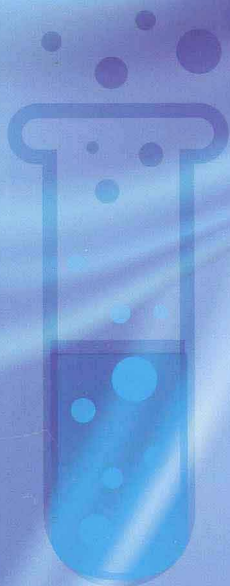




高 等 学 校 教 材

大学无机化学实验

广西大学化学化工学院化学教研室 组织编写



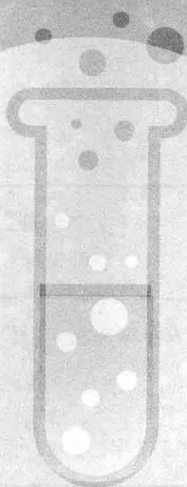
化学工业出版社



高 等 学 校 教 材

大学无机化学实验

广西大学化学化工学院化学教研室 组织编写



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是在广西大学立项编写教材。全书共分上、下两篇，内容有实验室基本知识、实验数据处理、实验基本操作、常用仪器及使用方法；实验项目共计 29 个，涵盖了无机化学实验的基本操作训练实验、基本常数测定、元素性质认知实验、综合性及设计性实验等内容。本书编写注重学生分析解决问题和创新能力的培养，改变照方抓药的传统教学模式，反映了新世纪化学系列课程改革的研究成果。书后附有常用实验数据表。

本书可作为高等学校化学类、化工类及有关专业的无机化学实验课程教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

大学无机化学实验/广西大学化学化工学院化学
教研室组织编写. —北京: 化学工业出版社, 2013. 7
高等学校教材
ISBN 978-7-122-17302-7

I. ①大… II. ①广… III. ①无机化学-化学实
验-高等学校-教材 IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 093723 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 刘莉珺
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 232 千字 2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究



无机化学课程是化学、化工、制药材料、轻工等专业的重要基础课。无机化学实验的主要任务是通过实验教学,加深对无机化学中基本理论和元素性质的理解,掌握基础无机化学实验的基本操作技能,培养学生严谨的科学态度、分析解决问题和创新思维的能力。在以往的教学,我们发现学生普遍存在着重结果轻过程的现象,实验中只满足按教材完成实验,忽视对实验过程的分析。事实上,规范而熟练的实验技能,分析问题和解决问题的能力才是无机化学实验课程需要培养的重要环节。为此,我们对传统实验内容进行了改革,并编写了本教材,以适应当前教学学时数缩减而又倡导开设综合性、设计性实验以培养学生的动手能力和创新精神的形势。在所编写的实验中,我们有意识地安排了一些让学生通过独立思考、自行查阅资料、自行设计程序的实验项目,让学生能得到较多的训练和锻炼。为使实验报告规范化,还按不同实验类型编写了实验报告格式,按具体开出的实验选用适当的报告格式。

本教材主要依据我校历年来的实验教学实践并参考国内外理工科实验教材编写而成,其中部分实验融汇了本教研室教师们的研究成果。全书共编入了29个实验,每个实验按3~4学时安排。在每个实验的实验内容前都简要写出了实验原理,安排有学生应从课本中预习的内容。基本操作实验和基本理论实验的实验原理按实验需要而写出;元素部分的实验原理则写得较为详细,比教材内容有所扩充,有利于学生通过实验进一步学习一些元素知识。在操作过程方面,基本操作实验和基本理论实验则写得较详细,元素部分的实验操作过程则写得较简略,部分内容通过提示引导学生进行思考。这样将有利于既保证基本理论能掌握住,又有助于培养学生独立进行实验操作的能力。在附录中收集和编写了一些实用而教材中不易汇集的内容,有助于学生扩展知识面。

本教材是广西大学立项编写教材,广西大学化学化工学院化学教研室的王凡、吴文伟、周艳玲、周立亚、王清、廖森、尹作栋、罗芳光、江丽、刘和清、宋宝玲、陶林、林宝凤、马震等参与了本教材的编写,全书由王凡定稿。在编写过程中,得到广西大学教务部门领导、广西大学化学化工学院领导和各位老师的支持与帮助,同时参阅了有关兄弟院校的教材及相关文献资料,在此深表谢意!

由于时间紧迫和编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编写组

2013年3月

上篇 化学实验的基本知识与基本操作

第1章 绪论	2
1.1 无机化学实验的目的	2
1.1.1 验证和巩固所学重要理论	2
1.1.2 规范实验技能,培养综合能力	2
1.1.3 训练科学素养	2
1.2 无机化学实验的学习方法	2
1.2.1 预习环节	2
1.2.2 实验环节	3
1.2.3 实验报告环节	3
1.3 无机化学实验规则	3
第2章 化学实验室基本知识	5
2.1 无机化学实验中的常用仪器	5
2.2 化学试剂、实验用水、试纸及滤纸	10
2.2.1 化学试剂的规格	10
2.2.2 试剂的存放	10
2.2.3 实验室用水	11
2.2.4 试纸	11
2.2.5 滤纸	12
2.3 实验室中的安全操作和事故处理	14
2.3.1 实验室安全操作注意事项	14
2.3.2 意外事故的紧急处理	14
2.3.3 常见废液的处理	15
第3章 实验数据记录与处理	17
3.1 数据记录	17
3.2 化学计算中的有效数字	17
3.3 实验误差	18
3.3.1 误差来源及分类	18
3.3.2 误差的表示方法	19
3.4 实验数据的表达方法	20
3.4.1 列表法	20

3.4.2 图解法	21
3.5 实验报告的撰写与要求	22
第4章 无机化学实验的基本操作	25
4.1 玻璃仪器的洗涤和干燥	25
4.1.1 玻璃仪器的洗涤	25
4.1.2 仪器的干燥	26
4.1.3 干燥器的使用	27
4.2 试剂的取用和溶液配制	28
4.2.1 固体试剂的取用	28
4.2.2 液体试剂的取用	28
4.2.3 溶液的配制	30
4.3 加热装置	30
4.3.1 酒精灯	30
4.3.2 酒精喷灯	31
4.3.3 煤气灯	31
4.3.4 电加热装置	32
4.4 加热操作	33
4.4.1 直接加热	33
4.4.2 间接加热	33
4.4.3 液体的加热	34
4.4.4 固体的加热	35
4.5 称量仪器的使用	36
4.5.1 托盘天平	36
4.5.2 电子天平	36
4.5.3 试样的称取方法	37
4.6 量筒、移液管和容量瓶的使用	38
4.6.1 量筒	38
4.6.2 移液管	38
4.6.3 容量瓶	39
4.7 溶液和沉淀的分离	40
4.7.1 倾析法	40
4.7.2 过滤法	40
4.7.3 离心分离法	43
第5章 常用测量仪器	45
5.1 pHs-3C 型数字 pH 计	45
5.2 722 型光栅分光光度计	47
5.2.1 基本原理	47
5.2.2 使用方法	47
5.2.3 仪器的安装与使用	47

5.3 DDB-303A 型电导率仪	48
5.3.1 测量原理	48
5.3.2 使用方法	48
5.3.3 注意事项	49
5.4 水银气压计的使用	49
5.4.1 构造	49
5.4.2 使用方法	50

下篇 无机化学实验

第6章 基本操作综合训练	52
实验一 基本操作训练	52
实验二 氯化钠的提纯	53
实验三 由胆矾精制五水硫酸铜	55
实验四 硫酸亚铁铵的制备	56
实验五 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备	58
实验六 离子交换法制备纯水	60
第7章 基本常数测定	63
实验七 分光光度法测定碘酸铜溶度积常数	63
实验八 电导率法测定硫酸钡的溶度积常数	65
实验九 醋酸解离度和解离常数的测定	67
实验十 分光光度法测定磺基水杨酸铜配合物的组成和稳定 常数	69
第8章 元素性质实验	72
实验十一 电离平衡	72
实验十二 沉淀反应	74
实验十三 氧化还原反应	76
实验十四 锂、钠、钾、镁、钙、锶、钡	79
实验十五 碳、硅、硼、氮、磷	82
实验十六 锡、铅、铋、铊	86
实验十七 氧、硫、氯、溴、碘	90
实验十八 铬、锰、铁、钴、镍	94
实验十九 铜、银、锌、镉、汞	100
第9章 综合性实验	105
实验二十 简单分子结构与晶体结构模型的制作	105
实验二十一 由铬铁矿制取重铬酸钾	106

实验二十二	水热法制备碱式碳酸锌及其热解性质	108
实验二十三	由粗铋直接制备高纯氧化铋	111
实验二十四	三氯化六氨合钴(Ⅲ)的合成与组成测定	115
实验二十五	混合负离子的分析	116
实验二十六	混合正离子的分离与鉴定	117
实验二十七	由废铁屑制备三氯化铁试剂	117
实验二十八	从印刷电路烂版液中制备硫酸铜	118
实验二十九	硫代硫酸钠的制备	119
附录		120
附录 I	元素的相对原子质量(2009 年国际相对原子质量表)	120
附录 II	在不同温度下饱和水蒸气的压力	121
附录 III	弱电解质的电离常数 ($t = 25^{\circ}\text{C}$)	121
附录 IV	难溶电解质的溶度积 ($18 \sim 25^{\circ}\text{C}$)	122
附录 V	常用酸碱的浓度	123
附录 VI	某些试剂的配制	123
附录 VII	离子鉴定	124
附录 VIII	常见沉淀物的 pH 值	135
附录 IX	常见离子和化合物的颜色	136
附录 X	常见物质的俗名和别名	141
参考文献		145

上篇 化学实验的基本知识与基本操作



第1章 | 绪 论

1.1 无机化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的科学。它的每一项重要发现、每一个进步都离不开实验过程。通过实验发现和发展了化学理论，而化学理论的检验和评价也需要通过实验来实现。无机化学实验课程是无机化学学习的重要环节，它担负着培养学生掌握无机化学实验基本技能及进行科学实验初步训练的任务，使学生具备观察、认识和理解化学反应现象的能力及分析推理的能力。无机化学实验课程的具体教学目的包括如下方面。

1.1.1 验证和巩固所学重要理论

通过实验，学生可以直接获得大量的化学事实，掌握主要元素及其化合物的性质，了解无机物一般的制备、分离、纯化、结晶等操作，学生可以加深对无机化学理论课程中基本概念和基本理论的理解，有助于对重要知识点的消化和记忆，并扩大其知识面；并学会正确使用基本仪器测量实验数据。无机化学实验能使理论知识形象化，并针对具体问题获得具体的解决方案，使学生对化学过程的复杂性和多样性有直观的理解。

1.1.2 规范实验技能，培养综合能力

为了获得准确的实验结果，学生必须正确掌握实验基本的操作技能，并学会准确记录和表达实验结果，正确书写实验报告。无机化学实验课程对于学生掌握和巩固规范的实验操作技能具有重要意义；在设计性实验中，学生通过提出问题、查阅资料、设计方案到亲自动手完成实验，从而了解科学研究的基本过程，培养其综合能力（如查阅、记忆、归纳总结、实验操作等）。

1.1.3 训练科学素养

化学实验课程同时注重对学生非智力因素的训练。学生在实验过程中可以培养实事求是、严谨认真的科学态度，培养独立工作和分析问题、解决问题的能力，并养成良好的工作作风，为学习后续课程、参加实际工作和开展科学研究打下良好基础。

1.2 无机化学实验的学习方法

要达到实验目的，必须有正确的学习态度和学习方法。主要应抓住以下三个环节。

1.2.1 预习环节

① 准确掌握教科书中的有关理论知识；认真阅读实验教材，明确实验的目的，弄清实验原理。

- ② 了解实验的内容、步骤、操作过程,思考实验操作中应当注意的问题。
- ③ 写出预习报告(内容包括简要的原理、步骤、做好实验的关键等)。

1.2.2 实验环节

- ① 严格遵守实验室工作规则,小心使用仪器设备,节约药品,养成整洁、卫生的实验习惯。
- ② 按照实验讲义进行实验,认真操作,细心观察,如实记录实验现象;实验记录应清晰准确,不可用铅笔记录,不得随意涂改数据,更不可篡改数据。
- ③ 当实验现象出现异常时,要认真检查其原因,并细心地重做实验。
- ④ 认真分析实验结果,开展小组讨论;当疑难问题自己无法解决时,可通过课后查阅资料的办法解决,亦可与指导教师进行讨论。
- ⑤ 做好值日卫生工作。

1.2.3 实验报告环节

实验报告是每次实验的记录和总结,开展科学研究的基础练习。每个学生在实验结束后都应要及时、独立、认真完成实验报告。根据不同的实验内容,选用不同的实验报告格式。实验报告的内容大致如下:

- (1) 实验基本信息
- (2) 实验目的
- (3) 实验原理
- (4) 实验步骤
- (5) 实验结果 翔实记录实验现象、实验数据;对实验现象进行分析和解释;对原始数据进行处理;在元素实验中应写出相关反应的化学方程式。
- (6) 结果讨论 对实验结果进行讨论,对实验中发现的问题,提出自己的见解,对实验内容和方法提出改进意见。

实验报告要做到文字工整、图表清晰,形式规范。不同类型的实验可使用不同的实验报告模板。具体实验报告模板见第3章内容。

1.3 无机化学实验规则

- ① 遵守实验规章制度,不得大声喧哗,不得随意走动;不准在实验室饮食。
- ② 实验时应遵从教师安排,集中精力,认真操作,仔细观察各种现象,如实做好记录;未经教师同意,不得随意使用试剂进行实验内容以外的试验。
- ③ 爱护财物,小心使用仪器和实验室设备,注意节约水、电。使用精密仪器时,必须严格按照操作规程进行操作,细心谨慎,避免损坏仪器。如发现仪器有故障,应立即停止使用,报告指导教师,及时排除故障。
- ④ 实验台上的仪器、试剂瓶等应整齐地摆放在相应的位置上,注意保持台面的整洁;公共物品用毕放回原处。
- ⑤ 药品应按规定量取用,如果书中未规定用量,应注意节约使用。药品自瓶中取出后,不可再倒回原瓶中,以免带入杂质而引起瓶中药品变质。同一滴管若未洗净,不得在不同的试剂瓶中吸取溶液。

⑥ 取用固体药品时，注意不要撒落在实验台上；若有撒落，应及时清理；用毕应及时盖上塞子，防止固体药品潮解。并放回原处，以免和其他瓶上的塞子搞错，混入杂质。腐蚀性的、有毒的及规定要回收的药品，应倒入指定的回收瓶中。

⑦ 实验过程产生的废纸、火柴梗和碎玻璃等固体废物应有专门的容器盛装。实验结束后，固体废物应倒入垃圾箱内，酸性废液、毒性较大的废液应倒入废液缸内，严禁倒入水槽，以防堵塞或锈蚀下水管道或造成环境污染。

⑧ 实验后，应将仪器洗刷干净，个人仪器放回实验柜，公共仪器整理清后放回规定位置，并整理好实验台。

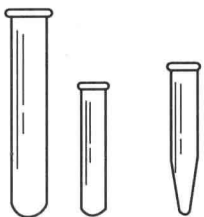
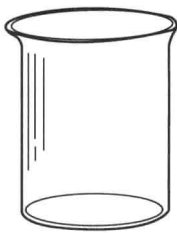
⑨ 值日生要认真打扫和整理实验室，检查水、电、门、窗是否关好，以保持实验室的整洁和安全。

第 2 章 | 化学实验室基本知识

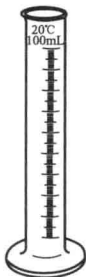
2.1 无机化学实验中的常用仪器

无机化学实验中的常用仪器可参见表 2-1。

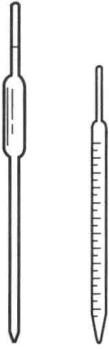
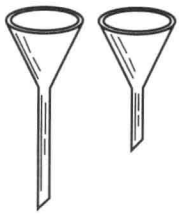
表 2-1 常用的仪器

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 试管 离心试管	试管以外径×长度(单位: mm)表示 离心试管以容积(单位: mL)表示	用作少量试液的反应容器, 便于操作和观察 离心试管还可用于定性分析中的沉淀分离	加热后不能骤冷, 以防试管破裂 盛试液不超过试管的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 离心试管不能直接加热
 烧杯	以容积(单位: mL)表示	用于盛放试剂或用作反应容器	加热时应放在石棉网上。反应液体一般不得超过烧杯容量的 $\frac{2}{3}$。注意在使用时勿使温度变化过于剧烈
 锥形瓶	以容积(单位: mL)表示	因加热时可避免液体大量蒸发, 可作为反应容器或接收器。旋摇方便, 常用于滴定操作	加热时应放在石棉网上
 滴瓶	以容积(单位: mL)表示	用于盛放少量试液或溶液	滴管不能互换, 不能长期盛放浓碱液。见光分解或不太稳定的试剂用棕色试剂瓶盛装

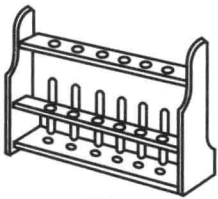
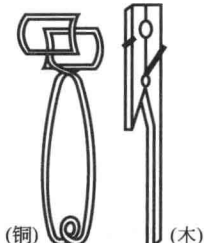
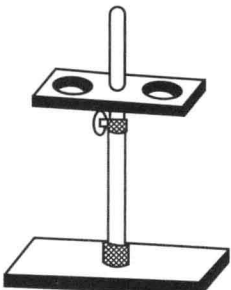
续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 量筒	以容积(单位:mL)表示	用于量取一定体积的溶液。 属于精度较差的量器	不能受热,不能量热的液体, 不能用做反应和配制溶液的 容器
 称量瓶	以(外径×高)(单位:mm) 表示。分为高型和扁型两类	因有磨口塞,可以防止瓶中 的试样吸收空气中的水分。 用于准确称取固体	不能受热,瓶塞不能互换。 测量时不能直接用手拿取
 表面皿	以口径(单位:mm)表示	盖在烧杯上防止液体溅出	不得用火加热。盖容器时, 凹面朝上
 蒸发皿	以口径(单位:mm)或容积 (单位:mL)表示。	用于蒸发浓缩液体或溶液。 可直接明火加热	瓷质蒸发皿加热后不能骤 冷,以免破裂。一般放在泥三 角上加热
 坩埚	以容积(单位:mL)表示。 材质有瓷、石英、铁、镍、铂等	用于灼烧固体。视试样性 质选不同材质的坩埚	瓷质坩埚加热后不能骤冷
 容量瓶	以容积(单位:mL)表示	用于配制准确浓度的溶液	不能受热。不能用毛刷洗 刷。自然晾干,不可在烘箱中 烘干。见光分解或不太稳定的 试剂可用棕色容量瓶盛装

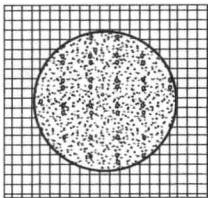
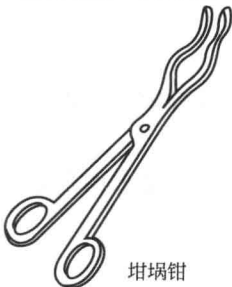
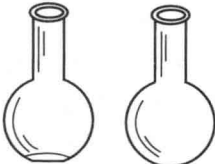
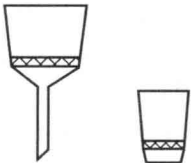
续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 移液管 吸量管	以容积(单位:mL)表示	用于准确移取一定体积的液体	不能受热。管壁无“吹”字样,使用时末端的溶液不可吹出
 研钵	以口径(单位:mm)表示。 材质有瓷、玻璃、玛瑙等	用于研磨固体试剂	不能用火加热,视固体性质选用不同材质的研钵
 抽滤瓶或 布氏漏斗 吸滤瓶	布氏漏斗为瓷质,以口径(单位:mm)或容量(单位:mL)表示。吸滤瓶以容积(单位:mL)表示	用于减压过滤	不能用火加热
 毛刷	以大小和用途来表示,如试管刷,滴定管刷等	洗刷仪器	谨防刷子顶端的铁丝撞坏玻璃仪器
 长颈漏斗 漏斗	以口径(单位:mm)表示	用于常压过滤。短颈漏斗可用于热过滤	不能用火加热

续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 试管架	有木质、铝质等	用于存放试管	铝质试管架可作恒温水浴加热时的固定台
 (铜) (木) 试管夹	竹质、钢丝质等	用于夹拿试管	
 漏斗架	木质或铁质	过滤时放漏斗用。高度可调节	
 三脚架	铁质	支承较大或较重的加热容器,为石棉网或泥三角的支撑物	
 泥三角	有大小之分	支承灼烧坩埚或蒸发皿	

续表

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 石棉网	有大小之分	支承受热器皿	不能与水接触
 药匙	牛角、瓷质、塑料或不锈钢等	取固体试剂	使用前擦净
 水浴锅	铜质或铝质	用于水浴加热	
 坩埚钳	铁制品。夹持铂坩埚的坩埚夹尖端应包有铂片,防止高温时钳子的金属材料与铂形成合金	夹持坩埚加热	放置时尖端向上
 平底烧瓶 圆底烧瓶	以容积(单位:mL)表示	可作为长时间加热的反应容器	加热时应放在石棉网上
 漏斗式 坩埚式 微孔砂芯漏斗	根据孔径大小分为 1~6 号	适合于过滤强氧化性及强酸性物质	不可用于强碱性物质的过滤