



■ 张 静 主 编 张犁黎 副主编



无机及分析化学实验



WUJI JI FENXI HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

■ 张 静 主 编 张犁黎 副主编



无机及分析化学实验



WUJI JIFENXI HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍了无机化学及分析化学实验的基础知识、基本操作及能力拓展、无机化学实验、分析化学实验、综合实验（无机、分析化工实验）等内容。本书注重结构和层次、精心选择实验内容、突出工科专业特色，使学生得到更多的实验技能训练，培养学生各方面的素质和能力。

本书适合化学工程、应用化学、材料化学、药学、环境科学等相关专业大专院校师生及技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学实验/张静主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.7

ISBN 978-7-122-11216-3

I. 无… II. 张… III. ①无机化学-化学实验
②分析化学-化学实验 IV. ①O61-33②O652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 082711 号

责任编辑: 曾照华
责任校对: 吴 静

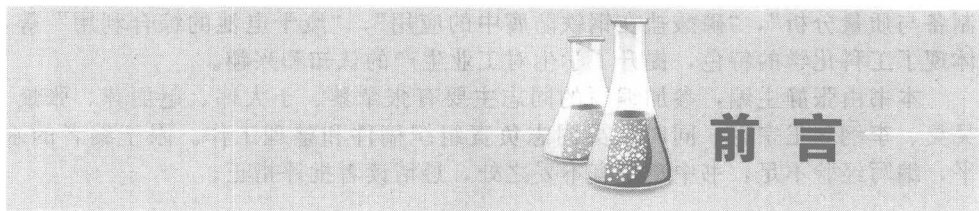
文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 韩 飞

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 装: 北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张 12 1/4 彩插 1 字数 251 千字
2011 年 8 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: 28.00 元

版权所有 违者必究



无机及分析化学实验是高等院校化工、轻工、材料、石油、冶金、纺织、环保以及应用化学等专业的第一门基础化学实验课程，其教学目的和任务不只是培养学生的基本实验技能和动手能力，更重要的是通过实验教学提高学生的综合素质，培养学生进行科学实验的方法和技能，使学生逐步学会对实验现象的观察、分析、判断、推理以及归纳总结，培养独立工作能力，对工科学生更要培养其解决工业生产实际问题的能力。

随着教学改革不断深化，要求高等工科院校的培养目标面向基层，面向企业，要求改变过去单一的培养模式，建设多类型、多层次、多规格的课程体系。教材建设必须适应培养目标而作相应的变革。本教材编入的所有实验均经过实际教学检验，在注重基本技术、技能训练的同时，增加无机、分析化学综合实验和设计研究型实验的比重，让学生能获得更多的实验技能和训练，培养学生各方面的素质和能力。

在编写本书时我们着重从以下几个方面入手来体现其特点。

1. 注重教材结构和层次

把化学实验基础知识、基本操作及常用仪器作为本书的第一篇，便于学生实验前预习，也有利于学生充分利用本教材。实验内容部分按基本操作和技能实验、无机及分析理论验证实验、实际应用实验、综合实验、设计实验的顺序编排，更有利于学生循序渐进地掌握实验技能，同时也可供工科院校各专业不同类型、层次、规格的教学要求和教学条件加以选择组合。

2. 精心选择实验内容

依据我校历年来的实验教学实践，由实验教学一线教师联合编写，书中大多数实验是我校在多年实验教学中选用或近几年教改中试用过的内容。同时博采众家之长，吸取成熟的经验，力求教学效果良好，学生容易接受，简单易行又充分贴合工业生产和生活实际。在教材中加入难度合适的设计型实验，给学生提供更多的选择余地，培养学生对化学实验的兴趣。

3. 突出工科专业特色

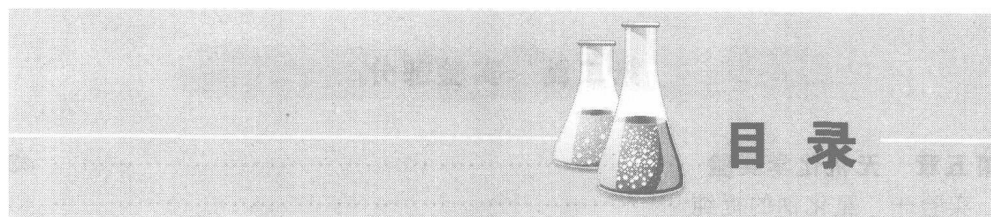
教材选择了部分与工业生产、环境保护、材料科学密切相关的内容，体现了实践性、应用性，也反映了现代化工行业的新发展、新技术，如“葡萄糖酸锌的

制备与质量分析”，“磷酸盐在钢铁防腐中的应用”，“废干电池的综合利用”等，体现了工科化学的特色，提升了学生对工业生产的认知和兴趣。

本书由张静主编，参加编写的同志主要有张犁黎、于大伟、赵丽萍、张焕、吴昊、李纲和王宗惠。同时吴昊同志负责组织稿件和整理工作。限于编者的水平，编写经验不足，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 3 月



绪论	1
一、化学实验的目的	1
二、化学实验的学习方法	1
三、实验报告的基本格式	2

第一篇 化学实验基础知识和基本操作

第一章 化学实验安全守则和常见伤害的防护	4
一、实验室安全守则	4
二、易燃和具有腐蚀性的药品与有毒药品的使用规则	5
三、常见伤害救护	5
四、意外事故的处理	6
第二章 无机化学实验常用仪器介绍	7
第三章 化学实验基本操作	14
一、仪器的洗涤	14
二、仪器的干燥	15
三、加热与冷却	15
四、固液分离	20
五、试剂的取用	23
六、基本度量仪器的使用	25
第四章 实验数据的处理	38
一、误差的分类及特点	38
二、有关误差的一些基本概念	39
三、提高分析结果准确度的方法	40
四、有效数字及运算规则	41

第二篇 实验部分

第五章 无机化学实验	43
实验一 氯化钠的提纯	43
实验二 硫酸亚铁铵的制备及组成分析	45
实验三 化学反应速率与活化能的测定	48
实验四 醋酸解离常数的测定	52
实验五 氧化还原反应	56
实验六 配位化合物	59
实验七 硼、碳、硅、氮、磷	62
实验八 铬、锰、铁、钴、镍	66
实验九 沉淀反应	70
实验十 水的软化及其电导率的测定	73
实验十一 阴离子定性分析	77
实验十二 水溶液中 Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Bi^{3+} 和 Zn^{2+} 等离子的分离和检出	80
实验十三 水溶液中 Fe^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 和 Zn^{2+} 等离子的分离和检出	84
第六章 分析化学实验	87
实验一 分析天平的称量练习	87
实验二 滴定分析量器的校准	90
实验三 酸碱溶液的配制及滴定操作练习	93
实验四 盐酸标准溶液的配制及混合碱含量的测定（双指示剂法）	96
实验五 EDTA 标准溶液的配制	99
实验六 水的总硬度的测定（配位滴定法）	102
实验七 铅、铋混合溶液 Pb^{2+} 、 Bi^{3+} 含量的连续滴定	105
实验八 高锰酸钾标准溶液的配制及过氧化氢含量的测定	108
实验九 石灰石中钙含量的测定（高锰酸钾法）	111
实验十 硫代硫酸钠标准溶液的配制及胆矾中铜含量的测定（碘量法）	114
实验十一 药片中维生素 C 含量的测定（碘量法）	118
实验十二 邻二氮菲吸光光度法测定微量铁	121
实验十三 HCl 和 HAc 混合液的电位滴定	126
实验十四 氯化物中氯含量的测定（莫尔法）	128
实验十五 二水合氯化钡中钡含量的测定（硫酸钡晶形沉淀重量分析法）	130
第七章 综合实验（无机、分析化工实验）	132
实验一 过氧化钙的制备及含量分析	132

实验二	葡萄糖酸锌的制备与质量分析·····	134
实验三	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的合成及组成分析·····	137
实验四	植物中某些元素的分离与鉴定·····	141
实验五	磷酸盐在钢铁防腐中的应用·····	144
实验六	废干电池的综合利用·····	146
实验七	硅酸盐水泥中硅、铁、铝、钙、镁含量的测定·····	149
实验八	胃舒平药片中铝、镁含量的测定·····	152
实验九	粗硫酸铜的提纯(设计型)·····	154
实验十	用酸碱滴定法测定食醋中总酸量(设计型)·····	155
实验十一	有机酸摩尔质量的测定(设计型)·····	156
实验十二	工业氧化锌含量的测定(设计型)·····	157
附录		158
附录一	几种常用酸碱的密度和浓度·····	158
附录二	常见离子鉴定方法汇总表·····	159
附录三	某些无机化合物在水中的溶解度·····	163
附录四	基准试剂的干燥条件·····	169
附录五	标准溶液的配制和标定·····	169
附录六	某些试剂溶液的配制·····	173
附录七	缓冲溶液·····	175
附录八	某些离子和化合物的颜色·····	176
附录九	元素的相对原子质量(2007)·····	179
附录十	化合物的相对分子质量·····	181
参考文献		185

绪 论



一、化学实验的目的

化学是一门实验科学。要很好地理解和掌握化学基本理论和基础知识,就需要亲自动手进行实验。此外,实验也是培养独立操作、观察记录、分析归纳、撰写报告等多方面能力的重要环节,因此化学实验课是实施全面的化学教育最有效的一种教学形式。无机及分析化学实验是化学、化工专业学生必修的基础化学实验课程之一。开设此课程的目的如下。

① 通过实验,可以获得大量物质变化的第一手感性知识。加深和巩固学生对一些基本理论、基本概念的理解。化学实验不仅能使理论知识形象化,而且能生动地反映理论知识适用的条件和范围,能较全面地反映化学现象的复杂性。

② 通过实验,学生亲自动手,能够训练学生的基本操作技能,使学生正确掌握基本化学仪器的使用,学会观察实验现象和测定实验数据,以及正确地处理所获得的数据。在分析实验现象和数据的基础上,真实客观地表达实验结果。

③ 通过实验,特别是其中的综合性、设计性实验,培养学生严谨的科学态度,良好的实验素质以及独立思考和独立工作的能力。如查找资料、设计方案、独立进行实验、细致观察和记录实验现象,分析归纳并用语言表达实验结果等。

无机及分析化学实验的任务就是要通过整个的无机及分析化学实验教学过程,逐步地达到以上各项目的,为学生后续的学习和科研奠定坚实的基础。

二、化学实验的学习方法

要达到以上实验目的,不仅要有正确的学习态度,而且还要有正确的学习方法,现将化学实验的学习方法归纳如下。

1. 预习

要使实验达到良好的效果,认真预习是前提。

- (1) 认真阅读实验教材、教科书和参考资料中的有关内容。
- (2) 明确实验目的,了解实验内容及注意事项。
- (3) 预习有关的基本操作及仪器的使用说明。
- (4) 在预习的基础上写好预习笔记。

2. 讨论

实验前,教师以提问的形式引发学生的思考,与学生共同讨论,明确实验原理和注意事项,演示规范操作。

3. 实验

(1) 按照拟定的实验方案步骤,认真操作,细心观察现象并及时地、如实地做好详细的记录。

(2) 将实验现象和数据如实地记录在实验报告上,不得涂改。

(3) 实验全程应勤于思考,仔细分析问题,力争自己解决问题。若实验失败,首先要认真分析、查找原因,自己难以解决时,可请教师指导并重新进行实验。

4. 实验报告

实验完成后对实验现象和实验数据进行解释并作出结论,根据实验数据进行处理和计算,独立完成实验报告,交给指导教师审阅。实验报告应字迹端正,简明扼要,整齐清洁。若实验现象、数据、解释、结论等不符合要求或报告写得潦草,应重做实验或重写报告。

三、实验报告的基本格式

无机及分析化学实验报告一般分为化学制备实验报告、化学测定实验报告和化学性质实验报告三种。

化学制备实验报告

实验名称: _____ 室温: _____ 气压: _____

年级: _____ 姓名: _____ 学号: _____ 实验日期: _____

一、实验目的

二、基本原理

三、简要流程

四、实验过程中的主要现象

五、实验结果

产品外观:

理论产量:

实际产量:

产率:

六、问题与讨论

化学测定实验报告

实验名称：_____ 室温：_____ 气压：_____

年级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 实验日期：_____

- 一、实验目的
- 二、基本原理(简述)
- 三、实验步骤
- 四、数据记录和结果处理
- 五、问题和讨论

化学性质实验报告

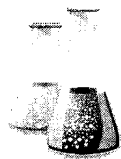
实验名称：_____ 室温：_____ 气压：_____

年级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 实验日期：_____

- 一、实验目的
- 二、实验内容与记录

实验步骤	实验现象	解释和反应(包括化学反应方程式)

- 三、讨论
- 四、小结

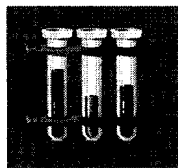


第一篇

化学实验基础知识和基本操作

第一章

化学实验安全守则和常见伤害的防护



在进行化学实验时，要严格遵守关于水、电、煤气和各种药品、仪器的操作规程。化学药品中，很多是易燃、易爆、有腐蚀性和有毒的。如果马虎大意，不按照规程操作，不但会造成实验的失败，还可能发生事故（如失火、中毒、烫伤或者烧伤等）。因此，第一，要从思想上重视实验室的安全工作，绝不能麻痹大意。第二，在实验前应了解仪器的性能和药品的性质以及本实验中的安全事项。在实验中注意集中精力，防止意外发生。第三，要学会一般救护措施，一旦发生意外事故，可以进行及时处理。事故与安全是一对矛盾，它们在一定的条件下可以转化。只要在思想上重视安全工作，遵守操作规程，事故就可以避免。

一、实验室安全守则

- (1) 实验前应熟悉每个具体操作中的安全注意事项。
- (2) 用完酒精灯后应立即熄灭，点燃的火柴用后应立即熄灭，不得乱扔。
- (3) 使用电器时要谨防触电，不要用湿的手、物接触电源。实验后应立即切断电源。
- (4) 绝对不允许把各种化学药品任意混合，以免发生意外事故。
- (5) 不要俯向容器去嗅气体的气味，应保持一定距离慢慢地用手把离开容器的气流扇向自己。
- (6) 稀释浓酸（特别是硫酸）时，应将酸注入水内并不断搅拌，切勿将水注入酸内，以免溅出或爆炸。
- (7) 倾注药剂或加热液体时，不要俯视容器，以防溅出。试管加热时，切记不要使试管口对着自己或别人。



- (8) 严禁在实验室内饮食或把食品带进实验室。实验后必须仔细把手洗净。
- (9) 离开实验室之前,应检查水、电、门、窗是否关闭。

二、易燃和具有腐蚀性的药品与有毒药品的使用规则

(1) 使用氢气时,要严禁烟火。点燃氢气前必须检查氢气的纯度。凡点燃可燃性气体之前,都必须检查其纯度。

(2) 浓酸、浓碱具有腐蚀性,不要把它们洒在皮肤或衣物上,废酸应倾入酸缸,但不要往酸缸中倾倒碱液,以免酸碱中和放出大量的热而发生危险。

(3) 强氧化剂(如氯酸钾、高氯酸)和某些混合物(如氯酸钾与红磷的混合物)易发生爆炸,保存及使用这些药品时,应注意安全。

(4) 银氨溶液久置后易发生爆炸。用后不要把它保存起来,应倾入水槽中。

(5) 活泼金属钾、钠等不要与水接触或暴露在空气中,应保存在煤油内,并在煤油内进行切割,取用时要用镊子。

(6) 白磷有剧毒,并能烧伤皮肤,切勿与人体接触;在空气中易自燃,应保存在水中,取用时要用镊子。

(7) 有机溶剂(乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时,一定要远离火焰,用后应把瓶塞塞严,放在阴凉的地方。当因有机溶剂引起着火时,应立即用沙土或湿布扑灭,火势较大时可用灭火器,但不可用水扑救。

(8) 下列实验应在通风橱内进行:

① 制备具有刺激性的、恶臭的、有毒的气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 CO_2 、 NO_2 、 SO_2 、 Br_2 等)或进行能产生这些气体的反应时;

② 进行能产生氟化氢(HF)的反应时;

③ 加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸时。

(9) 升汞(HgCl_2)和氰化物有剧毒,不得进入口内或接触伤口。砷盐和钡盐也有毒,不得进入口内。

(10) 汞易挥发,它在人体内会积累起来,引起慢性中毒。如遇汞洒落时,必须把它尽可能地收集起来,并用硫黄粉盖在洒落的地方,使汞变成硫化汞。

三、常见伤害救护

(1) 对割伤,可用药棉饱和药剂(双氧水或三氯化铁酒精溶液)涂在伤口上止血;也可用云南白药、止血粉止血。玻璃割伤可用红汞、碘酒或龙胆紫涂擦。还可用“好得快”、“创可贴”止血。

(2) 对烫伤,可在伤口上涂烫伤药膏或用浓高锰酸钾溶液涂在灼伤处至皮肤变成棕色,再涂上凡士林或烫伤药膏。

(3) 对强酸灼伤,应立即用水冲洗,再用2%~5%的碳酸钠或碳酸氢钠、肥皂水或淡石灰水冲洗,最后用水冲洗。

(4) 对强碱腐蚀,要立即用水冲洗,再用2%的醋酸溶液或硼酸溶液冲洗。

(5) 若毒药误服口中,应用5~10mL硫酸铜溶液加入一杯温水中,内服后用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即去医院治疗。

四、意外事故的处理

(1) 实验过程中万一出事，不要惊慌，如涉及人身安全，应尽力保护学生，尽量让学生疏散出去，同时实事求是、科学地分析事故产生的原因，排除故障，不要使学生感到恐惧，害怕实验。

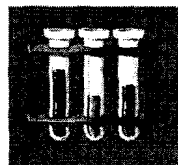
(2) 触电时应立即切断电源，在触电者脱离电源之后，将触电者迅速放在空气流通的地方急救，进行人工呼吸，有危险者，应立即送往医院。

(3) 电线短路起火时，应切断电源，用四氯化碳灭火器灭火。在未切断电源之前，忌用水和二氧化碳泡沫灭火器灭火，以免造成触电等新的事故。

(4) 当大量的酒精、汽油等散落在地板上时，要立即打开门窗透风，并严禁明火，以防可燃性蒸气爆炸或起火。酒精起火时，应立即用湿布或沙土等灭火，如火势较大，也可用泡沫灭火器灭火。

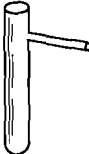
(5) 油类起火时，用干燥沙土或泡沫灭火器灭火。严禁用水浇，以防止油溢出，造成火势蔓延。

第二章 无机化学实验常用仪器介绍

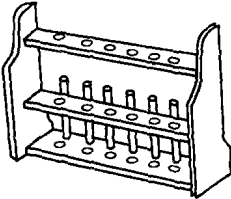
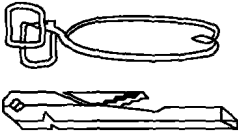
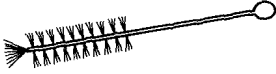
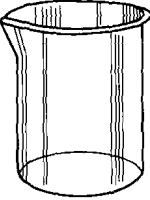
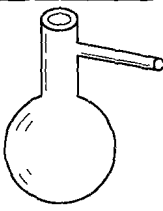


化学实验仪器大部分是玻璃制品，少部分为其他材质。因为玻璃有较好的化学稳定性、很好的透明度，原料廉价又比较容易得到，此外，玻璃易于被加工成各种形状。在化学实验中，要合理选择和正确使用仪器，才能达到实验目的。表2-1是无机及分析化学实验中常见的仪器名称、规格、用途及注意事项。

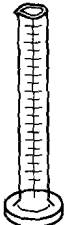
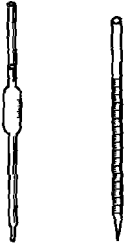
表 2-1 常见仪器名称、规格、用途及注意事项

仪 器	规 格	作 用	注意事项
 普通试管 (test-tube)	玻璃质，分硬质试管、软质试管、普通试管、无刻度的普通试管。以管口外径(mm)×管长(mm)表示	用作少量试剂的反应容器，也可用于少量气体的收集	普通试管可直接用火加热。硬质试管可加热至高温。加热时应用试管夹夹持。加热后不能骤冷
 具支试管 (branch test-tube)	以管口外径(mm)×长度(mm)表示	密封的具支试管相当于有单孔塞的普通试管。可以进行洗气，还可以组装简易的启普发生器	试管与支管连接位置易折断
 离心试管 (centrifugal test-tube)	以容量(mL)表示	主要用于沉淀分离	离心试管只能用水浴加热

续表

仪 器	规 格	作 用	注意事项
 试管架 (test-tube rack)	有木质、铝质和塑料质等 有大小不同、形状不一的各种规格	盛放试管	加热后的试管应以试管夹夹好悬放在试管架上
 试管夹 (test-tube clamp)	由木料或粗金属丝、塑料制成。形状各有不同	夹持试管	防止烧损和锈蚀
 毛刷 (hair brush)	以大小和用途表示。如试管刷等	洗刷玻璃器皿	使用前检查顶部竖毛是否完整,避免顶端铁丝戳破玻璃仪器
 烧杯 (beaker)	玻璃质。分普通型、高型、有刻度、无刻度。规格以容量(mL)表示	用作较大量反应物的反应容器,也用作配制溶液时的容器或简易水浴的盛水器	加热时应置于石棉网上,使其受热均匀。刚加热后不能直接置于桌面上,应垫以石棉网
 锥形烧瓶 (conical flask)	玻璃质。规格以容量(mL)表示	反应容器,振荡方便,适用于滴定操作	加热时应置于石棉网上,使其受热均匀。刚加热后不能直接置于桌面上,应垫以石棉网
 蒸馏烧瓶 (distilling flask)	玻璃质。规格以容量(mL)表示	用于液体蒸馏,也可用作少量气体的发生装置	加热时应置于石棉网上,使其受热均匀。刚加热后不能直接置于桌面上,应垫以石棉网

续表

仪 器	规 格	作 用	注意事项
 普通圆底烧瓶 (round flask)	玻璃质。规格以容量(mL)表示	反应物较多且需长时间加热时常用作反应容器	加热时应放置在石棉网上。竖直放在桌面上时,应垫以合适的器具,以防滚动而打破
 磨口圆底烧瓶 (ground-in round flask)	玻璃质。规格以容量(mL)表示。还以磨口标号表示其口径大小,如 10、14、19 等	反应物较多且需长时间加热时常用作反应容器	加热时应放置在石棉网上。竖直放在桌面上时,应垫以合适的器具,以防滚动而打破
 量筒 (measuring cylinder)	玻璃质。规格以刻度所能量度的最大容积(mL)表示 上口大下部小的称作量杯	用于量度一定体积的液体	不能加热 不能量热的液体。 不能用作反应容器
 移液管 吸量管 (pipette)	玻璃质。移液管为单刻度,吸量管有分刻度。规格以刻度最大标度(mL)表示	用于精确移取一定体积的液体	不能加热 用后应洗净,置于吸管架(板)上,以免沾污