

北京市高等学校教育
教学改革试点项目

基础化学实验 I

吕苏琴 张春荣 揭念芹 编

科学出版社

内 容 简 介

本书是与《基础化学 I》配套使用的实验教材,是将无机化学和定量分析化学实验经过精选、合并,并增加了综合及设计性实验而成的。

全书共分六个部分:化学实验基本知识、普通化学实验基本操作、滴定分析的量器与基本操作、常用仪器的操作和使用、基本实验、综合性及设计性实验等。本书收入基本实验 50 个,综合及设计实验 3 个。基本实验可供选择的余地较大,综合实验及设计实验对提高学生的综合实验技能大有益处。

本书可作为农业院校、农业生产和动物生产各专业及林业院校相近专业的实验教材,也可供从事化学实验的工作人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验 I/吕苏琴,张春荣,揭念芹编.

-北京:科学出版社,2000

(北京市高等学校教育教学改革试点项目)

ISBN 7-03-008309-1

I. 基… II. ①吕… ②张… ③揭… III. 化学实验-高等学校-教材 IV. O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 02619 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000 年 9 月第 一 版 开本: 787×960 1/16

2000 年 9 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—3 000 字数: 284 000

定价: 23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

《中国农业大学基础课系列教材》编辑委员会

主 任：江树人

副主任：谭向勇 李绍华

委 员：（以姓氏笔画为序）

司宗兴	乔惠理	李国辉	杨世杰
杨苏生	陈 薇	武维华	郑 行
金仲辉	阎隆飞	揭念芹	曾善玉
戴景瑞			

序

我国的高等教育正在进入一个迅速发展的时期，我们要在扩大办学规模，提高办学效益的同时，加快教育教学改革的步伐，培养高质量的人才。

近年来，中国农业大学坚持以研究促教改，通过采取立项研究的方式，调动了广大教师投身教学改革的积极性，将转变教师的教育思想观念与教学内容、教学方法改革紧密结合起来，取得了实效。这次推出的农科主要基础课系列教材，就是基础课教师长期钻研课程体系和教学内容的重要成果。他们从转变教育思想入手，站在面向 21 世纪科技、社会发展趋势的高度，对农科主要基础课的教学内容进行“精选”、“重组”和“拓宽”，将现代科学理论的观点和方法引入基础课，强调学生思维能力等综合素质的培养。

与我校过去编写的基础课教材相比，这套教材以“整体优化”和“内容更新”为出发点，强化了基础课在传授基础知识、培养基本能力和提高综合素质方面的作用。它的出版，将对提高农科主要基础课的教学质量做出贡献。

在科学出版社的大力支持下，我校组织编写了农科类大学生适用的《大学基础物理》、《大学数学》、《大学数学(续)》、《应用概率统计》、《基础化学 I》、《基础化学 II》、《基础化学实验 I》、《生物化学》、《植物生物学》、《动物生物学》、《植物生理学》、《微生物生物学》、《动物生理学》、《普通遗传学》等 14 种教材。建设农科主要基础课系列教材的设想也得到了北京市教委的重视和支持，被列为北京市教育教学改革试点项目。

当前，以“统编教材”或“规划教材”为核心的教材建设正面临机制转变时期，这套教材是我校加强自身教材建设的一次尝试，目的是以教材建设来推动学校基础课教学内容和课程体系的整体改革。

江树人

前 言

随着时代的发展和科学技术的进步,我国社会面临新的重大改革,高等教育亟待变革和创新,建立高等教育创新体系迫在眉睫。为适应 21 世纪教学改革的需要,根据中国农业大学提出的“加强基础、淡化专业、拓宽知识面、重在素质教育的精神”,我们编写了《基础化学实验 I》这本教材。

化学实验的传统做法是将无机化学实验和分析化学实验单独开设。其弊端不仅在于有些内容重复,更重要的是学生在无机实验中没有树立“量”的概念,造成了无“量”的习惯,而后在分析化学实验中需重新树立“量”的概念,往往是“旧习难改”,使教师和学生都颇伤脑筋。

当前科学发展的特点之一是学科与学科之间的相互交叉和渗透十分突出,作为二级学科的无机化学和化学分析需要融合在一起进行讲授,这对于非化学专业的学生的培养是十分有益的。

根据我们多年的实践,并借鉴其他兄弟院校在实验改革方面成功的经验,编写的这本实验教材,与“基础化学 I”配套使用。本书共包括五大块内容:化学实验的基本知识;化学实验仪器及操作;无机物制备及元素性质;定量分析化学实验;综合性实验和设计性实验。综合性实验和设计性实验在农业院校中是个薄弱环节,增加这部分实验有助于培养学生的独立思考能力和综合实验能力。

参加本教材编写工作的有吕苏琴(第一、二、三、四章及第五章实验一、二、三十九至五十);张春荣(第五章的实验三至三十八、第六章实验五十一至五十三),全书由揭念芹统稿。

本教材在编写过程中,参阅了一些兄弟院校的教材,并吸取了一些内容,对此表示谢意。

本教材承蒙北京大学李克安教授仔细审阅,并提出了许多宝贵意见,同时本教材的编写也得到了中国农业大学教务处领导和有关同志的支持,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促及编者水平所限,难免有错误与不足之处,恳请专家和读者批评指正。

编 者

2000 年 3 月于北京

目 录

序

前言

化学实验课的任务和要求	(1)
-------------	-----

第一章 化学实验基本知识	(3)
--------------	-----

第一节 实验室常识	(3)
-----------	-----

一、实验室规则	(3)
---------	-----

二、实验室安全规则	(3)
-----------	-----

三、实验室中意外事故的紧急处理	(4)
-----------------	-----

第二节 实验室常用仪器简介	(5)
---------------	-----

第三节 化学试剂的一般知识	(7)
---------------	-----

一、一般试剂	(7)
--------	-----

二、试剂的选用	(7)
---------	-----

三、试剂的保管	(7)
---------	-----

第四节 实验用水	(7)
----------	-----

一、规格	(8)
------	-----

二、制备方法	(8)
--------	-----

三、检验	(9)
------	-----

第二章 普通化学实验基本操作	(10)
----------------	------

第一节 玻璃仪器的洗涤及干燥	(10)
----------------	------

一、玻璃仪器的洗涤	(10)
-----------	------

二、常用洗涤剂	(10)
---------	------

三、玻璃仪器的干燥	(11)
-----------	------

第二节 化学试剂的取用方法	(12)
---------------	------

一、固体试剂的取用方法	(12)
-------------	------

二、液体试剂的取用方法	(12)
-------------	------

第三节 常用度量仪器	(13)
------------	------

一、量筒	(13)
------	------

二、温度计	(14)
-------	------

三、气压计	(14)
-------	------

四、比重计	(15)
第四节 加热装置与加热方法	(16)
一、酒精灯	(16)
二、酒精喷灯	(16)
三、煤气灯	(16)
四、电炉、电热板、马弗炉	(17)
第五节 溶解、蒸发和结晶	(19)
一、溶解和熔融	(19)
二、蒸发和浓缩	(19)
三、结晶和重结晶	(20)
第六节 半微量定性分析中的仪器及操作	(20)
一、离心管	(20)
二、离心机	(20)
三、在离心管中生成沉淀	(21)
四、沉淀的分离	(21)
五、沉淀的洗涤	(21)
六、沉淀的转移	(21)
七、沉淀的溶解	(21)
第七节 过滤方法	(22)
一、减压过滤	(22)
二、常压过滤	(22)
第八节 重量分析基本操作	(25)
一、沉淀的形成	(26)
二、沉淀的过滤和洗涤	(26)
三、沉淀的灼烧	(27)
第九节 天平与称量	(30)
一、天平的结构原理	(30)
二、托盘天平(台秤)	(31)
三、半自动电光分析天平	(31)
四、单盘天平	(35)
五、称量方法	(38)
第三章 滴定分析的量器与基本操作	(41)
第一节 滴定管	(41)
一、酸式滴定管的洗涤与涂油	(41)

二、碱式滴定管的洗涤	(42)
三、滴定管的使用方法与滴定操作	(42)
第二节 移液管和吸量管	(47)
一、移液管	(47)
二、吸量管	(47)
三、移液管与吸量管的洗涤	(48)
四、移取溶液	(48)
第三节 容量瓶	(49)
第四章 常用仪器的操作和使用	(52)
第一节 酸度计 (pH/mV 计)	(52)
一、测量原理	(52)
二、雷磁 25 型酸度计	(55)
三、pHs-2C 型酸度计	(58)
四、821 型袖珍数字式 pH 离子计	(59)
第二节 分光光度计	(61)
一、测量原理	(61)
二、测定物质含量的方法	(62)
三、72 型分光光度计	(62)
四、721 型分光光度计	(65)
五、722 型光栅分光光度计	(67)
第五章 基本实验	(71)
实验一 容量仪器的校准	(71)
实验二 分析天平称量练习	(75)
实验三 粗盐的提纯	(77)
实验四 高锰酸钾的制备	(80)
实验五 重铬酸钾的制备	(82)
实验六 硫酸亚铁铵的制备	(84)
实验七 铝锌合金中组分含量的测定	(86)
实验八 二氧化碳气体相对分子质量的测定	(89)
实验九 化学反应速率和活化能的测定	(91)
实验十 乙酸解离常数的测定	(95)
实验十一 缓冲溶液的配制及性质	(97)
实验十二 氧化还原反应	(100)
实验十三 沉淀溶解平衡	(103)

实验十四	配位反应·····	(106)
实验十五	铜、汞、银、锌单质及化合物的性质·····	(109)
实验十六	铝、铬、铁单质及化合物的性质·····	(112)
实验十七	卤素、氧、硫单质及化合物的性质·····	(116)
实验十八	氮、磷、碳单质及化合物的性质·····	(119)
实验十九	常见离子的定性鉴定方法·····	(123)
实验二十	酸碱标准溶液的配制·····	(130)
实验二十一	滴定法操作练习及酸碱比较滴定·····	(132)
实验二十二	酸碱标准溶液浓度的标定·····	(134)
实验二十三	食用醋中总酸量的测定·····	(137)
实验二十四	氨水中氨含量的测定·····	(139)
实验二十五	纯碱的测定·····	(140)
实验二十六	硫酸铵中氮含量的测定(甲醛法)·····	(143)
实验二十七	AgNO_3 和 NH_4SCN 溶液的配制和标定·····	(144)
实验二十八	可溶性氯化物中氯含量的测定·····	(147)
实验二十九	土壤中 SO_4^{2-} 含量的测定(重量法)·····	(149)
实验三十	EDTA 标准溶液的配制与标定·····	(150)
实验三十一	水的硬度的测定·····	(152)
实验三十二	铅铋混合液中铅、铋含量的连续测定·····	(154)
实验三十三	铝锌混合液中铝、锌含量的测定·····	(156)
实验三十四	KMnO_4 标准溶液的配制和标定·····	(158)
实验三十五	高锰酸钾法测定 H_2O_2 的含量·····	(160)
实验三十六	亚铁化合物中 Fe^{2+} 含量的测定·····	(161)
实验三十七	水中化学耗氧量(COD)的测定·····	(163)
实验三十八	石灰石中钙含量的测定·····	(165)
实验三十九	硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定·····	(167)
实验四十	胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)中铜的测定·····	(170)
实验四十一	碘标准溶液的配制与标定·····	(171)
实验四十二	葡萄糖含量的测定·····	(173)
实验四十三	漂白粉中有效氯的测定·····	(175)
实验四十四	邻二氮菲吸光光度法测定铁——实验条件的研究及试样 中铁的测定·····	(176)
实验四十五	磺基水杨酸分光光度法测定铁·····	(180)
实验四十六	磷钼蓝法测定磷(分光光度法)·····	(181)

实验四十七	电位滴定法测定乙酸含量及电离常数	(183)
实验四十八	氟离子选择电极测定水中氟	(187)
实验四十九	氯离子选择电极测定水中氯	(189)
实验五十	土壤水分的测定	(191)
第六章 综合性及设计性实验		(195)
实验五十一	三草酸合铁(III)酸钾的制备、组成分析及性质	(195)
实验五十二	磺基水杨酸合铜(II)配合物的组成及稳定常数的测定	(198)
实验五十三	设计实验	(203)
参考文献		(206)
附录		(207)
附录 1	不同温度下水的饱和蒸气压	(207)
附录 2	气体在水中的溶解度	(208)
附录 3	常用酸碱的浓度、密度和一定浓度溶液的配制	(209)
附录 4	常用弱酸及弱碱的离解常数表	(211)
附录 5	一些配合物的稳定常数表	(213)
附录 6	氨羧配位剂类配合物的稳定常数	(213)
附录 7	标准电极电位(298.16K)	(215)
附录 8	难溶化合物的溶度积常数表	(219)
附录 9	常用基准物质的干燥条件和应用范围	(221)
附录 10	某些试剂溶液的配制	(222)
附录 11	常用指示剂	(225)
附录 12	某些离子和化合物的颜色	(227)
附录 13	化合物的相对分子质量	(230)

化学实验课的任务和要求

本实验课程包括普通化学实验与分析化学实验两门实验课的有关内容,二者紧密结合,融会贯通,形成一门独立的课程。

通过本课程的学习,学生可以加深对普通化学和分析化学基本概念和基本理论的理解;了解无机物的一般分离、提纯及制备方法以及物质组成含量的各种分析方法;正确和熟练地掌握常用仪器的使用、基本操作和技能;学会正确获取实验数据、正确处理数据和表达实验结果;培养独立思考、独立解决问题的能力及良好的实验素养,为后续课程的学习,参加科学研究及实际工作打下坚实的基础。

为了学好实验课内容,学生应做到:

(一)课前预习

实验课前应认真预习,明确实验目的和要求,弄清实验原理及方法,了解实验步骤和注意事项,做到心中有数。预先写好实验报告的有关内容,列好表格,查好有关数据。

(二)实验过程中做到

(1)实验时严格按照规范操作进行,仔细观察现象,认真思考,学会运用所学理论知识解释实验现象,解决实验中出现的問題。

(2)认真记录实验现象及测量到的数据。一切测量的原始数据均应真实地记录在实验报告本上,不得随意乱记。

(3)严格遵守实验室规则,注意安全操作。要随时保持实验台面及整个实验室的清洁整齐。

(4)养成严谨的科学态度和实事求是的科学作风,切不可弄虚作假,随意修改数据。如遇实验失败或产生的误差较大时,应找出原因,经教师同意后重做实验。

(三)实验报告

实验报告是实验的记录和总结,实验完毕,应认真写好实验报告。实验报告格式应规范,字迹应端正、整齐、清洁。

第一章 化学实验基本知识

第一节 实验室常识

一、实验室规则

为保证实验室环境的正常秩序,保证实验顺利进行,防止发生意外事故,必须严格遵守实验室规则:

(1)实验室要保持安静,不得嬉戏喧哗。

(2)实验台面要保持清洁,台面及实验柜内的仪器要摆放整齐。实验完毕,应及时洗净所用仪器,不应收藏不干净的仪器,因为污物干涸后,洗涤就比较困难。

(3)保持水槽干净,切勿往水槽中乱抛杂物。火柴头、废纸片、碎玻璃等应投入废物箱,废酸和废碱应小心倒入废液缸内。

(4)要爱护试剂。称取药品后,及时盖好原瓶盖,放回原处;所有配好的试剂都要贴上标签,注明名称、浓度及配制日期。注意节约药品、水、电和煤气。

(5)要爱护实验室的仪器设备。损坏仪器应及时补领或赔偿。使用精密仪器时,应严格遵守操作规程,不得任意拆装和搬动。用毕,应登记,请教师检查签名。

(6)实验完毕,应请教师检查仪器、桌面,交报告本,然后离开实验室。学生轮流值日,负责打扫和整理实验室。最后应检查自来水和煤气开关是否关紧,电源是否切断。关闭窗口。经教师检查合格后,值日生方可离开实验室。

二、实验室安全规则

在化学实验中,经常使用易碎的玻璃仪器,易燃、易爆、有腐蚀和有毒性的化学药品,电器设备及煤气等。如不慎,则会影响实验的正常进行,甚至危及人身安全,给国家财产造成重大损失。因此,必须严格遵守实验室规则。

(1)实验室严禁饮食、吸烟,一切化学药品禁止入口。实验完毕应洗手。

(2)使用电器设备应特别细心,切不可用湿润的手去开启电闸和电器开关。凡是漏电的仪器不要使用,以防触电。电源打开后,如发觉无电必须立即关闭。

(3)使用铬酸洗液、浓酸、浓碱、溴等具有强腐蚀性试剂时,切勿溅在皮肤和衣服上。如溅到身上应立即用水冲洗,溅到实验台上或地上时要用水稀释后擦掉。

要注意保护眼睛,必要时应戴上防护眼镜。

(4)遇有下列情况,应在通风橱内操作:使用 HNO_3 , HCl , HClO_4 , H_2SO_4 等浓酸及实验过程中产生的有刺激性或有毒气体(如 H_2S , Cl_2 , Br_2 , NO_2 , CO 等)。

(5)使用剧毒药品如 KCN , As_2O_3 , HgCl_2 时,应格外小心!用过的废液切不可倒入下水道或废液桶中,要回收集中处理。

(6)使用天然气时,应特别注意正确使用,严防泄漏!使用天然气灯加热时,火源应远离其他物品,不得长时间离开,以防熄火漏气。用毕应关闭燃气管道上的小阀门,离开实验室时还应再检查一遍,以确保安全。

(7)使用乙醚、乙醇、丙酮、苯等易燃性有机试剂时,应远离火源,用后盖紧瓶塞,置阴凉处保存。钾、钠和白磷等在空气中易燃烧的物质,应隔绝空气存放。钾、钠保存在煤油中,白磷保存在水中,取用时应使用镊子。

(8)加热试管中的液体时,切不可将管口对着自己或他人,也不可俯视正在加热的液体,以防液体溅出伤人。不可用鼻子直接对着瓶口或试管口嗅闻气体的气味,应当用手轻轻煽动少量气体进行嗅闻。

三、实验室中意外事故的紧急处理

实验过程中如不慎发生意外事故,应及时采取救护措施,处理后受伤严重者应马上送医院医治。

(一)酸腐蚀

马上用大量水冲洗,然后用饱和 NaHCO_3 溶液或肥皂水冲洗,最后再用水冲洗。如果酸液溅入眼内,应立刻用大量水冲洗,然后用 2% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液洗眼,最后再用蒸馏水冲洗。

(二)碱腐蚀

先用大量水冲洗,然后用 2% HAc 溶液冲洗,最后用水冲洗干净并涂敷硼酸软膏。如果碱液溅入眼内,应马上用大量水冲洗,再用 3% H_3BO_3 溶液冲洗,最后用蒸馏水冲洗。

(三)溴腐蚀

用乙醇或 10% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液洗涤伤口,再用水冲洗干净,然后涂敷甘油。

(四)磷灼伤

先用 5% CuSO_4 溶液或 KMnO_4 溶液洗涤伤口,然后用浸过 CuSO_4 溶液的绷

带包扎。

(五) 烫伤

切不可用水冲洗。应在烫伤处涂烫伤膏或万花油。

(六) 割伤

马上用消毒棉棒揩净伤口,涂上红药水,洒上消炎粉或敷上消炎膏并用绷带包扎。

(七) 吸入刺激性或有毒气体

吸入 Br_2 , Cl_2 , HCl 等气体时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒。若吸入 H_2S 气体而感到不适时,应马上到室外呼吸新鲜空气。

(八) 触电

立即切断电源。必要时进行人工呼吸。

(九) 起火

根据起火原因立即采取灭火措施。首先切断电源,移走易燃药品。有机溶剂和电器设备着火,马上用四氯化碳灭火器、专用防火布、干粉等灭火,切不可用水或泡沫灭火器灭火。

第二节 实验室常用仪器简介

无机化学实验与分析化学实验中经常使用的仪器,大部分为玻璃制品。玻璃仪器按玻璃性能分为可加热的如各类烧杯、烧瓶、锥形瓶、试管等及不能加热的如试剂瓶、量筒、容量瓶等;按用途分为容器类如试剂瓶、烧杯等,量器类如移液管、滴定管、容量瓶等以及特殊用途类如漏斗、干燥器等。以上常用仪器见图 1 所示。它们的使用方法将在以后各章节中加以详细介绍。

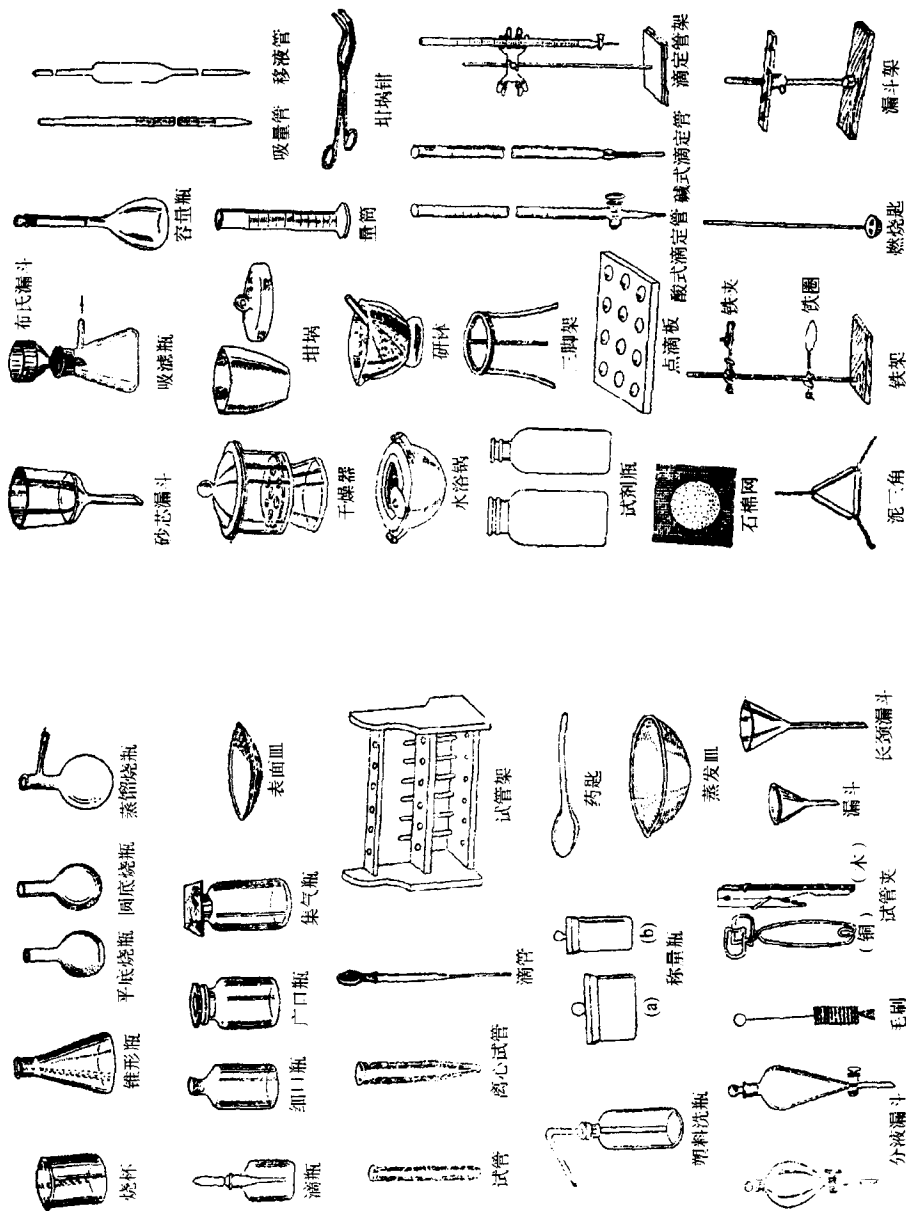


图 1 化学实验中常用的仪器

第三节 化学试剂的一般知识

一、一般试剂

实验室最普遍使用的试剂为一般试剂,可分为四个等级,其规格及适用范围见表 1。

表 1 一般试剂规格及用途

级 别	中文名称	英文标志	标签颜色	主要用途
一级	优级纯	GR	绿	精密分析实验
二级	分析纯	AR	红	一般分析实验
三级	化学纯	CP	蓝	一般化学实验
生物化学试剂	生化试剂生物染色剂	BR	咖啡色 (染色剂:玫红色)	生物化学及医化学实验

指示剂也属于一般试剂。此外,还有标准试剂、高纯试剂、专用试剂等。

按规定,试剂瓶的标签上应标示试剂名称、化学式、摩尔质量、级别、技术规格、产品标准号、生产许可证号(部分常用试剂)、生产批号、厂名等,危险品和毒品还应给出相应的标志。

二、试剂的选用

应根据实验要求,本着节约的原则,合理选用不同级别的试剂。在能满足实验要求的前提下,尽量选用低价位的试剂。

三、试剂的保管

试剂应保存在通风、干燥、洁净的房间里,防止污染或变质。氧化剂、还原剂应密封、避光保存。易挥发和低沸点试剂应置低温阴暗处。易侵蚀玻璃的试剂应保存于塑料瓶内。易燃易爆试剂应有安全措施。剧毒试剂应由专人妥善保管,用时严格登记。

第四节 实验用水

化学实验对水的质量有一定的要求,纯水是最常用的纯净溶剂和洗涤剂,应根据实验的要求选用不同规格的纯水。