

微型无机化学实验

于摇涛摇主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

微型无机化学实验 / 于涛主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2012.12

ISBN 978-7-302-32111-1

I. ①于... II. 于涛 III. 无机化学—化学实验 IV. ①O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第 242110 号

出版发行 北京理工大学出版社

社址 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮编 100071

电话 (010) 68914749 (发行部) (010) 68914749 (发行部)

网 址 <http://www.bjlu.com.cn>

电子邮箱 bjlupress@163.com

经销 全国各地新华书店

印刷 北京国马印刷厂

开本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印张 12

字数 20 千字

版次 2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

印数 1~5000 册

定价 25.00 元

责任校对 张宏

责任印制 李绍英

图书出现印装质量问题 本社负责调换

前摇摇言

无机化学实验课是化工、轻工、纺织、环保、应用化学等专业的一门基础化学实验课。作为新生入校后的第一门实践性课程，其教学目的不仅仅限于验证理论知识，更重要的是通过本门课程的教学，向学生展示科学的实验方法，训练学生的基本实验技能，培养严肃认真的学习态度，使学生逐步学会对实验现象的观察、分析、判断、推理及归纳总结，提高分析问题、解决问题和独立工作的能力。

随着教学改革的深入，我们把微型化学实验引入无机化学实验课教学中。经过多年的教学实践，开展微型无机化学实验教学不但加强和培养学生了对学生严谨科学的实验态度，强化了基本实验技能的训练，提高了单位学时的信息量，取得了预期的教学效果；同时还大幅度地降低了药品和材料的用量，为学校节省了设备开支，并能减轻环境污染。

依据教育部制定的高等工业学校无机化学课程教学基本要求，结合几年来教学改革的教学实践，吸取了一些兄弟院校的教学经验，我们编写了本册微型无机化学实验教材，并且试用多年，经过不断修订完善，现已较好地满足了当前实验教学的要求。

本教材在编写过程中，力求突出如下特点：

一、自成体系，适合做单独设课教材

无机化学实验单独设课，要求教学应自成体系。我们在教材中加入了实验原理的内容，供学生预习和复习时参考。实验原理的内容侧重于实验所涉及的基本理论和实验现象的理论解释和可能出现的反常现象的原因及处理等。

本教材精选实验 100 个，实验内容分为五类：实验基本操作常识；基本操作与技能训练；用光、电仪器测定特征常数；元素及化合物性质；无机化合物的提纯、制备；综合、设计性实验。同时在附录中提供了实验中需要的有关数据。

二、启迪思维，注重学生能力培养

为了克服“照方抓药”的弊端，在每个实验内容中除了明确目的要求外，还根据每次实验需要完成的教学任务编入了“预习必答”，让学生在每次实验前对本次实验的原理、内容以及操作细节都做到心中有数，提高学习的主动性，把实验课作为实践尝试和探索知识的机会。为配合学生课后复习，加入了引导学生归纳总结、推理提高的复习思考题。

三、结合实际，拓宽学生知识面

学生经过一段实验技能的基本训练后，需要一个发展自己才智，独立完成某项任务的机会。在综合、设计性实验内容中，选择了有一定实用性的小课题，包括两篇外文实验原文，要求学生自己查阅有关资料，设计实验方案，在教师指导下完成。进一步培养学生的分析思考和动手能力，加深和巩固课堂教学内容。

四、精简实用，注重基础技能训练

本教材选用的实验力求具有代表性，不求多，只求精，避免实验过程简单重复，实验内容考虑到学科发展以及基础实验能力培养的要求，同时，注重与理论教学有机结合，所选实验基本涵盖了无机化学实验中的基本实验操作和技能训练，在有限的实验学时中，让学生掌

握和了解更多的实验技能和相关知识。

本书由于涛担任主编和统稿，赵才担任主审，杨敏丽、陈兰菊、葛战勤、杨晓东、李立等分别参与了第二章、第三章、第四章、第五章、第六章的编写和校对工作。

本教材是在多年教学实践中集体研究的基础上编写的，在这里我们非常感谢这么多年来为开展和探索微型无机化学教学付出辛勤劳动的许荣玉、李银峰、钮永锋等老教师，同时在编写过程中得到作者所在单位和同行专家的大力支持和帮助，在此一并致谢。

限于编者水平，疏漏和欠妥之处，请多指正，我们将继续不断完善和充实实验教材内容。

编摇者 摇摇
圆园园年 缘月

目摇摇录

第一章摇实验基本操作和基本常识	(员)
摇第一节摇无机化学实验基本操作	(源)
摇摇一、无机化学实验常用仪器介绍	(源)
摇摇二、常用仪器的洗涤和干燥	(缘)
摇摇三、加热方法	(缘)
摇摇四、液体试剂体积的量度	(远)
摇摇五、试剂的取用和溶液的配制	(苑)
摇摇六、称量	(怨)
摇摇七、气体的发生、净化、收集	(员园)
摇摇八、蒸发、结晶及固液分离	(员园)
摇摇九、试纸的使用	(员源)
摇第二节摇怎样做好无机化学实验	(员缘)
摇摇一、明确实验的意义和目的	(员缘)
摇摇二、掌握学习方法	(员缘)
摇摇三、遵守实验规则	(员远)
摇摇四、注意实验安全	(员苑)
摇摇五、实验室的应急处理	(员愿)
摇第三节摇如何写好实验报告	(员怨)
摇摇一、误差的概念、有效数字和作图法简介	(员怨)
摇摇二、实验报告的书写格式和要求	(圆园)
第二章摇基本操作与技能训练	(圆缘)
摇实验一摇酒精喷灯的使用和玻璃管、棒的加工	(圆苑)
摇实验二摇分析天平的使用	(猿园)
摇实验三摇摩尔气体常数的测定	(猿猿)
摇摇附：圆缘型水银气压计使用说明	(猿缘)
摇实验四摇化学反应速率和活化能	(猿苑)
摇实验五摇化学反应热效应的测定	(源园)
摇实验六摇银氨配离子配位数的测定	(源缘)
第三章摇用光、电仪器测定特征常数	(源怨)
摇实验七摇费习法测定醋酸电离常数	(缘)
摇摇附：孕杂型酸度计使用说明	(缘圆)
摇实验八摇电导率法测定硫酸钡溶度积	(缘源)
摇摇附：孕杂型电导率仪及其使用方法	(缘远)

摇实验九摇化学平衡常数的测定	(缘苑)
摇摇附：摇大型分光光度计的使用方法	(缘怨)
摇实验十摇原电池电动势和电极电势的测定	(远)
第四章摇元素及化合物性质	(远缘)
摇实验原理综述 (员)	(远苑)
摇实验十一摇主族元素	(苑)
摇实验十二摇常见阴离子的分离与鉴定	(苑苑)
摇实验十三摇过渡金属元素	(愿)
摇实验十四摇常见阳离子的分离与鉴定	(愿愿)
第五章摇无机化合物的提纯、制备	(怨猿)
摇实验原理综述 (圆)	(怨缘)
摇实验十五摇试剂氯化钠的提纯	(怨苑)
摇实验十六摇由含铜原料制取硫酸铜	(员园)
摇实验十七摇硫酸铜的提纯	(员园)
摇实验十八摇利用废干电池的锌皮制锌钡白	(员源)
摇实验十九摇过氧化钙的制备及含量分析	(员远)
摇实验二十摇硫酸铝的制备	(员怨)
第六章摇综合、设计性实验	(员员)
摇实验二十一摇由废干电池中的 酞酐 制取 亚酞酐	(员员)
摇实验二十二摇硫酸亚铁和硫酸亚铁铵的制备	(员缘)
摇实验二十三摇三草酸合铁 (III) 酸钾的制备	(员苑)
摇实验二十四摇用废铁屑制备三氯化铁	(员园)
摇实验二十五摇从印制电路腐蚀液回收硫酸铜	(员员)
摇实验二十六摇外文实验 (一)	(员圆)
摇实验二十七摇外文实验 (二)	(员缘)
附录	(员苑)
摇摇一、常见元素的原子量表	(员苑)
摇摇二、常用酸、碱的浓度	(员苑)
摇摇三、园~ 员园益水的饱和蒸汽压	(员愿)
摇摇四、难溶电解质的溶度积常数	(员怨)
摇摇五、弱电解质的电离常数 (圆益)	(员)
摇摇六、标准电极电势	(员)
摇摇七、部分配离子的不稳定常数	(员)
摇摇八、常见离子和化合物的颜色	(员)
摇摇九、无机化学常用试剂的配制	(员)

第一章 摇实验基本操作和基本常识



内容简介：本章内容主要为学生在进入实验室，学习无机化学实验以前做准备，主要包括无机化学实验的常用仪器介绍，使用方法，注意事项等；无机实验的基本实验操作和实验技能，操作要求以及制备、分析和鉴定技术等；学习无机化学实验的建议和要求，基本的实验室安全卫生常识以及怎样学习本课程、做好实验和写好实验报告等。

部分常见无机化学实验仪器



试管

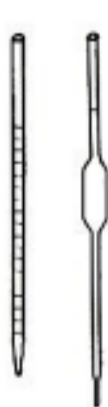
离心试管

滴管

试管刷

锥形瓶

烧杯



吸量管

移液管



容量瓶



细口瓶



广口瓶



量筒



普通漏斗



抽滤漏斗



抽滤瓶



酒精灯



蒸发皿 三角架



坩埚



坩埚钳



石棉网



洗瓶



研钵



干燥器

第一节摇无机化学实验基本操作

一、无机化学实验常用仪器介绍

在无机化学实验课开课前，实验室教师为每位学生配齐一套常用的微型无机化学实验仪器（此套仪器在使用期间归学生个人保管，期末交回）并配合录像教学，使学生对常用仪器的使用操作有一个初步的认识和了解。无机化学实验常用仪器以玻璃仪器为主，这些玻璃仪器一般按用途可分为容器类（烧杯、试管等）、量器类（移液管、量筒等）和特殊用途类（如干燥器、漏斗等），按性能可分为可加热类（如试管、烧杯等）和不可加热类（如容量瓶、表面皿等）。

① 试管：是实验室内性质实验最常用的反应容器。由硬质玻璃制成，可在酒精灯上加热，加热温度一般不超过 300°C 。

② 离心试管：下部呈锥型的试管，配合离心机使用，用于固、液的离心分离。不能用于加热。

③ 烧杯：是实验室内最常用的容器。容积可有 50 mL 、 100 mL 、 250 mL 、 500 mL 、 1000 mL 等各种规格，可用于配制溶液等。可以在电炉或酒精灯上（必须加垫石棉网）加热。

④ 石棉网：被加热器皿与火源间的隔离层，可使被加热器皿受热均匀，不易被损坏。

⑤ 吸管：移取少量液体试剂时使用。有刻度的吸管可定量吸取少量液体。

⑥ 细口瓶：贮存液体试剂用，一般是磨口瓶盖。（当贮存浓碱时不能用磨口瓶盖）有无色和棕色两种，棕色瓶用于贮存需避光保存的药品。

⑦ 广口瓶：贮存固体试剂用，也有无色和棕色两种。

⑧ 毛刷：用于清洗玻璃器皿内壁，有试管刷、滴定管刷，大毛刷等。

⑨ 蒸发皿：瓷质，用于加热、浓缩、结晶操作，可直接在酒精灯或电炉上加热。

⑩ 滴瓶：用于贮存经常取用的少量液体试剂，有无色和棕色两种。

⑪ 洗瓶：内贮蒸馏水（或去离子水）用于冲洗器皿。

⑫ 漏斗：使用滤纸进行固、液分离操作。

⑬ 吸滤装置：由布氏漏斗和吸滤瓶构成，可进行减压过滤。

⑭ 酒精灯：用于加热试管或烧杯。

⑮ 试管夹：用于夹持试管在酒精灯上加热。

⑯ 电炉：被加热物体需加热较高温度或加热时间较长时使用。

⑰ 量筒：用于量取液体的量具，有 5 mL 、 10 mL 、 25 mL 、 50 mL 、 100 mL 等数种规格。

⑱ 容量瓶：准确量度溶液体积的量具，一般用于标准溶液的配制。

⑲ 移液管：准确量取溶液体积的量具。

⑳ 干燥器：贮存易吸湿的试剂的容器，隔板下放干燥剂（浓 H_2SO_4 、 P_2O_5 等）。

㉑ 滴定管：用于容量分析滴定操作，有酸式和碱式两种，也有无色和棕色之分。

㉒ 点滴板或井穴板：做微量性质实验时使用。可同时平行做数个实验。

㉓ 水浴锅：被加热物要求受热均匀而温度又不超过 100°C 时，用水浴加热。一般是铜制，附带一套大小不同的同心圆的环形盖。无机实验中常用大烧杯代替水浴锅。

摇摇二、常用仪器的洗涤和干燥

仪器的洗涤

化学实验中使用的玻璃器皿在使用前必须清洗干净，以保证实验得到正确结果。洗涤方法如下：

(员) 水洗和刷洗

① 振荡水洗：在玻璃仪器内，倒入约占总容积 员猿 的自来水，稍用力振荡片刻，倒掉。重复 圆~猿 次。

② 毛刷刷洗：用毛刷蘸少量去污粉、肥皂粉刷洗仪器（由外到里），每次刷洗用水不必太多。刷至仪器洁净后，用自来水冲洗干净。

③ 蒸馏水或去离子水漂洗：用自来水洗净的仪器，还需用蒸馏水（或去离子水）漂洗 圆~猿 次，洗净的仪器应透明、不挂水珠。

(圆) 玻璃仪器上化学物质的清洗

有时由于反应物质附着在仪器壁上，用毛刷也难于刷洗干净，应通过试剂相互作用把这些物质转化为可溶性物质洗去。例如：铁盐引起的黄色污染可加入稀盐酸或稀硝酸溶解片刻；使用高锰酸钾后的沾污可用草酸溶液洗去；粘在器壁上的二氧化锰可用浓盐酸处理；银镜反应黏附的银或有铜附着时，可加入硝酸后加热。

仪器的干燥

① 倒置晾干：将洗净的仪器倒置在滴水架上任其滴水晾干。

② 热（冷）风吹干：如急需尽快干燥，可用电吹风或冷热风干燥器直接吹干。带有刻度的计量仪器 and 移液管、容量瓶等不能用高温加热的方法干燥，可用冷吹风。

③ 加热烘干：洗净的仪器可放在烘箱〔见图 员原员 (葬)〕中烘干（控温 员圆缘 左右），放入烘箱前应尽量把水倒干。能加热的仪器如烧杯、蒸发皿等可置于石棉网上用小火烤干，容器外壁的水滴应先擦干。试管可直接用小火烤干，但必须试管口向下倾斜，防止水珠倒流炸裂试管，火焰不宜集中一个部位，应从底部开始，缓慢移至管口，并左右转动（试管口始终向斜下方），直至烘烤到无水珠，最后将试管口向上赶尽水汽。

摇摇三、加热方法

实验室内常用的加热器皿有烧杯、烧瓶、蒸发皿、试管等。这些器皿能承受一定的温度，但不能骤热或骤冷。因此，在加热前必须将器皿外壁的水擦干，开始加热时，应尽可能使用小火和弱火，加热后不能立即与潮湿物体接触。

(员) 加热烧杯、烧瓶中的液体

在烧杯、烧瓶等玻璃仪器中加热液体时，玻璃仪器必须放在石棉网上，以防止受热不均而破裂。液体体积不超过烧杯容积的 员圆，烧瓶的 员猿 加热含较多沉淀的液体，或需蒸干时，应用蒸发皿。

(圆) 加热试管中液体

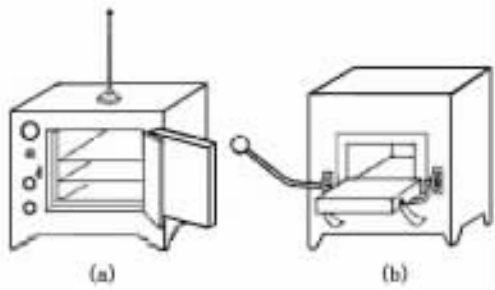


图 员原员 电烘箱和马福炉
(葬) 电烘箱；(遭) 马福炉

加热时用试管夹夹持试管上部，以手腕关节缓缓摇动。不要集中加热某一部分，并注意试管口不得对着人或危险品的方向，液体量不超过试管容积的 $\frac{2}{3}$ 。

(獐) 加热试管中的固体

加热试管中的固体时，必须使试管口稍向下倾斜，以免凝结的水珠倒流回灼热的试管底，而使试管炸裂。

(源) 坩埚的加热

高温加热或熔融固体时，根据原料不同可选用不同材质的坩埚（如瓷质坩埚，石墨坩埚或金属坩埚）。加热时，将坩埚放在泥三角上，用酒精喷灯的氧化焰灼烧，先小火，后强火。若需灼烧较高温度或固定温度，应将坩埚置于马福炉〔见图 员原员(遭)〕中进行强热。

(缘) 水浴和砂浴

① 水浴：当被加热物质要求受热均匀而温度又不超过 100°C 时，可用水浴加热。水浴是在浴锅中加水（不超过容积的 $\frac{2}{3}$ ）将要加热的器皿浸入水中（但不能触及底部），就可在一定温度（或沸腾）下加热。若被加热器皿并不浸入水中，而是通过水蒸气加热，则称之为水蒸气浴。无机实验中常用大烧杯代替水浴锅。

② 砂浴：当被加热物质要求受热均匀而温度高于 100°C 时，可用砂浴。它是一个盛有均匀细砂的平底铁盘，铁盘下有电热丝。操作时可将器皿欲加热部分埋入砂中，若要测量加热温度，必须将温度计水银球部分埋在靠近被加热器皿处的砂中，根据温度控制加热。

摇摇四、液体试剂体量的量度

实验室中用于量度液体体量的量具有：量筒、移液管、吸量管、滴定管及容量瓶等。其规格是以最大容量为标志，常标有使用温度，不能用于加热，更不能用作反应容器。读取液体体积时，视线应与容器弯月形液面的最低处保持水平。

员援量筒、量杯

用于液体体量的量度。

圆援移液管、吸量管

移液管用于准确地移取一定体量的液体。使用方法：右手拇指和中指捏住移液管上端，将其下端伸入液面下约 1cm 处，左手用洗耳球（先排出其中空气）将液体吸入移液管至刻度线以上 1cm 处，立即用右手食指按住管口，然后以拇指和中指转动管身，使管中液面平稳下降，直至液面弯月面最低处与刻度线水平相切时，立即按紧食指，取出移液管至容器中。将移液管尖端紧靠盛器内壁，使盛器稍倾斜而移液管保持直立，放开食指使液体自然下流，待液体流完后，停留 15s 再移开移液管。注意若移液管上标有“吹”或“快”字，则应将留在管端的液体吹入盛器。

移取少量或非整数体量的液体时，可用标有分刻度的吸量管。使用方法与单刻度移液管相同。

移液管和吸量管在使用前应依次用洗液、自来水、蒸馏水洗至内壁不挂水珠，再用少量被取溶液洗 $3\sim 5$ 次。

猿援容量瓶

容量瓶用作配制准确浓度溶液的量具。通常经准确称量的溶质应先在烧杯中用少量的水完全溶解，然后按图 员原圆所示移入容量瓶中，再用少量蒸馏水将烧杯、玻璃棒淋洗 $3\sim 5$ 次。

次，并将淋洗液也转移至容量瓶中，最后加水准确稀释至刻度线，塞紧瓶盖，用右手食指按住瓶盖，左手手指托住瓶底，将容量瓶反复倒置并摇动数次，以保证溶液浓度完全均匀。

源 滴定管

滴定管是能够滴放微量液体，准确连续量取液体体积的量器。分酸式和碱式两种。

(员) 检漏、洗涤

滴定管在使用前应先进行检查是否漏液，是否开关自如，再依次用自来水、蒸馏水洗至内壁不挂水珠，最后用少量待盛液洗涤圆~猿次或先行干燥再装液。

(圆) 装液、逐泡

溶液加至刻度“园”以上，开启活塞或挤压玻璃球珠，把管内液面的位置调节到刻度零或略低于零。滴定管下端不应有气泡，若有气泡，如果是酸式滴定管，可使滴定管倾斜，开启活塞，气泡就容易被流出的溶液冲出；如是碱式滴定管，可把橡皮管稍向上弯，挤压玻璃球珠，气泡也可逐出〔见图 员原猿(葬)〕。

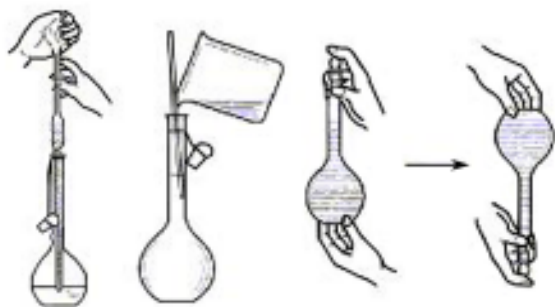


图 员原猿 转移液管和容量瓶的使用

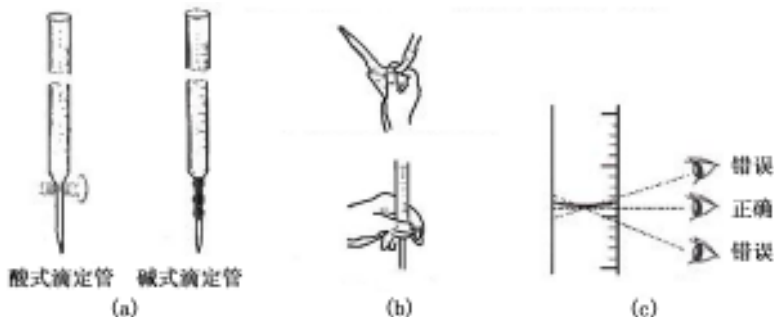


图 员原肆 滴定管的使用

(葬) 碱式滴定管逐去气泡手法；(遭) 酸式滴定管滴液手法；(糟) 滴定管读数

(猿) 操作

使用酸式滴定管时，一般用左手控制活塞，将滴定管卡于左手虎口处，用拇指与食指、中指转动活塞，并将活塞轻轻按住，防止在转动过程中因活塞松动而漏液。使用碱式滴定管，则用食指和拇指（左手）拉或挤压紧贴玻璃珠稍上方的胶管，使管内形成一条窄缝，液体即自管嘴处流出〔见图 员原肆(遭)〕。

(源) 读数

读数时，滴定管要垂直放置，待溶液稳定员~圆皂后，使视线与液面保持在同一水平高度，读取与弯月面最低处相切的刻度〔见图 员原肆(糟)〕。如弯月面不清晰，可在滴定管后面衬一张白纸，便于观察。

摇摇五、试剂的取用和溶液的配制

员 试剂的级别

化学试剂的规格一般以试剂中所含杂质量的多少来划分的，可分为四个等级，其规格和

表 员原员 摇化学试剂规格和适用范围

等级	符号	名称	标签颜色	适用范围
一级	优级纯	优级纯	绿色	适用于精密分析工作和科学研究工作
二级	分析纯	分析纯	红色	适用于大多数质量分析工作和科学研究
三级	化学纯	化学纯	蓝色	适用于一般分析工作
四级	实验纯	实验纯	棕色或其他颜色	适用于辅助试剂

此外，还有生物纯试剂（**生**），瓶签一般为黄色，光谱纯试剂（**光**），主要用作光谱分析中的标准物质，基准物等。在无机化学实验中，一般说来，化学纯级的试剂已够用，只有在个别实验中才使用分析纯级别的试剂。

圆试剂的取用

（员）液体试剂的取用

液体试剂通常盛放在细口试剂瓶中。见光易分解的试剂如硝酸银等，应盛放在棕色瓶中。每个试剂瓶上 都必须贴上标签，并标明试剂的名称、浓度和纯度。强碱性试剂液体应选用软木或橡皮瓶塞。

① 从细口试剂瓶中取用试剂：取下瓶塞把它仰放在台上，用左手的大拇指、食指和中指拿住盛器（如试管、量筒等），用右手拿起试剂瓶（注意使试剂瓶上的标签对着手心），倒出所需量的试剂。倒完后，应将试剂瓶口在盛器上靠一下，不使试剂瓶口残留液滴，再使试剂瓶竖直。取出试剂后，应立即将试剂瓶盖盖好，放回原处（见图 员原员）。

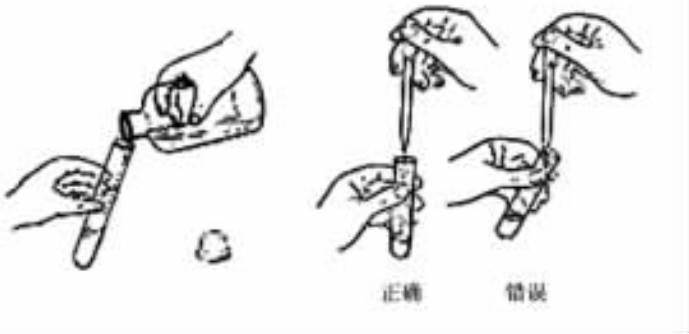


图 员原员 摇液态试剂的取用

② 从滴瓶中取用少量试剂：使用时，提起滴管使管口离开液面，用手捏紧滴管上部橡皮滴头，赶出滴管中的空气，然后把滴管伸入液面下，放开手指，吸入试剂，再垂直提起滴管，将试剂滴入试管或烧杯中，随即将滴管插回原试剂瓶（切勿插错）。绝对禁止将滴管伸进试管，更不允许用自己的滴管到滴瓶中取试剂，以免污染试剂。

（圆）固体试剂的取用

固体试剂通常存放在广口瓶中，用药匙取用。药匙的两端为大小两个匙，取大量固体时用大匙，取少量固体时用 小匙，（向试管中加固体试剂时，必须用小匙）（见图 员原员）。使

用的药匙必须干燥、洁净。取出固体试剂后应立即盖紧原试剂瓶盖，不慎多取出的药品不可倒回试剂瓶。



图 员原缘 固体药品的取用

猿爱溶液的配制

试剂溶液的配制一般是指把固体试剂溶于水（或其他溶剂）配制成溶液或把液态试剂稀释为所需溶液。

配制试剂前先算出配制一定量溶液所需固体的质量，然后在经称量的固体中加入计量的溶剂，使之溶解，搅拌均匀。一般定性实验使用的溶液，用台秤称量，量筒量体积即可。若用于定量测定，则需用分析天平称量，用容量瓶量度体积。

摇摇六、称量

实验室中常用的称量器具有台秤和分析天平。

员爱台秤

台秤又称架盘天平或盘式天平（见图 员原远），感量一般在 员园~ 缘园早，最大称量有 员园早、缘园早、员园园早等数种，用于精度不很高的称量。

使用前，先将游码拨至刻度尺左端“园”处，观察指针摆动情况，如果指针在刻度盘上左右摆动相等，即表示台秤可以使用；如果左右摆动偏差较大，则应调节平衡螺母，使左右摆动几乎相等，方可使用。

被称量物品放在左盘，砝码用专用镊子夹放在右盘，先加大砝码，后加小砝码，最后（员早以内）用游码调节，至指针左右两边摇摆几乎相等时为止。

称量后，把砝码放回盒内，将游码退至“园”处，取下盘上物品。

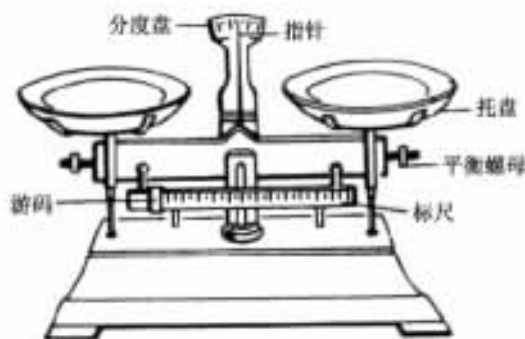


图 员原远 台秤

圆爱分析天平（电光天平）

分析天平一般是指能够称量万分之一克的天平。分析天平的种类很多，有阻尼天平、半机械加码光电天平（见图 员原苑）、全机械加码光电天平等。

分析天平的主要部件是铝合金制成的三角形横梁，梁上装有 猿把三棱形的玛瑙刀，其中一把装在横梁中间，刀口向下，称为支点刀。在支点刀的两侧等距离处装有两把刀口向上的玛瑙刀，称为承重刀。支点刀放在一玛瑙平板的刀承上。这三支刀口的棱边完全平行，并位于同一水平上。

承重刀上面分别挂两个吊耳（或秤蹬），吊耳下各挂一个天平盘，可分别放砝码和被称物。为了尽快地使天平静止，提高称量速度，在天平盘上面装有两个阻尼器。阻尼器是由两个铝盒组成，内盒比外盒直径稍小一点，正好套入，并保持其间隙均匀，没有摩擦。当横梁摆动时，由于盒内空气的阻尼作用使横梁较快地停止摆动而达到平衡。

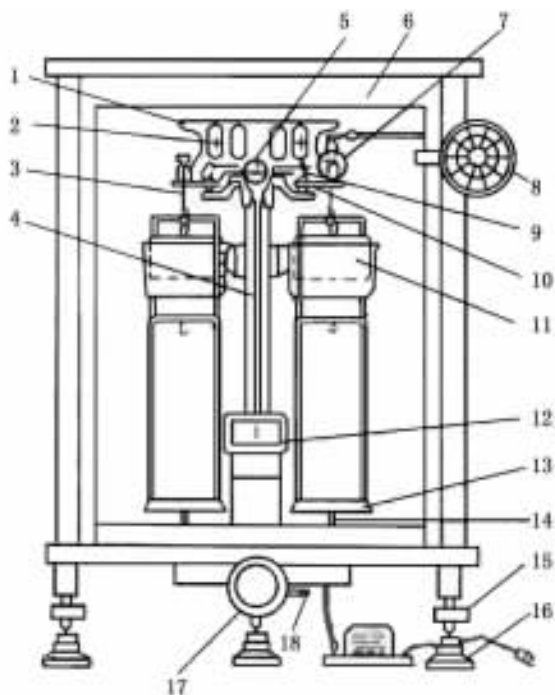


图 员原 摇半自动电光分析天平

员—天平梁；圆—平衡螺丝；猿—吊耳；源—指针；缘—支点刀；远—框罩；苑—圈码；愿—圈码指数盘；怨—支柱；员园—托梁柱；员员—空气阻尼器；员圆—投影屏；员猿—天平盘；员源—盘托；员缘—螺旋脚；员远—脚垫；员苑—升降旋钮；员愿—零点微调杆

为便于观察天平横梁的倾斜程度，在梁中间装有一根指针，指针下端装有一微量标尺，通过光学投影装置将微量标尺上的刻度线投影到投影屏上，从投影屏上可直接读出 园员~ 员圆 早 以内的质量值。

为防止气流、灰尘、水蒸气等对天平的影响，将天平组装在玻璃匣内，左右各有边门，供取放被称物和砝码时启用的。前门只在安装或修理时才准使用。

每台天平有一盒专用砝码。员早 以上的砝码用铜合金或不锈钢制成。每个砝码均按一定的次序放在砝码盒中，一般是采用缘, 圆, 圆, 员的组合排列。即 缘早, 圆早, 圆早, 员早, 缘, 圆, 圆, 员, 员早 取放砝码必须用镊子，不能直接用手去拿。员早 以下的砝码是“○”型，称圈码或称环码，环码分别挂在加码钩上。使用时利用圈码指数盘

（见图 员原 愿），可将 员早~ 怨早 范围的环码加到承受架上。（半机械加码）

（员）半机械加码电光天平的称量方法

① 零点调整：电光天平的零点应调整到投影屏的“园”处。慢慢开启天平旋钮，观察天平在不载重时投影屏上的标线是否与刻度牌上的零点重合，如不重合，可拨动旋钮附近的零点微调杆。如零点偏离太大，则需请教师帮助调节平衡螺丝。

② 称量方法：将被称量物放在左盘上，砝码放在右盘。员早 以上砝码从砝码盒中取用，员早 以下砝码通过转动指数盘按从大到小，中间截取的方法加码。员早 早 以内，可从投影屏指示的分度读出。平衡后，克组砝码、指数盘刻度数及投影屏上的读数之和即为物质的质量。

天平使用完后，必须关闭旋钮，使天平梁托住，将砝码归位，圈码指数盘回零。

（圆）使用天平的注意事项

分析天平是一种精密而贵重的仪器，为了爱护国家财产并使称量能获得准确的结果，使用时应遵守下列各项规则。

① 在天平盘上放置和取下物品、砝码时，都必须先把天平梁托起，否则易使刀口损坏。

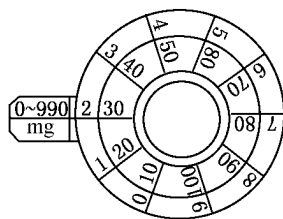


图 员原 愿 圈码指数盘

用升降旋钮托起或放下天平梁时，应小心缓慢，切不可猛开猛关。如指针已摆出标牌外，应立即托住天平梁，加减砝码后，再进行称量。称量时，必须把天平门关好。

② 热的物品不能放在天平盘上称量，因受热空气膨胀，上升的气流将使称量结果不准确，天平梁也会受热膨胀影响臂长而产生误差，因此，热的物体必须放干燥器内冷却至室温后再进行称量。

③ 具有腐蚀性或吸湿性的物体，必须放在密闭容器内称量。

④ 分析天平的砝码，都有其固定的质量。取放砝码必须用镊子夹取，不得用手直接拿取，以免弄脏砝码，使质量不准确。砝码都应放在砝码盒中固定的位置上。称量结果可根据砝码盒中空位记录下数值，然后将天平盘上砝码放回盒中，再核对一遍。

⑤ 为减小称量误差，在做同一实验时，所有称量要使用同一台天平和同一组砝码。

⑥ 称量完毕后，必须检查天平梁是否托起，砝码是否复原，环码旋钮是否回零，边门是否关好，然后罩好天平。

摇摇七、气体的发生、净化、收集

员媛气体的发生

实验室中常使用启普发生器使液体和固体在常温下作用，以制备气体。例如用锌和稀盐酸作用以制备氢气，用大理石与盐酸作用以产生二氧化碳，用硫化亚铁与盐酸作用以制备硫化氢等。

启普发生器（见图 员媛怨）是由一个葫芦状的玻璃容器和球形漏斗组成。参加反应的固体（悦葬的，云藻，在士等）盛放在中间圆球内，可在狭缝处放些玻璃丝来承受固体，以免固体落入底部。酸从安全漏斗经球形漏斗注入。使用时，只需打开活塞，由于中间球体内压力降低，酸液即从底部通过狭缝上升到玻璃容器，与固体接触而产生气体。停止使用时，关闭活塞，由于产生的气体使中间压力增加，会把酸压回球形漏斗，酸和固体不再接触而停止反应。下次使用只要打开活塞即可。

启普发生器不能加热，装入的固体必须是较大的颗粒状。所以制备 韵，藻等不能使用，可采用另一种发生气体的装置（见图 员媛园）。

在实验室中，当需用较大量某种气体时，也可使用气体钢瓶。如氧气、氮气、氩气、二氧化碳和二氧化硫等钢瓶。使用时，通过减压阀来控制气体流量。



图 员媛怨 启普发生器
摇员-球形漏斗；圆-玻璃容器；猿-活塞

圆媛净化 and 干燥

实验室中发生的气体常常带有杂质和水汽，为了得到比较纯净的气体，可让发生出来的气体先经过洗气瓶，然后再通过浓硫酸吸去水分。对于具有还原性或碱性的气体，则不能用浓硫酸来干燥，它们可选用无水氯化钙或氢氧化钠固体来干燥。根据杂质不同，可选用不同的洗涤试剂，例如氢气中夹杂的硫化氢、砷化氢等可用高锰酸钾溶液、醋酸铅溶液除去。

猿媛气体收集

根据气体在水中的溶解度及密度的不同，收集气体的方法也不相同。



图 员媛园 发生气体装置

(员) 排水集气法

在水中溶解度很小的气体，如氢气、氧气、氮气等，可用本法收集。

(圆) 排气集气法

在水中溶解度较大的气体，根据其密度大小可分别采取瓶口向下的排气集气法（如氨气等比空气轻的气体）和瓶口向上的排气集气法（如氯气、二氧化碳等比空气重的气体）。

摇摇八、蒸发、结晶及固液分离

在无机制备中，经常要进行蒸发、结晶、固液分离等基本操作。现简述如下：

员援蒸发、浓缩和结晶



图 员援员 蒸发操作

当要从较稀的溶液中析出其溶质的晶体时，必须通过加热使一部分溶剂不断气化而使溶液不断浓缩，蒸发到一定程度后冷却，就会有溶质结晶析出（见图 员援员）。当物质的溶解度较大时，必须蒸发到液体表面出现结晶膜时才可停止，这样冷却后结晶易析出。若是物质的溶解度比较小或物质溶解度随温度变化较大时，则不必将溶液蒸发得很浓即可冷却、结晶。析出晶体的颗粒大小往往与结晶条件有关。若溶液的浓度较高，溶质的溶解度较小，而冷却速度较快，那么析出的晶体颗粒就较细小，反之，若将溶液慢慢冷却或静置，则可得到较大颗粒的晶体。

第一次结晶出的物质往往含有较多的杂质，若欲得到纯度较高的晶体，可在产生的晶体中加进适量的蒸馏水，令其溶解，然后再蒸发、结晶，这样即可得到较纯净的结晶。这种操作过程称为重结晶。

圆援固、液分离及沉淀洗涤

常用的固、液分离方法有：倾析法、过滤法和离心分离。

(员) 倾析法

当溶液中析出的固体颗粒较大时，静置后，固体容易沉降至容器底部，可用倾析法进行分离和洗涤。操作时将静置后沉淀物上层的清液倾入另一容器，即可使沉淀物（固）和溶液分离。若沉淀需要洗涤，可向倾去清液的沉淀中加入洗涤液，充分搅动，然后静置使沉淀沉降，同上法将清液倾出，再向沉淀中加洗涤液，如此反复数次，至沉淀洗净为止（见图 员援圆）。



图 员援圆 倾析操作

(圆) 过滤法

过滤是最常用的一种固、液分离方法。过滤时，沉淀留在过滤器上，而溶液通过过滤器进入接受器中。过滤可分常压过滤、减压过滤和热过滤三种。

① 常压过滤：实验室内用普通漏斗和滤纸过滤。过滤前先将滤纸折两次，再根据漏斗大小剪成扇形，将滤纸展开成圆锥形，一边三层一边一层（见图 员援猿），放入漏斗中，要使滤纸紧贴漏斗壁，用洗瓶中少量蒸馏水湿润滤纸，轻压滤纸四周，赶去里面的气泡（滤纸的上边沿应低于漏斗的边沿）。

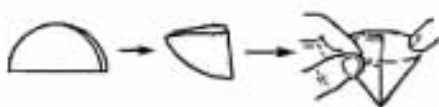


图 员援猿 滤纸折叠操作