

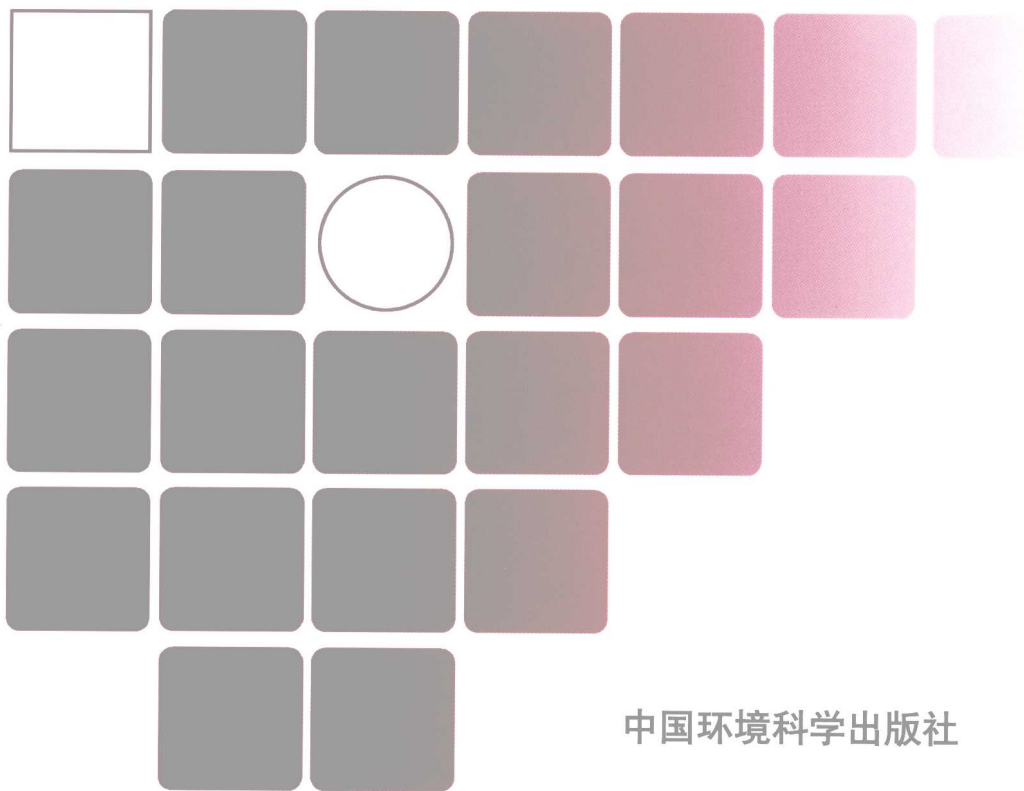
应用化学实验

周清 高红武 主编

教育部高等学校高职高专环保与
气象类专业教学指导委员会

推荐教材

3

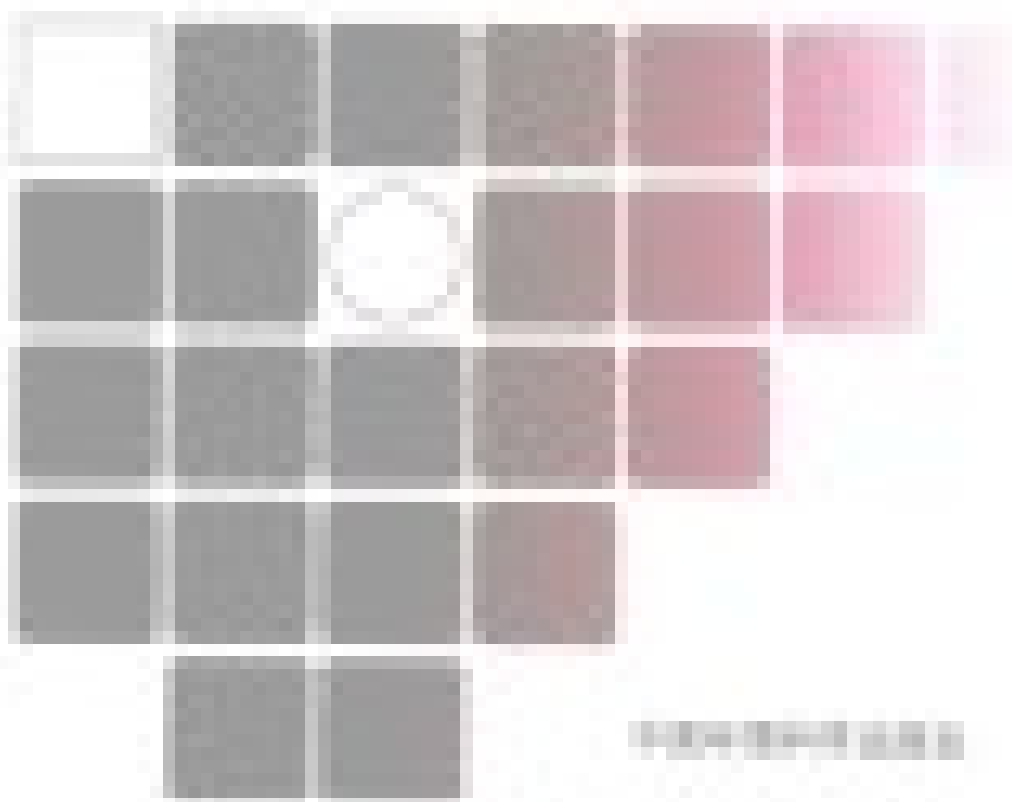


中国环境科学出版社

应用化学实验

第 2 章 应用化学实验

应用化学实验



高等专科学校高等职业技术学院环境类系列教材

应用化学实验

主 编 周 清 高红武

主 审 高云涛

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

应用化学实验/周清, 高红武主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.9

(高职高专环境类系列教材)

ISBN 978-7-80209-559-5

I. 应… II. ①周…②高… III. 应用化学—化学实验—高等学校: 技术学校—教材 IV. O69-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055525 号

责任编辑 黄晓燕
责任校对 扣志红
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 9 月第一版
印 次 2007 年 9 月第一次印刷
印 数 1—3 000
开 本 787×960 1/16
印 张 9.5
字 数 180 千字
定 价 15.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 审 人 员

主 编 周 清 高红武
昆明冶金高等专科学校

主 审 高云涛
云南民族大学

参 编 杨竞鸣
郑州经济管理干部学院

姜浩 李兰云 张云梅
昆明冶金高等专科学校

丛 书 编 委 会

主 任 林振山

副 主 任 李 元 王京浩 王国祥

委 员 (以姓氏拼音字母排序)

白建国 陈 文 湛永红 崔树军 傅 刚

高红武 高 翔 顾卫兵 关荐伊 郭 正

姜成春 蒋云霞 李党生 李树山 廉有轩

刘海春 刘建秋 刘晓冰 卢 莎 马 英

倪才英 苏少林 孙 成 孙即霖 王 强

汪 葵 相会强 谢炜平 薛巧英 姚运先

张宝军 张 弛 赵联朝 周长丽 周 清

丛书统筹 黄晓燕

前言

我们的教育目标是培养具有全面素质的人才。所谓素质,是指人的生理、心理、知识和技能等要素的总和。包括良好的文化知识基础、适应当前就业的技能,以及进一步接受教育和培训的能力;还应具有良好的思维分析判断的能力、良好的理解表达能力、强烈的社会责任感和敬业精神等。素质的培养不是加强一两门课程或个别教学环节所能奏效的,而是要通过扎实的文化科学教育、实践技能训练,以及思想品德熏陶等多方面、多环节才能完成。作为自然科学的重要组成部分,化学对培养学生素质起着不可缺少的作用。例如,通过化学原理(充满量变和质变、内因和外因、化合和分解、氧化和还原等对立统一关系)的学习,有助于科学世界观的树立和归纳、推理等逻辑思维能力的培养;通过对常用材料、能源、资源的认识,有助于为专业学习和就业以及日常生活奠定必要的基础,树立环境保护和可持续发展的意识;通过对科学家及其贡献的了解,有助于培养求实创新的科学态度以及良好的团队精神;通过化学实验,提高观察、分析能力和实际操作技能。

高职教育是最贴近社会、经济和市场变化的高等教育,其目标是培养直接面向生产、建设、经营、管理和服务第一线的高级技术应用性人才,为配合高职高专教育教学改革工作的需要,在各级教育行政部门、学校和有关出版社的共同努力下,各地已出版了一大批高职高专教材。随着市场对应用型、技能型人才的需求,要求学生“上手快、用得上”,有较强的实践动手能力。各高职高专院校为适应市场需求,培养具有较强的实际操作能力和综合运用知识能力的学生,在“必须够用为度”的基础上,压缩纯基础理论教学学时,加大应用技术理论方面的教学力度,增强实验、实作技能的操作训练,同时也对教材的适应性、针对性提出

了更高的要求。因此,我们对现行高职高专《无机化学》、《有机化学》和《分析化学》教材进行有机整合,编写适用于高职高专冶金、环保、化工、轻工等专业的《应用化学》。

由于新教材是对《无机化学》、《有机化学》和《分析化学》教材的有机整合,为了能有效准确地把握教材的编写内容,我们对全日制初、高中的化学教材进行了分析和研究,考虑了新教材与高中教材的衔接,将相关知识按照逻辑关系进行重组、归纳、整合,以期达到对课程体系和知识结构的优化,突出高职高专教育特色,增强了教材的适应性,突出其针对性。在保证学生稳固掌握基础理论的前提下,尽量避免具有理论相关性的内容在教学中出现重复教授的弊端。通过学习,使学生能真正学到有用的、实用的知识,能在相对较短的学时内掌握化学学科的基础理论和实验研究方法,为专业课的学习奠定良好的基础。

教材内容总体上分为两个部分:理论部分和实验部分。实验部分是针对理论部分内容的实验而编写的。两部分独立成册,以便教师和学生使用。本书主要是实验部分。本书分为四章,建议与《应用化学》教材配合使用。

本书由周清、高红武(昆明冶金高等专科学校)担任主编,具体编写人员为:周清编写第二章,高红武编写第三章无机、分析化学实验部分;姜浩、李兰云(昆明冶金高等专科学校)编写第一章,杨竞鸣(郑州经济管理干部学院)编写第三、四章的有机化学实验部分,张云梅(昆明冶金高等专科学校)编写第四章无机、分析化学实验部分。全书由周清、高红武统稿。高云涛(云南民族大学)教授对全书进行了审校,在此深表谢意。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中内容难免存在疏漏和错误,诚望批评指正。

编者

2007年7月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 化学实验室常用器皿.....	1
第二节 化学试剂的一般知识.....	5
第三节 化学实验用水.....	18
第四节 滤纸与试纸.....	20
第五节 实验室的安全、环保和事故处理常识.....	22
第六节 实验预习、记录和数据处理.....	28
第二章 基本操作技术	33
第一节 喷灯的使用和玻璃管(棒)的加工.....	33
第二节 常用玻璃器皿的洗涤和干燥.....	37
第三节 分析天平与称量.....	39
第四节 滴定分析体积量器及其使用方法.....	49
第五节 重量分析(法的)基本操作.....	61
第六节 合成实验常用器皿的装配和操作.....	65
第三章 基本实验	71
实验一 玻璃管与玻璃棒的加工.....	71
实验二 分析天平的称量练习.....	72
实验三 滴定分析基本操作练习.....	74
实验四 滴定分析容量仪器的校正.....	77
实验五 化学反应速率和化学平衡.....	78
实验六 醋酸离解常数的测定.....	81
实验七 氢氧化钠标准滴定溶液的配制和标定.....	83
实验八 醋酸总酸度的测定.....	84
实验九 离解平衡和沉淀—溶解平衡实验.....	85
实验十 氯化物中氯的测定——莫尔法.....	90
实验十一 硫酸钡重量法测定氯化钡中钡的含量.....	91
实验十二 氧化还原与电化学实验.....	93

实验十三	双氧水中 H_2O_2 含量的测定——高锰酸钾法	98
实验十四	配位化合物实验	99
实验十五	自来水总硬度的测定——配位滴定法	103
实验十六	醇、酚和醛、酮的性质实验	105
实验十七	无水乙醇的制备	109
第四章	综合实验	111
实验十八	以废铝为原料制备氢氧化铝	111
实验十九	混合碱中氢氧化钠和碳酸钠含量的测定	113
实验二十	重铬酸钾法测定铁矿石中铁的含量	115
实验二十一	铜合金中铜含量的测定——间接碘量法	117
实验二十二	高锰酸钾法测定白云石中钙的含量	119
实验二十三	胃舒平药片中铝和镁的测定	121
实验二十四	正溴丁烷的制备	123
实验二十五	乙酸乙酯的制备及其性质的实验	125
附 录		128
附录一	pHS-2C 型酸度计的原理及使用	128
附录二	常用酸碱溶液的浓度 (15°C)	134
附录三	弱酸弱碱在水中的离解常数	135
附录四	一些难溶化合物的溶度积常数	136
附录五	标准电极电位 (25°C)	137
附录六	部分配离子的稳定常数和不稳定常数	138
附录七	国际相对原子质量表 (1997)	139
附录八	一些化合物的相对分子质量	140
参考文献		143

第一章

基础知识

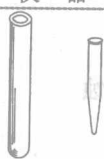
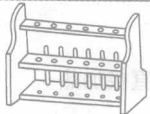
第一节 化学实验室常用器皿

化学实验室常用仪器和器皿是从事化学实验及分析、检验工作者必备的操作用具。正确掌握仪器和器皿的使用方法,可以提高实验和分析结果的准确性,延长仪器和器皿的使用寿命,提高工作效率。

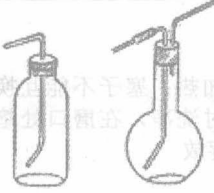
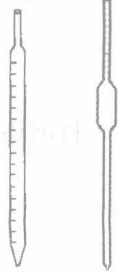
一、常用玻璃仪器和其他器具

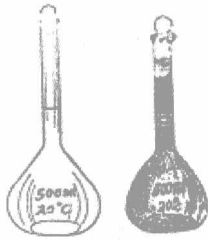
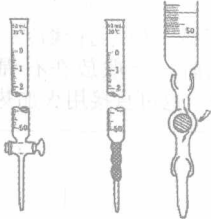
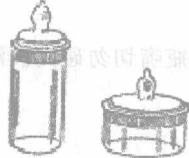
化学实验常用仪器列于表 1-1。

表 1-1 化学实验常用仪器

仪 器	用 途	注意事项
 试管 离心试管	用作少量试剂的反应容器,便于操作和观察;离心试管还可用于少量溶液中的沉淀分离	可直接用火加热,硬质玻璃试管可以加热至高温;加热后不能骤冷,否则产生破裂,特别是软质玻璃试管更易破裂;离心试管只能用水浴加热
 试管架	放试管、离心试管和比色管用	洗净的试管、离心试管和比色管应倒插在木棍上
 试管夹	加热试管时夹住试管用	防止烧损或锈蚀,使用时手应拿长夹处
 毛刷	用于洗刷玻璃仪器	使用时应小心刷子顶端的铁丝撞破玻璃仪器
 烧杯	用作化学反应容器,易使反应物混合均匀;有玻璃和聚四氟乙烯塑料两种规格:50 mL, 100 mL, 250 mL, 400 mL, 500 mL, 800 mL, 1 000 mL, 2 500 mL, 5 000 mL	可放在石棉网或电炉上直接加热,但应使受热均匀

仪 器	用 途	注意事项
表面皿	盖在烧杯上，防止液体迸溅或其他用途；规格（直径）：6 cm，9 cm，12 cm，15 cm，18 cm	不能用火直接加热
量杯 量筒	用于度量一定体积的液体。 规格：10 mL，25 mL，50 mL，100 mL，250 mL，500 mL，1 000 mL，2 500 mL	不能加热，不能用作反应容器
石棉网	加热时，垫上石棉网能使受热物体均匀受热，而不造成局部过热	不能与水接触，以免石棉脱落或铁丝锈蚀
铁夹 铁环 铁架	用于固定或放置反应容器，铁环还可以代替漏斗架使用	防止受潮锈蚀
三脚架	用酒精灯加热烧杯、烧瓶等容器时的加热支架；加热时在三脚架的圆环上须垫上石棉网	防止受潮锈蚀
漏斗 长颈漏斗	用于过滤等操作，长颈漏斗特别适用于定量分析中的过滤操作	不能用火直接加热
吸滤瓶和布氏漏斗	两者配套使用用于无机制备中晶体或沉淀的减压过滤，利用水泵或真空泵降低吸滤瓶中压力以加速过滤	不能用火直接加热
药勺（匙）	取固体药品用，药匙两端各有一个勺，一大一小，根据取用药量多少选用	不能用于取灼热的药品

仪 器	用 途	注意事项
 滴瓶 细口瓶 广口瓶	广口瓶用于盛放固体药品，滴瓶、细口瓶用于盛放液体药品，不带磨口塞子的广口瓶可作集气瓶；有无色玻璃和棕色玻璃之分	不能直接用火加热，瓶塞不得互换；盛放碱液时，要用橡皮塞，不能用磨口瓶塞，以免时间长了，玻璃磨口瓶塞被腐蚀黏牢
 (a) 玻璃研钵 (b) 瓷研钵 (c) 玛瑙研钵	用于研磨固体物质，按固体的性质和硬度选用不同质地的研钵； 规格（直径）：6 cm，9 cm，12 cm，15 cm，18 cm	不能用火直接加热
 蒸发皿	蒸发液体用，随液体性质不同可选用不同质地的蒸发皿； 规格（直径）：6 cm，9 cm，12 cm，15 cm，18 cm	能耐高温，但不宜骤冷；蒸发溶液时，一般放在石棉网上加热，也可直接用火加热
 水浴锅	用于间接加热，也用于粗略控温实验	
 (a) 干燥器 (b) 真空干燥器	内放干燥剂，可保持样品、化学药品或产物的干燥；有无色玻璃和棕色玻璃之分； 规格（直径）：18 cm，21 cm，24 cm，27 cm，30 cm	应防止盖子滑动而打碎；加热的物品待稍冷后才能放入；放置物未完全冷却前，要隔一定时间打开盖子，以调节干燥器内的气压
 (a) 塑料洗瓶 (b) 自制玻璃洗瓶	内装蒸馏水，可淋洗仪器内壁	使用时瓶嘴切勿碰到被淋洗的器壁
 (a) 吸量管 (b) 移液管	用于准确量取溶液；吸量管可以逐毫升吸取溶液，精确到 0.01 mL；移液管常与容量瓶配合使用； 吸量管规格：0.1 mL，0.2 mL，0.25 mL，0.50 mL，1 mL，2 mL，5 mL，10 mL，25 mL； 移液管规格：1 mL，2 mL，5 mL，10 mL，25 mL，50 mL，100 mL	不能加热或放置在烘箱里烘烤

仪器	用途	注意事项
容量瓶  (a) 无色 (b) 棕色	用于将精确称量的基准试剂准确地配制成一定体积的标准滴定溶液，或将浓溶液准确地稀释成一定体积的稀溶液； 有无色玻璃和棕色玻璃之分，棕色玻璃的用于放置不宜见光的试剂； 规格：10 mL，25 mL，50 mL，100 mL，250 mL，500 mL，1 000 mL，2 000 mL	使用之前，应检查是否漏水，如不漏水，即可使用；不能加热或放置在烘箱里烘烤
普通滴定管  (a) 酸式管 (b) 碱式管及其滴头剖面图	在容量分析中用作计量滴定时所消耗标准滴定溶液体积的仪器。酸式滴定管常用作计量酸溶液或氧化性溶液在滴定过程中所消耗的体积；碱式滴定管常用作计量碱溶液或还原性溶液在滴定过程中所消耗的体积。有无色玻璃和棕色玻璃之分，棕色玻璃的用于滴定不宜见光的试剂	使用之前，应检查是否漏水，如不漏水，即可使用；不能加热或放置在烘箱里烘烤
 碘量瓶	适用于碘量法滴定。配有磨口玻璃塞，可以防止挥发性物质（如碘）逸出；并具有锥形瓶的功能； 规格：50 mL，100 mL，250 mL，500 mL，1 mL	可在石棉网或电炉上直接加热，但应使加热均匀
称量瓶  (a) 高型 (b) 低型	用于递减法称量试样；低型称量瓶也可用于测定水分	不能加热；塞子不能互换；不用时洗净，在磨口处垫上纸条存放

二、常用玻璃仪器分类

在科学实验和分析检验工作中，玻璃仪器用途广泛、种类繁多，目前还没有统一的分类方法，为便于掌握和使用，通常采用如下分类：

(1) 按玻璃性能分为可加热类仪器（如各类烧杯、烧瓶、试管等）和不宜加热类仪器（如试剂瓶、量筒、量杯、容量瓶、移液管等）。

(2) 按用途可分为容器类（如烧杯、烧瓶、试剂瓶、滴瓶、称量瓶等）、量器

类(如量筒、量杯、容量瓶、移液管、滴定管等)和过滤器类(如各种漏斗、抽滤瓶、抽气管、洗瓶、胶帽滴管等)。

另外还有特殊用途的玻璃仪器,如干燥器、表面皿、冷凝器、比色管、比色皿等。

第二节 化学试剂的一般知识

化学试剂是符合一定质量标准的纯度较高的化学物质,是用于教学、科研和生产检验的重要化学药品。实验室经常要用到化学试剂。化学试剂选用的正确与否,将直接影响到实验的成败、检验的准确度及实验成本的高低。因此,了解化学试剂的一般知识很有必要。

一、化学试剂的分类和规格

化学试剂多达数千种,但国际上化学试剂分类和分级标准尚未一致。我国化学试剂产品有国家标准(GB)、原化工部标准(HG)及企业标准(QB)三级,近年来,部分化学试剂的国家标准不同程度地采用了国际标准和国外某些先进标准。在各类各级标准中,均明确规定了化学试剂的质量指标。

根据质量标准及用途的不同,化学试剂大致可分为普通试剂、标准试剂、高纯试剂和专用试剂四类。

(一) 普通试剂

普通试剂是实验室的通用试剂。国家和主管部门颁布质量指标主要有四个级别,见表1-2。生化试剂和指示剂也属于普通试剂。

表 1-2 化学试剂的级别和主要用途

试剂级别	中文名称	英文标志	标签颜色	主要用途
一级品	优级纯	GR	绿	精密分析及科学研究工作
二级品	分析纯	AR	红	一般分析检验、科学研究工作
三级品	化学纯	CP	蓝	一般化学实验
四级品	实验试剂	LR	黄	工业或化学制备

(二) 标准试剂

标准试剂是用于校准、测量、评价和确定其他物质的化学和物理特性量值的标准物质。其特点是主体成分含量高而且准确可靠。国产主要标准试剂见表1-3。

表 1-3 国产主要标准试剂

类 别	主 要 用 途
滴定分析第一基准试剂 (C 级)	用于工作基准试剂的量值确定
滴定分析工作基准试剂 (D 级)	用于滴定分析标准滴定溶液的量值确定
杂质分析标准滴定溶液	仪器及化学分析中作为微量杂质分析的标准
滴定分析标准滴定溶液	滴定分析法测定物质的含量
一级 pH 基准试剂	pH 基准试剂的量值和高精密密度 pH 计的校准
pH 基准试剂	pH 计的校准 (定位)
热值分析试剂	热值分析仪的标定
色谱分析标准滴定溶液	气相色谱法进行定性和定量分析的标准
临床分析标准滴定溶液	临床化验
农药分析标准滴定溶液	农药分析
有机元素分析标准滴定溶液	有机物元素分析

6

滴定分析用标准试剂习惯上称为基准试剂,分为 C 级(第一基准)与 D 级(工作基准)两个级别。我国迄今共有 6 种 C 级和 14 种 D 级的基准试剂。主体成分的质量分数 C 级为 99.98%~100.02%,D 级为 99.95%~100.05%。D 级基准试剂是滴定分析中的计量标准物质,见表 1-4。

表 1-4 D 级基准试剂

名 称	国家标准代号	使用前的干燥方法	主要用途
无水碳酸钠	GB 1255—1990	270~300℃灼烧至恒重	标定 HCl、H ₂ SO ₄ 溶液
邻苯二甲酸氢钾	GB 1257—1989	105~110℃干燥至恒重	标定 NaOH、HClO ₄ 溶液
氧化锌	GB 1260—1990	800℃灼烧至恒重	标定 EDTA 溶液
碳酸钙	GB 12596—1990	(110±2)℃干燥至恒重	标定 EDTA 溶液
乙二胺四乙酸二钠	GB 12593—1990	硝酸镁饱和液恒湿器中放置 7 天	标定金属离子溶液
氯化钠	GB 1253—1989	500~600℃灼烧至恒重	标定 AgNO ₃ 溶液
硝酸银	GB 12595—1990	硫酸干燥器干燥至恒重	标定卤化物及硫氰酸盐溶液
草酸钠	GB 1254—1990	105~110℃干燥至恒重	标定 KMnO ₄ 溶液
三氧化二砷	GB 1256—1990	硫酸干燥器干燥至恒重	标定 I ₂ 溶液
碘酸钾	GB 1258—1990	(180±2)℃干燥至恒重	标定 Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液
重铬酸钾	GB 1259—1989	(120±2)℃干燥至恒重	标定 Na ₂ S ₂ O ₃ 、FeSO ₄ 溶液
溴酸钾	GB 12594—1990	(180±2)℃干燥至恒重	标定 Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液
无水对氨基苯磺酸	GB 1261—1977	(120±2)℃干燥至恒重	标定 NaNO ₂ 溶液
苯甲酸	GB 1259—1990	五氧化二磷干燥器减压干燥至恒重	标定甲醇钠溶液

(三) 高纯试剂

高纯试剂主体成分含量通常与优级纯试剂相当,但杂质含量很低,而且规定的杂质检测项目比优级纯或基准试剂多 1~2 倍,通常杂质含量控制在 10⁻⁹~10⁻⁶ 级。

高纯试剂主要用于微量分析中试样的分解及试液的制备。

高纯试剂多属于通用试剂(如盐酸、高氯酸、氨水、碳酸钠、硼酸等)。目前只有 8 种高纯试剂颁布了国家标准。其他产品一般执行企业标准,称谓也不统一,在产品的标签上常常标为“特优”“超优”或“特纯”“超纯”试剂,选用时应注意标示的杂质含量是否在实验要求范围内。

(四) 专用试剂

专用试剂是具有专门用途的试剂。该试剂主体成分含量高,杂质含量很低。与高纯试剂的区别为:在特定的用途中,干扰杂质成分只需控制在不致产生明显干扰的限度以下。如色谱纯试剂是在最高灵敏度下以 $1 \times 10^{-10} \text{ g}$ 下无杂质峰的专用试剂;光谱纯试剂是以光谱分析时出现干扰谱线的数目及强度低于某一限度的专用试剂。

专用试剂种类多,如紫外及红外光谱纯试剂、色谱分析标准试剂、薄层分析标准试剂及气相色谱担体与固定液等。

二、化学试剂的取用和存放

(一) 化学试剂的取用

试剂的盛放原则是,固体试剂放在广口瓶中,液体试剂和配制好的溶液盛放在细口试剂瓶或带有滴管的滴瓶中;见光易分解的试剂(如硝酸银、高锰酸钾等)盛放在棕色试剂瓶中。每一试剂瓶上都必须保持标签完好,注明试剂名称、规格、浓度和制备日期等。

取用试剂时应先核对标签上的说明,看其与欲取试剂是否一致。打开的瓶塞、瓶盖应反放在桌面上,以免受到污染。不得用手直接接触化学试剂。取用量要合适,既节约药品又得到良好的实验结果。取完试剂后务必盖好瓶塞、瓶盖,将试剂瓶放回原处,标签朝外。

1. 固体试剂的取用

(1) 取固体试剂要用洁净干燥的药匙,专匙专用,用过的药匙必须洗净擦干后才能用于其他试剂。

(2) 取用固体试剂时,应将试剂放在称量纸上称量。若固体试剂有腐蚀性或易潮解,应放在表面皿上或玻璃容器内称量。

(3) 将固体试剂加入试管特别是湿试管中时,应用药匙或干净光滑的纸对折成的纸槽,伸进试管约 $2/3$ 处加入。

(4) 固体颗粒较大需要粉碎时,应放入干燥洁净的研钵中研磨,放入量不得超过研钵容量的 $1/3$ 。

(5) 剧毒试剂须在教师的指导下取用。