

药学类专业实验教学丛书

无机化学实验与指导

王莉华 主编 汤启昭

主审 ● 中国医药科技出版社



药学类专业实验教学丛书

无机化学实验与指导

主编 王莉华

主审 汤启昭

中国医药科技出版社

登记证号: (京)075号

内 容 提 要

本书是在中国药科大学无机化学实验指导书的基础上, 根据国家教委药学类专业课程要求, 参考部分兄弟院校的资料编写而成。全书共有实验21个, 包括三个部分: 实验室须知和数据处理, 实验内容和预习指导, 附录。本书的实验选题与课堂教学相呼应, 全书贯穿重要无机离子鉴定, 内容精练; 强调操作规范化和技能系统化; 重视预习指导, 难点、重点突出; 并注重对学生进行良好学风的培养和动脑动手能力的训练。本书可作为高等医药院校药学类专业无机化学实验及指导的教材或参考书。

无机化学实验与指导

主编 王莉华

中国医药科技出版社 出版
(北京西直门外北礼士路甲38号)

(邮政编码: 100810)

北京卫顺印刷厂 印刷

全国各地新华书店 经销

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $6\frac{3}{4}$ 插页2

字数 143 千字 印数 1—5200

1993年11月第1版 1993年11月第1次印刷

ISBN 7-5067-0874-4/R·0779

定价: 5.70元

中国药科大学
药学类专业实验教学丛书
编写委员会

主任委员：郑梁元

编 委：（以姓氏笔划为序）

王 强	王秋娟	王莉华	方醉敏
刘文英	刘成基	刘静涵	宋学华
陆振达	钱之玉	徐秀兰	高金生
盛以虞	屠树滋	程永宝	蓝琪田

序 言

实验教学是培养药学人才的一个重要方面,在整个教学计划中占有很大的比重,也是当前教学中亟需加强的一环。长期以来,我校在抓好理论教学的同时,积累了较为丰富的指导实验的经验,并形成了比较成熟的、完整的实验教材体系。针对目前实验教学资料较少,迫切需要高质量实验教学用书的情况,我校专门组织了一批长期从事教学、实验工作的教师,根据国家教委颁发的《药学专业课程基本要求》的精神,对16门课程的实验教材进行了修订补充,按课程独立成册,每册基本内容包括实验、实验技术和实验指导三部分。

1. 实验部分 根据科学性、先进性和效益性的原则,收载了比较成熟的,基本技能训练效果比较好,又切合课程基本要求的实验若干个,供各校根据自己的特点和条件选用。每一实验都包括目的要求、实验原理、实验步骤、结果处理等内容。

2. 实验技术部分 介绍了与实验有关的技术,包括仪器的基本原理和构造、正确的使用方法、操作要点等,突出强调操作的规范性。

3. 实验指导部分 概述了每一实验的技能训练重点、实验的关键操作、实验注意事项等。为了进一步开拓学生的思路,对实验前的预习工作和实验后应思考的问题,也都有具体要求。

这套实验教学丛书可作为高等医药院校有关课程的本、专科教学参考用书,也可作为本科药学类专业的实验教材。

由于编写出版整套药学教学实验丛书尚属首次，缺乏经验，在内容选择及编写方法上的不妥之处，在所难免。欢迎从事药学教育的同行们批评赐教。

郑梁元

于南京

前 言

本书是在中国药科大学多年来使用的《无机化学实验》基础上，根据国家教委颁发的《药学专业课程基本要求》，参照兄弟院校的经验 and 资料编写而成的。可作为高等医药院校药学类专业无机化学实验及教学指导的教材，或参考书。

本书共分三个部分。第一部分实验须知，内容为化学实验室基本知识、安全教育、常用仪器介绍、基本操作、数据处理等。第二部分实验内容，包括操作及技能训练、理论验证、化学特性、无机制备、离子检测及综合设计等方面实验共21个。为提高实验质量要求，引导学生开拓思路，综合分析，在每个实验课题中，除目的要求、实验原理、报告格式等项目外，还在指导预习、注意事项、实验后思考等方面作了一些提示。第三部分为附录。

鉴于一年级大学生的具体情况，注意加强学习能力和科学作风的培养是至为重要的。本书强调实验须知教育，重视培养学生树立尊重科学、严谨治学的优良作风，为奠定作为科技工作者必备的素质基础；坚持严格要求，一丝不苟，强调基本操作规范化，基本技能系统化、实验过程条理化、力求引导学生动脑动手相结合，理论与实践相统一。

本书在实验内容安排上，注意由浅入深、循序渐进，必要重复的原则。能与无机化学理论课教学较好呼应。有些实验内容与后续课程有部分渗透、制备性实验结合进行离子检测，有助于技能训练系统化，实践效果也较好。若兄弟院校限于学时，这些实验内容，可选择使用。

参加本书编写的人员有中国药科大学无机化学教研室王莉华(主编)、范锦华、王祚凤、张秀琨、陈贞女、陈颂仪和蔡孜等同志。由于编者水平有限，时间仓促，错误和不妥之处在所难免，欢迎批评指正。

编 者

1993.8

目 录

第一部分 实验须知.....	1
一、实验目的.....	1
二、实验的程序与要求.....	1
三、实验室规则.....	2
四、实验室安全守则.....	3
五、实验室意外事故的处理.....	4
六、基本操作.....	5
七、实验及计算中的有效数字.....	25
附图 无机化学实验的常用仪器.....	28
第二部分 实验内容.....	31
实验一 冰点降低法测定葡萄糖的分子量.....	31
实验二 化学反应速度和化学平衡.....	36
实验三 酸碱滴定.....	43
实验四 弱酸电离常数的测定.....	48
实验五 电解质溶液.....	55
实验六 沉淀平衡.....	62
实验七 药用氯化钠的制备、性质及杂质限度 检查.....	69
实验八 硫酸亚铁铵的制备.....	78
实验九 葡萄糖酸锌 $Zn(C_6H_{11}O_7)_2 \cdot 3H_2O$ 的制备.....	82
实验十 溶度积常数的测定.....	86
实验十一 氧化还原.....	90
实验十二 银氨配离子配位数的测定.....	97

实验十三	配合物	101
实验十四	卤素	109
实验十五	氧、硫	117
实验十六	氮、磷、砷、锑、铋	126
实验十七	碳族和硼族	135
实验十八	碱金属、碱土金属	145
实验十九	铬、锰、铁、钴、镍	154
实验二十	铜、银、锌、镉、汞	168
实验二十一	阳离子混合物的分析	179
第三部分	附录	182
表一、	国际原子量表 (1987)	182
表二、	常用分子量表	186
表三、	常用酸碱的相对密度、百分浓度和浓度	188
表四、	无机酸碱在水中的电离常数	189
表五、	难溶化合物的溶度积(K_{sp})	191
表六、	阳离子初步试验结果	194
表七、	常见阴离子与常用试剂的反应	196
表八、	阴离子初步试验结果	201

第一部分 实验须知

一、实验目的

无机化学实验是无机化学课程不可缺少的一个重要环节。它的目的如下。

1. 使课堂中讲授的重要理论和概念得到验证、巩固和充实,并适当地扩大知识面。无机化学实验不仅能使理论知识具体化、形象化,并且能说明这些理论和规律在应用时的条件、范围和方法,较全面地反映化学现象的复杂性和多样性。

2. 培养学生正确地掌握一定的实验操作技能。有正确的操作,才能有准确的数据和结果,从而才能得出正确的结论。因此,化学实验中基本操作的训练具有极其重要的意义。

3. 培养学生独立思考和独立工作能力。学生需要学会联系课堂讲授的知识,仔细地观察和分析实验现象,认真地处理数据并概括现象,从中得出结论。

4. 培养学生科学的工作态度和习惯。科学工作态度是指实事求是的作风,忠实于所观察到的客观现象。如发现实验现象与理论不符时,应检查操作是否正确或所用的理论是否合适等。科学工作习惯是指操作正确、观察细致、安排合理等,这些都是作好实验的必要条件。

二、实验的程序与要求

1. 预习内容 充分预习实验教材是保证做好实验的一

个重要环节。预习时应当搞清实验的目的、内容、有关原理、操作方法及注意事项等，初步估计每一反应的预期结果，并根据不同的实验做好预习报告（如有需要，某些实验内容可到实验室中在教师的指导下进行预习）。对于“实验指导”中的“预习要求”，预习时应认真思考。

2. 提问检查 实验开始前由指导教师进行检查提问。了解学生的预习情况，具体指导学习方法。查问的内容主要是实验的目的、内容、原理、操作和注意事项等。如发现个别学生准备不好，教师可责令作好预习再做实验，或停止他进行该次实验，指定日期补做。

3. 进行实验 学生应遵守实验室规则，接受教师指导，按照实验教材上规定的方法、步骤及药品的用量进行实验，细心观察现象，如实记录于实验报告中。同时，应深入思考，分析产生现象的原因。如有疑问，可询问教师。

4. 实验报告 实验完毕后，应当堂（或在指定时间内）做好实验报告，由课代表收齐交给指导教师评阅。实验报告要记录清楚、结论明确、文字简练、书写整洁。不合格者，教师可退回学生重做。教师在接受报告时，可以提出实验中的问题，对学生进行再次查问。

三、实验室规则

1. 实验前清点仪器。如发现有破损或缺少，应立即报告教师，按规定手续向实验准备室补领。实验时仪器如有损坏，亦应按规定手续向实验准备室换取新仪器。未经教师同意，不得挪用别的位置上的仪器。

2. 实验室应保持安静，以利集中思想，认真操作，仔

细观察，要如实及时记录现象，积极思考问题。

3. 实验时应保持实验室和桌面整洁。火柴梗、废纸屑、废液、金属屑等应投入废纸篓或倒入废物缸中，严禁投倒入水槽内，以防水槽和下水管道堵塞或腐蚀。

4. 爱护国家财物，小心地使用仪器和实验设备，注意节约水、电、药品。使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行，要谨慎细致。如发现仪器有故障，应即停止使用，及时报告指导教师。

取用药品的注意点：必须按规定量取用；取出的药品，不可再倒回原瓶中，以免带入杂质；取用药品后，应立即盖上瓶塞，以免搞错导致沾污药品；随即将瓶放回原处。

5. 实验时必须按正确操作方法进行，注意安全。

6. 实验完毕后将玻璃仪器洗涤干净，放回原处。清理好桌面，将水槽和地面打扫干净，并洗净双手。

7. 离开实验室前，必须检查电插头或闸刀是否拉开，水龙头是否关好等。实验室内的一切物品（仪器、药品和产物等）不得带离实验室。

四、实验室安全守则

化学药品中很多是易燃、易爆，有腐蚀性或有毒的。所以在化学实验时，首先必须在思想上十分重视安全问题，决不能麻痹大意。其次是在实验前应充分了解安全注意事项。在实验过程中要集中注意力，遵守操作规程，避免事故发生。

1. 加热试管时不要将试管口指向自己或别人，不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出，伤害到人。

2. 嗅闻气体时，应用手轻拂气体，扇向自己后再嗅。

3. 使用酒精灯，应随用随点，不用时盖上灯罩。不要用燃着的酒精灯点燃别的酒精灯，以免酒精流出而失火。

4. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性，注意勿使溅在衣服、皮肤、尤其眼睛上。稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢倒入水中，而不能将水向浓硫酸里倒，以免迸溅伤人。

5. 能产生有刺激性或有毒气的实验，应在通风橱内（或通风处）进行。

6. 有毒药品（如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物等，特别是氰化物）不得进入口内或接触伤口。也不能将有毒药品随便倒入下水管道。教师要求集中回收的，必须遵守。

7. 对于易燃物质，应尽可能使其远离火焰。

8. 实验完毕，洗净双手后，才可离开实验室。实验室内严禁饮食，不准吸烟。

五、实验室意外事故的处理

1. 若因酒精、苯或乙醚等引起着火，应立即用湿布或砂土（实验室应备有灭火砂箱）等扑灭。若遇电气设备着火，必须先切断电源，再用二氧化碳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灼伤处，再搽上凡士林或烫伤油膏。

3. 若在眼睛或皮肤上溅着强酸或强碱，应立即用大量水冲洗，然后相应地用碳酸氢钠溶液或硼酸溶液冲洗（若溅在皮肤上最后还可涂些凡士林）。

4. 若吸入氯、氯化氢气体，可即吸入少量酒精和乙醚的混和蒸气以解毒；若吸入硫化氢气体而感到头晕不适时，

应立即到室外呼吸新鲜空气。

5. 被玻璃割伤时，伤口内若有玻璃碎片，须先挑出，然后抹上红药水并包扎。

6. 遇有触电事故，首先应切断电源，在必要时，对伤者进行人工呼吸。

7. 对伤势较重者，应立即送医院救治。

六、基本操作

(一) 天平的使用

实验中由于对重量准确度的要求不同，需使用不同类型的天平进行称量。常用的天平有台天平（也叫台秤）、化学天平和分析天平等。一般来说，台天平的感量（称量的精确程度）是 0.1 g ，化学天平（扭力天平）的感量是 0.001 g ，而分析天平的感量则为 0.0001 g 。

台天平 如图 1 所示。使用台天平前需先把游码放在刻度尺的零处，检查天平的摆动是否平衡。如果平衡，则指针摆动时所指示的标尺上的左右格数应相等，当指针静止时

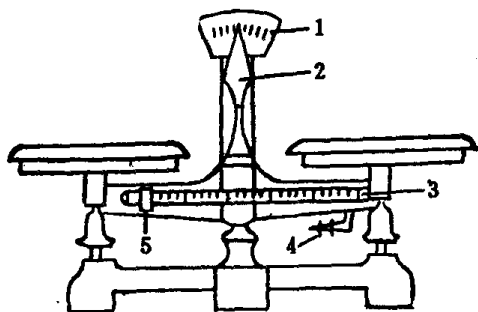


图 1 台天平

1—标尺；2—指针；3—刻度尺；4—螺旋；5—游码

应指在标尺的中线。如果不平衡，可以调节螺旋，使之平衡。

称量时，将要称的物品放在左台上（左盘内），然后在右台上（右盘内）添加砝码。砝码通常从大的加起，如果偏重，就换放小的砝码，5（或 10）g 以下的砝码用游码代替，直到天平平衡为止。台天平的砝码和游码可以用干净的手指直接拿取和移动。

称固体药品时，应在两台上（或两盘内）各放一张重量相仿的腊光纸，然后用药匙将药品放在左台（左盘）的纸上（称 NaOH、KOH 等易潮解或有腐蚀性的固体时，应衬以表面皿）。称液体药品时，要用已称过重量的容器盛放药品，称法同前。

化学天平 化学天平的构造和使用方法，可参看分析天平。

分析天平 分析天平的构造和使用在分析化学实验课中介绍。

（二）灯的使用和加热

1. 灯的使用

在实验室的加热操作中，常使用酒精灯，酒精喷灯、煤气灯或电炉等。酒精灯的温度通常可达 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，酒精喷灯或煤气灯的温度分布如图 2 所示，最高温度处通常可达 1000°C 左右。

酒精灯 点燃酒精灯需用火柴，切勿用已燃着的酒精灯直接去点燃别的酒精灯。熄灭灯焰时，不可用嘴去吹；盖上灯罩，火焰即熄灭；然后提起灯罩，待灯口稍冷，再盖上灯罩，这样可以防止灯口破裂。长时间加热时最好预先用湿布将灯身包围，以免灯内酒精受热大量挥发而发生危险。不用时，必须将灯罩盖好，以免酒精挥发。

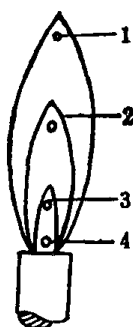


图2 灯的火焰
温度的分布

1—高温；2—最高温；
3—低温；4—最低温

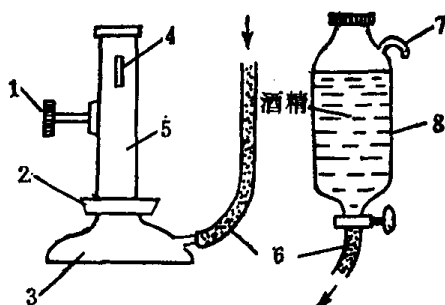


图3 挂式酒精喷灯
的结构

1—开关；2—预热盆；3—座；
4—气孔；5—灯管；6—橡皮管；
7—钩 8—贮罐

酒精喷灯 常用的酒精喷灯有挂式（图3所示）及座式两种。挂式喷灯的酒精贮存罐悬挂于高处，而座式喷灯的酒精则贮存在灯座内。

使用前，先在预热盆中注入酒精，点燃以使铜质灯管受热。待盆中酒精将近燃完时，开启灯管上的开关（逆时针转），从贮罐流下来的酒精在灯管内受热气化，与来自气孔的空气混合。这时用火点燃管口气体，即可形成高温的火焰。调节开关阀可以控制火焰的大小。用毕后，旋紧开关，即可使灯焰熄灭。

应当指出：在开启开关、点燃管口气体以前，必须充分灼热灯管，否则酒精不能全部气化，会有液态酒精由管口喷出，可能形成“火雨”（尤其是挂式喷灯），甚至引起火灾。

挂式喷灯不使用时，必须将贮罐的开关关好，以免酒精漏失，甚至发生事故。

煤气灯 煤气灯的式样不一，常用的一种构造如图4所示。使用时，把灯管向下旋转以关闭空气的入口；再把螺旋