

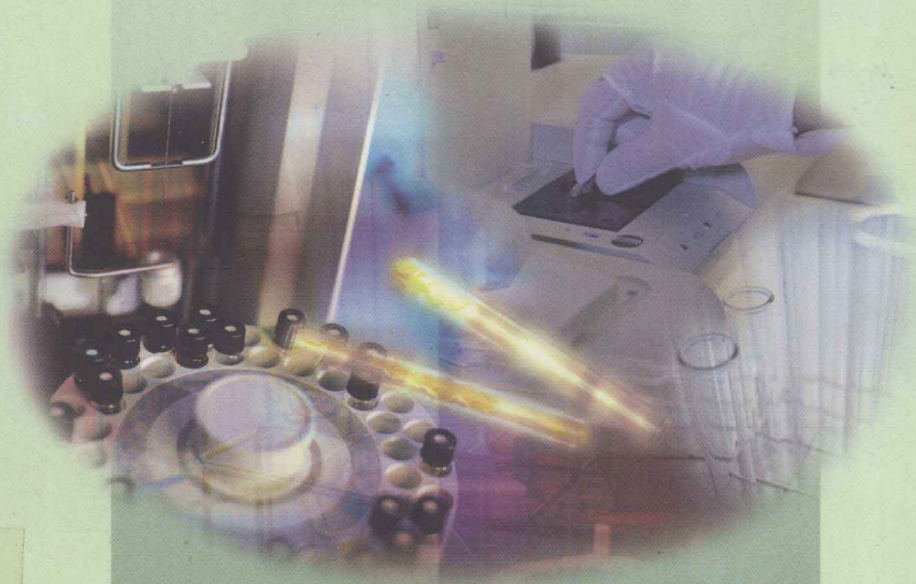
高等农业院校教材

农科化学实验

第二版

山东农业大学化学与材料科学学院 组编

朱凤岗等 主编



中国农业出版社

高等农业院校教材

农 科 化 学 实 验

第 二 版

山东农业大学化学与材料科学学院 组编

朱凤岗等 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

农科化学实验 / 朱凤岗等主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2003.8

高等农业院校教材

ISBN 7-109-08482-5

I. 农... II. 朱... III. 农业化学-化学实验-高等学校-教材 IV. S131

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 075931 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 毛志强

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1997 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 2 版

2003 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 18.5

字数: 331 千字

定价: 24.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编	朱凤岗	汪建民	耿玉珍	高吉刚
副 主 编	王日为	付 蕾	刘连伟	刘 葵
	曲祥金	苏秀荣	张树芹	姜 林
编写人员	丁志伟	王日为	王玉华	付 蕾
	朱凤岗	刘连伟	刘 葵	孙衍华
	曲祥金	李长城	李玉环	李红双
	宋少芳	苏秀荣	汪 军	汪建民
	汪 浩	时伟杰	张树芹	盛 锋
	姜 林	耿玉珍	高吉刚	贾寿华
	路福绥	董广文		
主 审	周 杰			

再 版 说 明

本书自 1997 年出版以来,深受广大用户和读者的欢迎,全国有十几所高等农林院校多年作为教材使用,几十所农林院校用作教学参考书。随着农林高校教育事业的发展,对农科化学实验的要求也越来越高,应广大用户和读者的要求以及高等农林基础化学实验教学的需要,我们对此教材进行了修订,其修订的主要内容有:

(1)增加了部分新的综合性和提高性化学实验内容,如:铁矿石中全铁含量的测定、漂白液中有效氯的测定、槐米中芦丁的提纯及鉴定等。

(2)增添了部分新仪器的介绍,如电子天平等。

(3)对原有 60 个实验中部分内容进行了校正,如试剂用量增减、印刷错误、仪器装置图绘制错误等。

本书仍由朱凤岗教授总负责组织主持修订,主编、副主编、参编人员均按姓氏笔画为序。第一版部分编者因出国、调出、进修等原因未能参加修订,对于他们第一版所做的工作表示感谢,由于工作需要此次修订又增加了部分新编者。

对于使用过本书的用户和读者,特别是他们提出的许多建设性的意见,在此修订中一并采纳,并表示我们衷心的感谢。

山东农业大学化学与材料科学学院教授、博士生导师周杰博士在百忙中审阅了全部书稿,给予热情的指导并提出许多有益的修改建议。

我们力图修订出一本具有一定特色,适合 21 世纪使用的农科化学实验教材,但限于水平,书中定有不少错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

第一版前言

为适应高等农业教育和农业科学的发展,我们根据全国高等农业院校无机化学及分析化学研讨会(南京,1995年6月)和有机化学研讨会(杭州,1995年7月)制定的新教学大纲及面向21世纪化学系列课程教学内容改革的精神,按照农林院校学生应具备的基础理论知识和掌握基本实验技能的要求,结合多年实验教学经验和科研成果,在前几次编写化学实验教材经验的基础上,把农业院校普通化学、分析化学、有机化学三门课程的实验部分精心整理为一门《农科化学实验》课程,自成体系。全书可用60~100学时完成教学任务。本书可供高等农林牧渔院校本科生、专科生及函授生使用,也可作为农林牧渔科技工作者的参考用书。

本书内容包括化学实验的一般知识、化学实验的一般操作介绍、化合物的分离与提纯、化合物物理常数的测定、物质的一般性质实验、重量分析实验、滴定分析实验、简单仪器分析实验、综合性实验、设计性实验及附录等内容。全书共60个实验,目的明确,原理简要,操作步骤切实可行。在实验内容的选编上,以学习和掌握实验的基本操作技能为主,验证理论为辅。在技能训练上安排4个方面,即物质的制备、分离、提纯;物质有关常数的测定;物质成分的鉴定及组分的测定;物质中杂质及残留量的测定。设置有综合性和设计性实验,以利于有效地开拓学生智能,提高学生独立工作能力和动手能力。本书图文并茂,插有附注及思考题,以利于学生对实验原理和技术的全面理解。附录部分对实验准备及科研工作均具有参考价值。本书全部采用法定计量单位,并将所有量和单位的符号按国家标准进行了规范化。

本书由朱凤岗副教授总负责组织主持编写,主编、副主编、参编人员均按姓氏笔画为序。在编写过程中得到学校、基础部领导及普通化学、分析化学、有机化学教研室老师们的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促和编者水平所限,缺点和错误在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

1997年1月

目 录

再版说明

第一版前言

第一部分 化学实验的一般知识	1
一、化学实验规则	1
二、化学实验室的安全知识	1
三、化学实验的常用仪器	3
四、化学实验基本要求	13
五、常用化学手册和主要实验参考书	14
第二部分 化学实验的一般操作介绍	17
一、化学试剂的取用	17
二、玻璃仪器的洗涤和干燥	19
三、台天平的使用	20
四、液体与固体的分离	21
五、加热仪器的使用	25
六、塞子的配置与玻璃管加工	27
七、常用试纸的制备和使用	31
第三部分 化合物的分离与提纯	33
实验一 粗食盐的提纯	33
实验二 蒸馏与分馏	35
实验三 水蒸气蒸馏	40
实验四 萃取	43
实验五 重结晶及过滤	48
实验六 升华	50
实验七 色谱法	53

第四部分 化合物物理常数的测定	61
实验八 熔点、沸点测定	61
实验九 折射率测定	67
实验十 旋光度测定	69
实验十一 密度测定	72
实验十二 摩尔气体常数的测定	74
实验十三 凝固点下降法测萘的相对分子质量	78
实验十四 化学反应焓变的测定	80
实验十五 醋酸电离度和电离常数的测定	82
实验十六 二氯化铅标准溶度积常数的测定	88
实验十七 化学反应速率与活化能	91
第五部分 物质的一般性质实验	95
实验十八 化学反应速率和化学平衡	95
实验十九 电离平衡与沉淀溶解平衡	100
实验二十 氧化还原反应与电化学	103
实验二十一 配位化合物	107
实验二十二 无机化合物的性质	110
实验二十三 吸附与胶体	114
实验二十四 烃的含氧衍生物的性质	117
实验二十五 烃的含氮衍生物的性质	124
实验二十六 糖类化合物的性质	128
实验二十七 农业上常见阴离子的鉴定	133
实验二十八 农业上常见阳离子的鉴定	136
第六部分 重量分析实验	148
实验二十九 氯化钡中结晶水的测定	148
实验三十 水溶性硫酸盐中 SO_4^{2-} 的测定	150
第七部分 滴定分析实验	155
实验三十一 分析天平与称量练习	155
实验三十二 滴定操作练习	164
实验三十三 HCl 溶液的配制及标定	170

实验三十四	NaOH 溶液的配制及标定	172
实验三十五	氨水中含氮量的测定	178
实验三十六	铵盐中含氮量的测定 (甲醛法)	180
实验三十七	食醋中总酸度的测定	181
实验三十八	Na_2CO_3 和 NaHCO_3 混合物的测定 (双指示剂法)	182
实验三十九	EDTA 标准溶液的配制及标定	183
实验四十	水的总硬度及钙镁含量的测定	184
实验四十一	铝盐中铝的测定	186
实验四十二	过氧化氢的测定 (KMnO_4 法)	187
实验四十三	亚铁盐中铁的测定 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法)	189
实验四十四	碘和硫代硫酸钠溶液的配制及标定	190
实验四十五	胆矾中铜的测定	192
实验四十六	维生素 C 的测定 (直接碘量法)	193
实验四十七	氯化物中氯含量的测定 (莫尔法)	194
第八部分 部分仪器分析实验		196
实验四十八	分光光度法测磷	196
实验四十九	分光光度法测铁	200
实验五十	土壤 pH 的测定	201
实验五十一	氯离子选择性电极测水中氯含量 (标准加入法)	202
实验五十二	氟离子选择性电极测氟含量 (标准曲线法)	204
第九部分 综合性和提高性实验		206
实验五十三	硫酸亚铁铵的制备与纯度检验	206
实验五十四	明矾的制备	208
实验五十五	乙酸乙酯的制备	209
实验五十六	乙酰苯胺的制备	211
实验五十七	1-溴丁烷的制备	213
实验五十八	乙酰水杨酸 (阿司匹林) 的制备	216
实验五十九	从肉桂树皮中提取肉桂醛	217
实验六十	从茶叶中提取咖啡因	220
实验六十一	4-氯苯氧乙酸的制备	223
实验六十二	一水硫酸铜的制备	224
实验六十三	铁矿中全铁含量的测定 (无汞定铁法)	227

实验六十四	漂白粉中有效氯含量的测定	229
实验六十五	从红辣椒中提取辣椒红素	230
实验六十六	油料作物中油脂的提取和油脂的性质	233
实验六十七	旋光法测定蔗糖转化反应的速率常数	235
实验六十八	槐米中芦丁的提取、提纯和鉴定	238
第十部分 设计性实验		242
第十一部分 附录		245
一、	常见元素的相对原子质量	245
二、	常见物质的相对式量	246
三、	水的蒸气压 (0~100℃)	249
四、	乙醇水溶液密度及组成	250
五、	无机化合物的溶解度 [$\text{g} \cdot (100 \text{ g H}_2\text{O})^{-1}$]	251
六、	常用酸碱溶液的浓度	253
七、	常用酸碱溶液的配制	254
八、	常用试剂配制方法	255
九、	常用指示剂的配制	259
十、	常见的共沸混合物	260
十一、	常见有机溶剂的沸点和折射率	261
十二、	弱电解质的电离常数	262
十三、	难溶化合物的溶度积	266
十四、	配离子的稳定常数	267
十五、	氨羧配合剂类配离子的稳定常数	268
十六、	标准电极电势 $\varphi^\ominus$ (18~25℃)	269
十七、	某些氧化还原电对的条件电极电势	272
十八、	常见化学物质的毒性和易燃性	273
十九、	洗液的配制	278
二十、	常见离子和化合物的颜色	278
二十一、	常用的缓冲溶液	282

第一部分 化学实验的一般知识

一、化学实验规则

(1) 实验前应认真预习，明确实验的目的与要求，了解实验的基本原理、方法、步骤及注意事项。

(2) 遵守纪律，不迟到，不早退，保持室内安静。在实验室内不准吸烟、饮食。不允许做与实验无关的其他事情。

(3) 实验开始前应先清点所用仪器，如有破损或缺少，立即向指导教师声明补领。如在实验过程中损坏仪器，要及时报告教师并填写仪器破损报告单，教师签字后交实验室工作人员处理。

(4) 公用仪器和试剂瓶等用毕立即放回原处，不得拿用其他组或其他实验桌的试剂仪器。遇有试剂不足时，应报告教师请求补充。

(5) 实验时听从教师指导，必须按操作规程进行操作，保证实验安全。集中精力，积极思考，认真操作，仔细观察，随时如实认真记录各种实验现象和数据。

(6) 实验时应保持桌面和实验室清洁整齐，火柴梗、废液、废纸屑等投入或倒入废液桶中，严禁投入或倒入水槽内，以防水槽和下水道堵塞或腐蚀。

(7) 实验中要爱护、小心使用仪器和设备，节约水、电和试剂。按需取用试剂，多取的试剂不要倒回原瓶中，以免带入杂质；在取用固体试剂后应立即盖好瓶塞，以免盖错瓶塞。

(8) 实验完毕后，应将仪器洗净放回原处，整理好桌面，洗净双手。值日生应打扫实验室，把废液桶倒净。关好水龙头、电闸和门窗等。实验室内的一切物品不得带离实验室。经指导教师同意，方可离开实验室。实验后，尽快认真地完成实验报告。

二、化学实验室的安全知识

在化学实验中，许多试剂是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的，仪器多为玻

璃制品，此外，实验中还常使用各种电器。因此实验过程中如操作不当，很可能发生着火、烧伤、爆炸、中毒、触电等事故。为避免事故发生，使实验顺利进行，学生除了严格按规程操作外，还必须熟悉各种仪器、药品的性能及一般事故的处理等实验室安全知识。

(一) 实验室安全规则

(1) 实验开始前应检查仪器是否完整无损，装置是否正确、稳妥。了解实验室内水、电、安全用具放置的位置，熟悉使用各种安全用具（如灭火器、沙桶、急救箱等）的方法。

(2) 实验进行时，不得擅离岗位。灯、火、水、电用毕后或在离开实验室时必须关闭熄灭。不得把灯火接近酒精瓶或其他易燃物。

(3) 实验中不得口尝任何试剂，在嗅试剂或反应产物气味时，鼻子不能直接对着瓶口或管口，只能用手轻拂气体，扇向自己后再嗅。

(4) 浓酸、浓碱具有很强的腐蚀性，使用时要十分小心，切勿洒在桌面、地面、皮肤和衣服上，特别注意不要溅入眼睛内。有毒试剂不得误入口内或接触伤口，也不能将有毒试剂随便倒入下水道。制备或反应中能产生具有刺激性、恶臭或有毒气体的实验应在通风橱内进行。

(5) 加热试管中反应液时，不要将试管口指向自己或对着别人。不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出受到伤害。

(6) 使用电器设备，首先要检查电源电压与仪器设备使用电压是否相符，确认后才能使用，以免损坏仪器或引起火灾等事故。要求安装地线的仪器设备，一定要接地线，不准以零线代替，以保证仪器设备正常运行。并在检查不漏电后才可使用，使用完毕，及时切断电源。

(7) 进行有危险性实验时，应使用防护眼镜、面罩、手套等防护用具。

(8) 实验完毕离开实验室前要洗净双手。

(二) 实验室意外事故的处理

在实验过程中接触到玻璃仪器、电和化学试剂，假如由于各种原因而引起了意外事故，可采取如下办法处理。

(1) 玻璃割伤：若伤口有玻璃碎片，必须首先挑出，然后在伤口处抹上红药水，必要时撒上一些消炎粉或敷些消炎膏，并用绷带包扎。若伤口过大，应立即到医院医治。

(2) 烫伤：切勿用水冲洗。可用稀 KMnO_4 或苦味酸溶液冲洗灼伤处，再涂上凡士林或烫伤膏、红花油即可。

(3) 受强酸致伤：应立即用大量水冲洗，然后用 5% NaHCO_3 溶液洗，最后用水冲洗。

(4) 受强碱致伤：先用大量水冲洗，再用 2% 醋酸或 2% 硼酸溶液洗，最后用水冲洗。如果溅入眼睛内，则用硼酸溶液洗。

(5) 中毒：若吸入气体中毒，应立即到室外呼吸新鲜空气。吸入少量氯气和溴气者，可用 NaHCO_3 溶液漱口。若溅入口中尚未咽下的毒物应立即吐出来，并用水冲洗口腔；如已吞下时，应根据毒物的性质服解毒剂，然后立即送医院急救。

(6) 触电：先切断电源，然后在必要时进行人工呼吸再送医院救治。

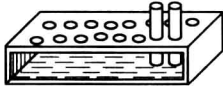
(7) 起火：实验室失火后，要立即组织灭火，同时尽快移开可燃物和切断电源，以防火势扩大。灭火的方法可根据情况而定，一般的小火用湿布、石棉布或沙覆盖燃烧物即可灭火。如火势大时可用灭火器灭火，但要注意电器设备所引起的火灾，不能用泡沫灭火器，以免触电，可选用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。若实验人员衣服着火时，应立即用石棉布或厚外衣盖熄，火势较大时，应卧地打滚。

(8) 伤势较重者，应立即送医院治疗。

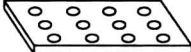
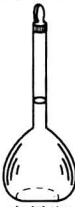
三、化学实验的常用仪器

(一) 化学实验常用仪器介绍 (表 1-1)

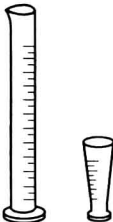
表 1-1 化学实验常用仪器

仪 器	规 格	主要用途	注意事项
 试 管	分硬质试管和软质试管 普通试管以试管口直径 (mm) × 长度 (mm) 表示。如 25 × 150、16 × 150、16 × 15 等	普通试管用作少量试剂的反应器，便于操作和观察	可以加热至高温 (硬质的)，但不能骤冷，加热时管口不能对人，且要不断移动试管，使其受热均匀。盛反应液不能超过 1/2
 试管架	有木质、铝质和塑料的等	放试管用	加热后的试管应用试管夹夹住悬放在试管架上

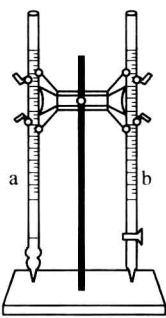
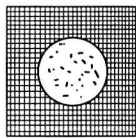
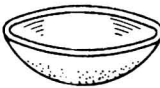
(续)

仪 器	规 格	主要用途	注意事项
 离心试管	离心试管分有刻度和无刻度两种,以容积 (cm^3) 表示,如 15、10、5 等	少量沉淀的辨认和分离	不能直接加热(可用水浴加热)
 毛 刷	以大小和用途表示,如试管刷、滴定管刷等	洗刷玻璃仪器	小心刷子顶端铁丝撞破玻璃仪器
 试管夹	由木、竹或钢丝制成	夹持试管用	防止烧损和锈蚀
 广口瓶 细口瓶	玻璃和塑料的,有无色和棕色、磨口和不磨口。以容积 (cm^3) 表示,如 1 000、500、250、125 等	细口瓶盛装液体试剂。广口瓶盛装固体试剂	不能加热,取用试剂时,瓶盖倒放在桌上,不能弄脏、弄乱。碱性物质要用橡皮塞,见光易分解或不太稳定的物质用棕色瓶
 烧 杯	玻璃和塑料的,以容积 (cm^3) 大小表示,如 1 000、400、250、100、50 等	常温或加热条件下用作反应物量大时的反应容器,反应物易混合均匀,也可用来配制溶液	加热时将杯壁擦干并放置在石棉网上,使受热均匀,可以加热至高温
 点滴板	瓷质,分白色、黑色,12 凹穴、9 凹穴、6 凹穴等	用于点滴反应,尤其是显色反应	白色沉淀用黑板,有色沉淀或者溶液用白色板
 容量瓶	以刻度以下的容积 (cm^3) 大小表示。如 1 000、500、250、100、50、25 等	用来配制准确浓度的溶液	不能受热,不得储存溶液,不能在其中溶解固体,瓶塞与瓶是配套的,不能互换

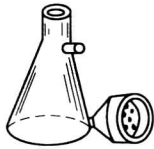
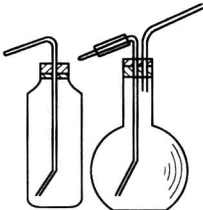
(续)

仪 器	规 格	主要用途	注意事项
 研 钵	以铁、瓷、玻璃、玛瑙制作。以口径大小表示	用于研磨固体物质。大块物质不能敲，只能压碎	不能用于加热，按固体的性质和硬度选用不同的研钵。放入量不宜超过容积的 1/3
 药 勺	由牛角、塑料制成	取固体试剂用。药勺两端各有一个勺，一大一小，根据取用试剂用量多少分别选用	取用试剂后，必须洗净，并用滤纸擦净后，才能取用另一种试剂
 称量瓶	分扁形和高形，以外径 (mm) × 高 (mm) 表示。如高形 25 × 40，扁形 50 × 30	扁形用作测定水分或干燥基准物质；高形用于称量基准物质或样品	不可盖紧磨口塞烘烤，磨口塞要原配套，不得互换
 量筒和量杯	以量度的最大容积 (cm ³) 表示。量筒：如 100、50、10、5 等；量杯：如 20、10 等	量取一定体积的液体用	不能直接加热
 漏 斗	以口径 (mm) 大小表示，分 60、40、30 等	用于过滤操作	不能用火加热
 漏斗架	木制，有螺丝可固定于支架上。可移动位置，调节高度	过滤时承放漏斗用	固定漏斗板时，不要把它倒放

(续)

仪 器	规 格	主要用途	注意事项
 滴定管和滴定管架	滴定管分碱式 (a) 和酸式 (b)、无色和棕色。以容积 (cm^3) 表示, 如 50、25 等	滴定时用, 或量取较准确体积的溶液时用。滴定管架用于夹持滴定管用	碱式滴定管盛碱性溶液或还原性溶液; 酸式滴定管盛酸性溶液或氧化性溶液。碱式滴定管不能盛放氧化剂。见光易分解的滴定液宜用棕色滴定管
 石棉网	由铁丝编成, 中间涂有石棉, 有大小之分	石棉是一种不良导体, 它能使受热物体均匀受热, 不致造成局部高温	不能与水接触, 以免石棉脱落或铁丝锈蚀。石棉脱落的不能用
 蒸发皿	有瓷、铂、石英等制品, 分有柄和无柄。以容积 (cm^3) 表示, 如 125、100、35 等	蒸发液体用, 还可以作为反应器用	可耐高温, 能直接用火加热, 高温时不能骤冷, 随液体性质不同可选用不同质地的蒸发皿
 干燥器	以外径 (mm) 表示大小。分普通干燥器和真空干燥器, 内放干燥剂	用于干燥物品用	防止盖子滑动打碎。红热的物品待稍冷后才能放入, 盖的磨口处涂适量的凡士林, 干燥剂要及时更换
 三角瓶	以容积 (cm^3) 表示, 如 500、250、150 等	反应容器, 振荡方便, 适用滴定操作	盛液体不能太多, 加热时应放置在石棉网上

(续)

仪 器	规 格	主要用途	注意事项
 布氏漏斗和吸滤瓶	布氏漏斗瓷质，以直径 (cm) 表示，如 8、6 等。吸滤瓶为玻璃制品，以容积 (cm ³) 表示，如 500、250 等。两者配套使用	用于减压过滤	不能直接加热，滤纸要略小于漏斗的内径；使用时先开抽气管，后过滤，过滤完毕后，先拔掉抽滤瓶接管，后关抽气管
 表面皿	以口径 (mm) 大小表示，如 90、75、65、45 等	盖在烧杯上防止液体迸溅或其他用途	不能用火直接加热，直径要略大于所盖容器
 泥三角	由铁丝弯成，套有瓷管，有大小之分	灼烧坩埚时，放置坩埚用，小蒸发皿加热时也可以用	灼烧的泥三角不能滴上冷水，以免瓷管破裂。选用泥三角要使搁置在上面的坩埚所露出的上部不超过本身高度的 1/3
 水浴锅	铜或铝制品	用于间接加热，也可以用于粗略控制温度实验	应选择的圈环刚好使加热器皿浸入锅中 2/3，不要让锅水烧干，用完后应将锅擦干
 洗 瓶	分塑料和玻璃。以容积 (cm ³) 表示	用蒸馏水洗涤沉淀和容器用 塑料洗瓶使用方便，卫生，故广泛使用	洗瓶不能加热
 滴 管	尖嘴玻璃管与橡皮乳头构成	吸取或滴加少量 (数滴) 或 1~2 cm ³ 试剂。吸取沉淀的上层清液以分离沉淀	滴加试剂时，保持垂直，避免倾斜，尤其忌倒立。除吸取溶液外，管尖不能接触其他器物，以免杂质玷污