



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

无机化学实验

（供药理学类及医学检验专业用）

朱 玲 徐春祥 主编



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

无机化学实验

(供药学类及医学检验专业用)

朱 玲 徐春祥 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部全国高等学校教学研究中心“21世纪中国高等学校医药类专业数理化基础课程的创新与实践”国家级课题的研究成果。是根据各参编院校历年无机化学实验教学实践并在参考国内外有关实验教材的基础上结合规划提出的新要求而改编的。内容主要包括无机化学实验的基本知识、无机化学实验的基本操作、30个实验和附录等内容,各院校可根据实际情况斟酌取舍。

本书可作为高等医学院校药学、医学检验等专业的无机化学实验教材,也可供各类高等学校相关专业及有关科技人员选作教材或学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/朱玲,徐春祥主编. —北京:高等教育出版社,2005.5

供药学类及医学检验专业用

ISBN 7-04-016698-4

I. 无... II. ①朱... ②徐... III. 无机化学—化学实验—高等学校—教材 IV. 061-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 024408 号

策划编辑 郭新华 责任编辑 周传红 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京东光印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	2005年5月第1版
印 张	11.5	印 次	2005年5月第1次印刷
字 数	210 000	定 价	12.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16698-00

前 言

为了适应 21 世纪我国高等医药教育事业的发展和药学、医学检验等专业无机化学实验改革的需要,进一步提高高等医药院校药学、检验专业无机化学实验的教学水平,我们在总结多年实验教学经验的基础上合编了这本教材。本书可供高等医药院校的药学、医学检验等专业的学生使用,也可供从事无机化学实验教学的教师参考。

无机化学是一门实践性很强的学科。通过无机化学实验教学,可以使學生熟练地掌握化学实验的基本操作技能,加深对无机化学基本理论的理解,为医药院校学生参加科学研究打下良好基础。

这次编写工作是依据各参编院校历年的无机化学实验教学实践和参考国内外有关实验教材的基础上完成的。为了增加学生的实验基础知识,本书编写了“无机化学实验的基本操作”和“无机实验的精密仪器”等内容,比较系统地介绍了无机化学实验中常用器皿和仪器的性能及使用方法。全书共编写了 30 个实验,各校可根据实际情况酌情取舍。

为了培养学生灵活运用所学理论及实验知识,独立分析和解决问题的能力,本书还编写了 2 个设计实验,由学生针对指定的或自选的实验题目,根据所学无机化学的理论及实验知识,查阅有关文献,独立地设计实验方案,并进行实验。

本书由朱玲、徐春祥主编。参加编写工作的有海南医学院郭玲,长春中医药大学孙瑞岩,河北医科大学丁里玉,大连医科大学刘有训、徐恒瑰,西安交通大学何西利,黑龙江大学左霞,福建医科大学戴伯川,中南大学曾小玲,兰州医学院武世界,齐齐哈尔医学院刘亚琴,北华大学陈彪,齐齐哈尔大学王淑芬,赣南医学院李青松,哈尔滨医科大学大庆校区张林娜,天津医科大学于丽,首都医科大学王桥,宁夏医学院马智兰,青岛大学李珊,桂林医学院秦秀英,泰山医学院赵福岐,哈尔滨医科大学徐春祥、朱玲、齐炜。哈尔滨师范大学马慧媛、张晓蕊预做了全部实验。

本书在编写过程中,参考了一部分已正式出版的高等学校的教材和著作,从中借鉴了许多有益的内容,特向有关教材的作者和出版社表示感谢。

本书主审东北师范大学王恩波教授,提出了很多宝贵的建议和修改意见,对提高编写质量起了很大的作用;高等教育出版社理科分社化学化工策划部主任岳延陆编审对本书的出版给予了大力支持;责任编辑周传红为本书进行细致地编辑加工,付出了辛勤劳动,在此一并表示感谢。

全书采用了以国际单位制(SI)为基础的中华人民共和国法定计量单位。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正,以便再版或重印时改正。

编者

2004年9月

目 录

实验室规则	1
实验室安全守则和意外事故处理	2
无机化学实验测定实验报告	4
无机化学实验制备实验报告	5
无机化学实验性质实验报告	6
无机化学实验的基本操作	7
无机化学实验的精密仪器	34
实验 1 氯化钠的提纯	62
实验 2 硫代硫酸钠的制备	65
实验 3 离子交换法净化水	67
实验 4 酸碱解离平衡和沉淀-溶解平衡	72
实验 5 氧化还原反应	77
实验 6 配位化合物	82
实验 7 凝固点降低法测定葡萄糖的摩尔质量	85
实验 8 化学反应速率和活化能的测定	88
实验 9 分析天平称量练习	91
实验 10 酸碱标准溶液的配制与标定	93
实验 11 醋酸解离常数的测定	96
实验 12 离子交换法测定 PbI_2 的标准溶度积常数	99
实验 13 磺基水杨酸合铜(II)的组成和标准稳定常数的测定	102
实验 14 氯化铵摩尔生成焓的测量	105
实验 15 氯化六氨合钴(III)的制备和组成的测定	109
实验 16 吸光光度法测定 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的分裂能	112
实验 17 卤素	115
实验 18 氧和硫	118
实验 19 氮和磷	122
实验 20 砷、锑、铋	126
实验 21 常见阴离子的分离与鉴定	130
实验 22 碱金属和碱土金属	135

实验 23	铬和锰	138
实验 24	铁、钴、镍	142
实验 25	铜和银	147
实验 26	锌、镉、汞	151
实验 27	常见阳离子的分离与鉴定	155
实验 28	血和尿的性质	161
实验 29	硫酸亚铁铵的制备	166
实验 30	离子鉴定和未知物的鉴别	168
附录一	常见的酸碱指示剂	170
附录二	常见离子的颜色	171
附录三	常见化合物的颜色	172
附录四	特殊试剂的配制	175
参考文献	177

实验室规则

(1) 不得无故缺课,因故未做的实验应该及时补做,否则实验课成绩不及格。

(2) 实验前一定要进行预习,检查仪器和药品是否齐全。

(3) 实验时要遵守纪律,保持肃静,不准大声喧哗,不得到处走动,要认真操作,仔细观察实验现象,如实记录所观察到的现象。

(4) 遵守试剂取用规则,注意节约药品。爱护实验设备,精心使用仪器,注意节约水、电。

(5) 使用精密仪器时,应严格按照操作规则进行操作,要小心谨慎。如果发现仪器出现故障,应立即停止使用,并及时报告指导教师。

(6) 认真执行仪器设备的损坏赔偿制度,仪器设备如有损坏,应及时登记、补领,并按照规定赔偿。

(7) 注意实验室的整洁卫生,废纸、火柴杆以及各种废液等应放入废液缸或其他回收容器内,严禁投入或倒入水槽内,以防堵塞或腐蚀水槽及下水管道。

(8) 实验结束后,应将所用仪器洗净并放回原处,整理好药品,擦净实验台面,清理水槽和周围地面,最后关好自来水开关,拉下电闸。指导教师检查合格后,才能离开实验室。

(9) 每次实验后由学生轮流值日,负责打扫和整理实验室,并检查自来水开关、煤气开关、门、窗是否关紧,电闸是否断开。经指导教师检查合格后方可离去。

(10) 根据原始记录数据,认真写出实验报告,按时交给指导教师。

实验室安全守则和意外事故处理

一、安全守则

(1) 为了防止损坏衣物,伤害身体,实验时必须穿长袖实验服,不得穿拖鞋进入实验室。

(2) 一切有毒或有刺激性气体的实验操作都应在通风橱内进行。

(3) 一切易燃、易爆的实验操作都要在远离明火处进行,并严格按照操作规则进行操作。

(4) 绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。

(5) 浓酸、浓碱具有很强的腐蚀性,切勿溅在皮肤或衣服上,更应注意保护眼睛。稀释浓硫酸时,应将浓硫酸缓慢地倒入水中,并不断搅拌。绝不能相反操作,以免迸溅而发生危险。

(6) 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、汞化合物、砷化合物等,特别是氰化物)不能进入口中或接触伤口,剩余的废液要回收,不能随便倒入下水道。

(7) 加热试管时,不要将试管口对着自己或别人,更不能俯视正在加热的液体,以免液体溅出而烫伤。

(8) 嗅闻气体时,应用手轻拂气体,煽向自己后再嗅。

(9) 严禁在实验室内饮食和吸烟或将餐具带进实验室。实验完毕,必须洗净双手。

(10) 如果发生意外事故,应保持镇静,不要惊慌失措。如有烧伤、烫伤、割伤时,应立即报告指导教师,及时救治。

二、意外事故处理

(1) 若遇酒精、苯或乙醚等有机溶剂着火时,应立即用湿布或砂土等扑灭。若遇电气设备着火,必须先切断电源,再用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火。

(2) 遇有烫伤事故,可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗烫伤处,再涂上凡士林或烫伤膏。

(3) 若眼睛或皮肤上溅上强酸或强碱,应立即用大量水冲洗,然后相应地用碳酸氢钠或硼酸溶液冲洗。

(4) 若吸入氯气、氯化氢等气体,可立即吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以

解毒；若吸入硫化氢气体而感到不适或头晕时，应立即到室外呼吸新鲜空气。

(5) 玻璃割伤时，如果伤口内有玻璃碎片，应先挑出，然后涂上红药水并包扎。

(6) 遇有触电事故，应立即切断电源，必要时进行人工呼吸。

(7) 对伤势较重者，应立即送医院医治。

无机化学实验测定实验报告

实验名称：_____ 室温：_____ 气压：_____
姓名 _____ 年级 _____ 组 _____ 实验室 _____ 指导教师 _____ 日期 _____

一、实验目的

二、实验原理(简述)

三、实验装置图

四、数据记录和结果处理

五、问题和讨论

附注

指导教师签名 _____

无机化学实验制备实验报告

实验名称：_____ 室温：_____ 气压：_____
姓名 _____ 年级 _____ 组 _____ 实验室 _____ 指导教师 _____ 日期 _____

一、实验目的

二、实验原理(简述)

三、实验装置图

四、简单流程及主要现象和反应式

五、实验结果

产品外观：

产量：

产率：

六、问题和讨论

附注

指导教师签名 _____

无机化学实验性质实验报告

实验名称：_____ 室温：_____ 气压：_____

姓名 _____ 年级 _____ 组 _____ 实验室 _____ 指导教师 _____ 日期 _____

一、实验目的

二、实验内容

实验步骤	实验现象	解释和反应式

三、实验结论

四、讨论

附注

指导教师签名 _____

无机化学实验的基本操作

一、常用玻璃仪器的洗涤和干燥

(一) 玻璃仪器的洗涤

为了使实验得到正确的结果,实验所用的仪器必须是清洁、干净的。洗涤玻璃仪器的方法很多,应根据污垢的性质选用适当的洗涤方法。一般说来,附着在仪器上的污垢既有可溶性物质,也有尘土和其他不溶性物质,还有油污和某些有机物。常用的洗涤方法有:

(1) 冲洗法:可溶性污垢可用水冲洗,这主要是利用水把可溶性污垢溶解而除去。为了加速污垢的溶解,冲洗时应不断振荡仪器。

(2) 刷洗法:仪器内壁附着不易冲洗掉的污垢时,可用毛刷刷洗,利用毛刷对器壁的摩擦将污垢除去。

(3) 药物洗涤法:对于用刷洗法刷洗不掉的不溶性污垢,要用洗涤剂或药剂洗涤。最常用的是用毛刷蘸取肥皂液或合成洗涤剂来刷洗,主要是除去油污和一些有机污垢。用肥皂液或合成洗涤剂等仍刷洗不掉的污垢,或者因仪器口小、管细而不使用毛刷刷洗的,可用铬酸洗液洗涤。用铬酸洗液洗涤时,可往仪器内注入少量洗液,使仪器倾斜并慢慢转动,让仪器内壁全部被洗液润湿,再转动仪器,使洗液在内壁流动,经流动几圈后,把洗液倒回原瓶内。对玷污严重的仪器可用洗液浸泡一段时间,或者用热洗液洗涤,效果更好。倾出洗液后,再用自来水把仪器壁上残留的洗液洗去。决不允许将毛刷放入洗液中!能用别的洗涤方法洗干净的仪器,就不要用铬酸洗液洗。因为铬酸洗液具有毒性,流入下水道后对环境有严重污染。铬酸洗液的吸水性很强,应随时把装洗液的瓶子盖严,以防吸水而降低去污能力。铬酸洗液可以反复使用,当洗液颜色转变为绿色时,就失去了去污能力,不能再继续使用。

洗涤后的玻璃仪器是否洗净,可加入少量蒸馏水振荡,然后将水倒出,并将仪器倒置。如果仪器透明,器壁不挂水珠,说明已洗净;如果仪器不清晰或器壁挂有水珠,则说明未洗净。

未洗净的仪器必须重新洗涤,直到洗净为止。洗净的仪器再用少量清水涮洗数次,必要时还应用少量蒸馏水或去离子水涮洗三遍。

凡是已经洗净的仪器,决不能再用布或纸去擦拭仪器内壁。否则,至少布或纸的纤维会留在器壁上,反而玷污仪器。

(二) 玻璃仪器的干燥

(1) 晾干法:利用仪器上残存水分的自然挥发而使仪器干燥。通常是将洗涤后的仪器倒置在干净的仪器或搪瓷盘中,对于倒置不稳的仪器应倒插在仪器柜里的格栅板中,或插在实验室的干燥板上,干燥板应挂在空气流通无灰尘的墙壁上。

(2) 烤干法:利用加热使水分迅速蒸发,而使仪器干燥。此法常用于干燥可加热或耐高温的玻璃仪器,如试管、烧杯、锥形瓶等。在加热前要先将仪器外壁擦干,烧杯、锥形瓶可置于石棉网上用小火烤干;试管则可以直接用火烤干,将试管口向下倾斜,以免水珠倒流炸裂试管,加热时火焰不要集中在一个部位,应从底部开始,缓慢移至管口,如此反复烘烤到不见水珠后,再把管口朝上,把水汽赶走。

(3) 快干法:快干法一般只在实验中临时使用。将仪器洗净后倒置稍控干,注入少量(3~5 mL)能与水互溶且挥发性较大的有机溶剂(如无水乙醇、丙酮或乙醚等),将玻璃仪器转动使溶剂在内壁流动,待内壁全部浸湿后倾出有机试剂(应回收),擦干仪器外壁,再用吹风机迅速将仪器内壁残留的挥发物赶走,达到快干的目的。

(4) 烘干法:如需要干燥较多的玻璃仪器,通常使用电烘箱。将洗净的仪器倒置稍控后,放在电烘箱内的隔板上,关好烘箱门,将电烘箱内温度控制在约105℃,恒温加热约30 min即可。

二、化学试剂的取用

根据试剂中杂质含量的多少,我国生产的化学试剂基本上可以分为四级,其规格和适用范围如表1所示。

表1 试剂规格和适用范围

等级	名称	符号	标签颜色	适用范围
一级	优级纯	G. R.	绿色	精密的分析研究
二级	分析纯	A. R.	红色	精密的定性定量分析
三级	化学纯	C. P.	蓝色	一般定性分析及化学制备
四级	实验试剂	L. R.	棕色或黄色	一般的化学实验

可以根据实验的要求,选用不同级别的试剂。在一般无机化学实验中,化学纯级别的试剂足以满足实验要求。

化学试剂在实验准备室分装时,一般常把固体试剂装在易于拿取的广口瓶中,液体试剂或配制成的溶液则盛在易于倒取的细口瓶或带有滴管的滴瓶中。见光易分解的试剂,应盛放在棕色瓶内。每一个试剂瓶上都应贴有标签,上面写

明试剂的名称、浓度(溶液)和日期,并在标签上涂一薄层石蜡。

取用试剂前应看清标签,取用时先打开瓶塞,将瓶塞倒置在实验台上。如果瓶塞顶不是扁平的,可用食指和中指将瓶塞夹住或放在清洁的表面皿上,绝不能将它横置在实验台面上。不能用手接触化学试剂,用完试剂后,一定要把瓶塞盖严,绝不允许将瓶塞“张冠李戴”。最后要把试剂瓶放回原处,以保持实验台整齐干净。

(一) 固体试剂的取用

(1) 要用清洁、干燥的药匙取用。药匙的两端为大、小两个匙,分别用于取较多的固体试剂和少量固体试剂。用过的药匙洗净晾干后,存放在干净的器皿中。

(2) 注意不要多取。多取的试剂不能倒回原试剂瓶,可放在指定的容器中以供它用。

(3) 称取一定质量的固体试剂时,应把固体放在称量纸上称量。具有腐蚀性或易潮解的固体试剂必须放在表面皿或玻璃容器内称量。

(4) 往试管(特别是湿试管)中加入粉末状固体试剂时,可用药匙或将取出的试剂放在对折的纸条上,伸进平放试管中约 $2/3$ 处,然后直立试管,把试剂放下去。

(5) 往试管中加入块状固体试剂时,应将试管倾斜,使试剂沿管壁缓慢滑下,不能垂直悬空投入,以免击破管底。

(6) 固体试剂的颗粒较大时,可在清洁干燥的研钵中研碎,然后取用。

(7) 有毒的试剂要在教师指导下取用。

(二) 液体试剂的取用

(1) 从试剂瓶取用液体试剂时要用倾注法。先将瓶塞倒放在实验台面上,把试剂瓶上贴标签一面握在手心中,逐渐倾斜试剂瓶,让试剂沿着洁净的试管壁流入试管,或沿着洁净的玻璃棒注入烧杯中。取出所需量后,应将试剂瓶口在容器或玻璃棒上靠一下,再逐渐竖起试剂瓶,以免遗留在瓶口的液滴流到试剂瓶的外壁。

(2) 从滴瓶中取少量试剂时,应提起滴管,使滴管口离开液面,用手指紧捏滴管上部的橡皮胶头,以赶出滴管中的空气,然后把滴管伸入试剂里,放松手指吸入试剂,再提起滴管,垂直地放在试管口或烧杯的上方将试剂逐滴滴入。

使用滴瓶时要注意以下几点:

① 滴加试剂时禁止将滴管伸入试管中。

② 滴瓶上的滴管只能专用,不能放错,使用后应立即将滴管插回到原来的滴瓶中。不得将滴管乱放,以免玷污。

③ 用滴管从滴瓶中取出试剂后,应保持橡皮胶头在上,不能平放或斜放,以

防滴管中的试剂流入腐蚀胶头,玷污试剂。

④ 滴加完毕后,应将滴管中剩余的试剂滴入滴瓶中,不能捏着胶头将滴管放回滴瓶,以免滴管中充有试剂。

(3) 定量取用时可使用量筒或移液管,可根据需要选用不同容量的量筒或移液管。多取的试剂不能倒回原瓶,应倒入指定容器内。

三、常用加热器具及其使用

(一) 加热器具

1. 酒精灯

酒精灯是实验室最常用的加热灯具,其加热温度为 $400\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$,适用于温度不需太高的实验。

酒精灯为玻璃制品,由带磨口的灯帽、灯芯和盛有酒精的灯壶三大部分所组成,其构造如图 1 所示。

正常的酒精灯火焰分为焰心、内焰和外焰三部分,如图 2 所示。酒精灯的外焰的温度最高,内焰次之,而焰心温度最低。

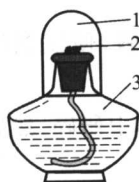


图 1 酒精灯的构造

1—灯帽; 2—灯芯; 3—灯壶

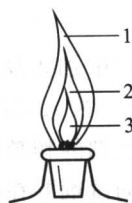


图 2 酒精灯的火焰

1—外焰; 2—内焰; 3—焰心

使用酒精灯时应注意以下几点:

(1) 新购置的酒精灯应先配置灯芯。灯芯通常是用多股棉纱线拧在一起,插进灯芯瓷套管中。灯芯不要太短,一般浸入酒精后还要长 $4\sim 5\text{ cm}$ 。对于旧灯,特别是长时间不用的酒精灯,在取下灯帽后,应提起灯芯瓷套管,用洗耳球或嘴轻轻向灯内吹一下,以赶走灯内聚集的酒精蒸气。再放下套管检查灯芯,若灯芯不齐或烧焦,都应用剪刀剪成平头等长。

(2) 灯壶内酒精少于其体积 $1/2$ 时应添加酒精,酒精不能装得太满,以不超过灯壶体积的 $2/3$ 为宜。添加酒精时要借助小漏斗,以免酒精洒出。燃着的酒精灯若需添加酒精,必须熄灭灯焰后再添加。决不允许燃着时添加酒精,否则,极易着火造成事故。

(3) 新灯加完酒精后将灯芯放入酒精中浸泡,移动灯芯套管使每端灯芯都