是用来准确移取一定体积液体的量器。移液管又称无分度吸管,是一根细长而中间膨大的玻璃管,其下端为尖嘴状。通常在移液管上会标有指定温度和在该温度下移液管的规格,同时,在管的上端有一环形标线。当使用洗耳球将溶液吸入移液管内时,在垂直的情况下使凹液面与标线相切,然后,再让溶液自由流出,则流出的溶液体积等于移液管上标示的容积的数值。常用的移液管有 5mL、10mL、25mL 和 50mL 等规格。移液管在使用前一般先用洗液浸泡清洗,再用自来水清洗,最后用蒸馏水清洗,直到移液管内壁不挂水珠为止。完成清洗步骤后,将管外的水擦干,尽量除尽管内的水,然后,使用待移取溶液淋洗三次,完成润洗操作。



图 1.18 移液管



图 1.19 吸量管

在使用移液管吸取溶液时,右手拇指和中指拿住移液管上端,将移液管插入待吸溶液的液面下约 1~2cm 处,左手拿洗耳球,先排出洗耳球中空气,用洗耳球按紧移液管的上口,勿使漏气。然后慢慢松开洗耳球,吸取溶液至移液管中。待液面上升至环形标线以上时,迅速移去洗耳球,立刻用右手食指按紧移液管的上口,切勿漏气。将移液管提离液面,用纸擦干外管的溶液,使移液管下面的尖端靠着用以收集多余液体的容器壁,轻轻转动移液管,使溶液缓缓流出,直到凹液面与移液管的标线相切。随后,立即以食指按紧移液管上口,使溶液不再流出。将移液管保持垂直并使其尖端靠在接收溶液的容器的内壁,稍微倾斜接收容器,松开食指,使溶液沿容器内壁流下。待移液管内溶液流净后,再等待 15s 后取出移液管。

吸量管又称为有分度吸管,它带有刻度,一般为玻璃材质,常用于吸取不同体积的液体。吸量管的用法基本上与移液管的操作相同,这里就不再赘述。需要注意的是,使用吸量管时,通常是使液面从吸量管的最高刻度降到另一刻度,两刻度之间的体积为取用液体的体积。移液管和吸量管使用完毕后,应洗涤干净,然后放在指定位置上,留待下次使用。

### 14. 滴定管

滴定管是滴定时用来准确测量流出溶液体积的量器。它可分为两种:一种是下端带有玻璃旋塞的酸式滴定管(图 1.20),主要用于填充酸类溶液或氧化性溶液,需要注意的是,酸式滴定管不可填充碱性溶液,否则碱性溶液会腐蚀玻璃,使旋塞发生粘连等情况,致使无法转动;另一种是下端连接乳胶管的碱式滴定管(图 1.21),主要用于填充碱性溶液,其下端连接的橡皮管内放有一颗玻璃珠,用于控制溶液的流出,这里需要注意碱式滴定管不能盛放氧化性溶液,因为这些溶液能与乳胶管作用,致其损坏。常用的滴定管的容积为 50mL,其最小刻度是 0.1mL,因此读数可读到小数点后第二位。另外还有容积为 25mL 的滴定管及