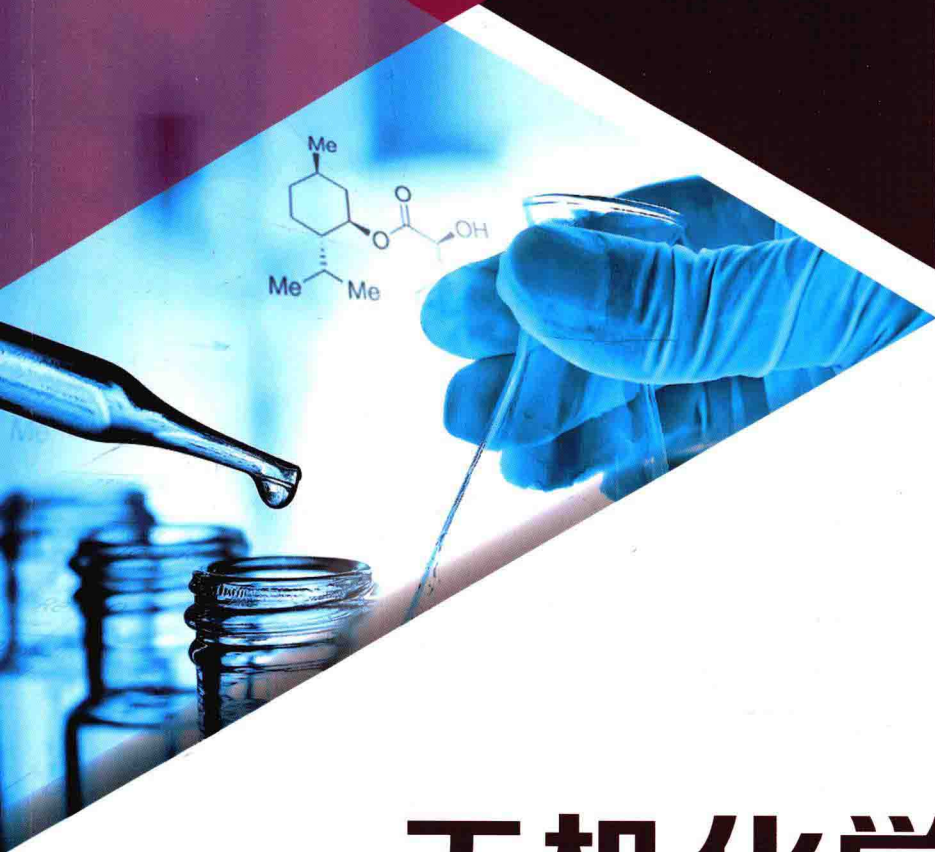


| 高等教育“十三五”部委级规划教材



无机化学实验

东华大学化学化工与生物工程学院无机化学教研室 编著

张琳萍 侯煜 刘燕 主编

东华大学出版社

高等教育“十三五”部委级规划教材

无机化学实验

东华大学化学化工与生物工程学院无机化学教研室 编著

张琳萍 侯煜 刘燕 主编

东华大学出版社·上海

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/张琳萍, 侯煜, 刘燕主编; 东华大学化学化工与生物工程学院
无机化学教研室编著. —上海: 东华大学出版社, 2017. 9
ISBN 978-7-5669-1276-3

I. ①无… II. ①张… ②侯… ③刘… ④东… III. ①无机化学—化学实验
IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 214589 号

责任编辑: 竺海娟

封面设计: 魏依东

无机化学实验

Wuji Huaxue Shiyan

东华大学化学化工与生物工程学院无机化学教研室 编著

张琳萍 侯煜 刘燕 主编

出版: 东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号 邮政编码: 200051)

本社网址: <http://www.dhupress.net>

天猫旗舰店: <http://dhdx.tmall.com>

营销中心: 021-62193056 62373056 62379558

印刷: 苏州望电印刷有限公司

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 11

字数: 300 千字

版次: 2017 年 9 月第 1 版

印次: 2017 年 9 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-5669-1276-3

定价: 38.00 元

前 言

无机化学实验是高等院校化学、应用化学及化学相关专业所开设的一门必修课程，因此，无机化学实验的教与学是加强大学生基础知识、基本技能和基本操作的重要过程，是培养大学生的动手能力、创新意识、实证精神和优良科学素养的重要环节，同时也是大学新生的学习方法和思维能力实现转折和跨越的关键一步。

东华大学开设“无机、分析、有机和物化”四门化学实验课程已有多年历史，本教材是在《基础化学实验》教材的基础上经任课教师修改、补充、编写而成的。全书包括如下内容：

1. 无机化学实验的基础知识与基本操作。本部分介绍了玻璃仪器的使用、试剂的取用和称量、固体的溶解、固液分离、蒸发、结晶等基本实验技能的训练，并对常用测量仪器的使用及实验结果的记录与分析处理等内容进行了介绍。

2. 基本化学原理实验。本部分旨在通过实验加深学生对无机化学基本理论（化学热力学、化学动力学及酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位平衡等）的理解、掌握和运用。

3. 重要元素及其化合物性质实验。对常见元素的主要化合物的性质和变化规律进行学习、巩固和验证。

4. 综合性实验。注重理论与实际的结合，在实验的过程中综合应用无机化学理论和化学实验的基本原理和操作技术。

本教材共收编了 24 个实验，在结构上按照“基础——综合——研究”三个层次进行建设，遵循夯实基础、加强综合、引入研究的思路，并按照经典实验与学科前沿实验内容相结合，常规实验技术与现代实验技术相结合的特点编写。在实验内容的安排上符合本科生的认知规律，由浅入深，由简至繁，让学有余力的学生可以充分发挥其潜力和兴趣，使学生的综合实践能力得到强化训练。

参加本教材编写工作的有杨常玲（实验 3、实验 7）；梁凯（实验 8、实验 21）；林苗（实验 15~17）；邢彦军（实验 10~12、实验 22、实验 23）；侯煜（实验 1、实验 2、实验 9、实验 18、实验 24）；张琳萍（实验 5~7、实验 13、实验 14、实验 19、实验 20）。刘燕负责第一章、第二章和附录部分的录入和校正，最后由张琳萍、侯煜统稿。

本教材在编写过程中得到了赵曙辉教授的大力支持，在此表示衷心的感谢。限于编者水平，书中疏漏、错误之处在所难免，敬请有关专家和广大师生批评指正。

编者

2017 年于东华大学

目 录

绪 论	1
第一章 基本知识和基本操作	10
第一节 无机化学实验常用仪器	10
第二节 玻璃仪器的洗涤	14
第三节 化学试剂的纯度和取用	15
第四节 加热及冷却方法	17
第五节 固体物质的干燥、溶解与结晶	19
第六节 固液分离	22
第七节 气体的发生、净化、干燥与收集	25
第八节 移液管、容量瓶和滴定管的使用	27
第九节 实验室常用的称量仪器	31
第十节 PHS-3C 型酸度计的使用说明	34
第十一节 DDSJ-308A 型电导率仪的使用说明	36
第十二节 VIS-7200A 型分光光度计的使用说明	38
第二章 实验数据处理	45
第一节 误差与偏差	45
第二节 有效数字及其运算规则	47
第三节 处理数据的常用方法	48
第三章 基本操作与制备实验	50
实验 1 硫酸铜的提纯	50
实验 2 硫酸铝钾的制备	51
实验 3 硫代硫酸钠的制备及性质分析	53
实验 4 磷酸二氢钠与磷酸氢二钠的制备	54
第四章 基本原理实验	56
实验 5 化学反应摩尔焓变的测定	56
实验 6 醋酸标准电离常数和食醋中醋酸含量的测定	60
实验 7 化学反应速率与活化能的测定	62
实验 8 硫酸钡溶度积的测定(电导率法)	65

实验 9 标准平衡常数的测定	68
实验 10 电解质在水溶液中的电离平衡	70
第五章 元素性质实验	79
实验 11 氧、硫、氮、磷	79
实验 12 氯、溴、碘	84
实验 13 铁、钴、镍	88
实验 14 锡、铅、铋、铊	91
第六章 综合及设计性实验	96
实验 15 硫酸亚铁铵的制备	96
实验 16 草酸亚铁的制备及定性分析	98
实验 17 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备	99
实验 18 纳米氧化铁的制备	101
实验 19 分光光度法测定 $[\text{FeSCN}]^{2+}$ 配离子的稳定常数	103
实验 20 二水合氯化铜的制备	106
实验 21 碱式碳酸铜的制备	108
实验 22 二草酸合铜(Ⅱ)酸钾的制备和表征	109
实验 23 钴(Ⅲ)氨氯化物的制备和组成分析	114
实验 24 混合离子的分离和鉴定	122
附 录	128
附录 1 常见阴、阳离子的鉴定	128
附录 2 难溶化合物的溶度积常数	137
附录 3 弱酸、弱碱在水中的离解常数(25℃、I=0)	140
附录 4 几种常用的酸碱指示剂	142
附录 5 常见离子和化合物的颜色	143
参考文献	148
实验报告	149
安全承诺书	149
无机化学实验仪器清单	150
硫酸铜的提纯	151
化学反应摩尔焓变的测定	153
醋酸标准电离常数和食醋中醋酸含量的测定	155
硫酸亚铁铵的制备	159
草酸亚铁的制备及定性分析	161
三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备	163
电解质在水溶液中的电离平衡	165

绪 论

无机化学实验的目的

无机化学实验主要是让学生学习和掌握无机化合物（包括简单化合物和配合物）的合成与表征方法。它与《无机化学》理论课紧密结合，但又是一门独立的课程，是一门实践性很强的基础课程，涉及内容广泛，既能增强学生的实践动手能力，又能培养学生分析问题和解决问题的能力。

该课程的主要目的是：

1. 通过实践，使学生巩固和加深对无机化学基本理论知识的理解。
2. 培养学生正确、熟练地掌握无机化学实验的基本操作技能，正确使用化学实验常用仪器，了解无机物的一般制备、分离和提纯的方法。
3. 培养学生正确地观察和描述实验现象，测定实验数据并加以科学地记录、处理、概括与分析，正确地表达实验结果并获得结论。
4. 培养学生学习使用有关的手册、文献资料及信息网络查阅相关的信息、公式和常数。
5. 培养学生具有一定的分析问题、解决问题的能力 and 创新能力。
6. 培养学生严谨的科学态度、科学的思维方法、良好的实验习惯、实事求是的工作作风，以及勇于探索的科学精神。
7. 培养学生的安全意识、规范操作意识和环保意识。

无机化学实验的学习方法

为了达到无机化学实验课程的教学目的，无机化学实验课通过设计不同的实验，让学生熟悉无机化合物的合成技术，在实验过程中通过运用数学、物理和化学的方法和手段解决无机化学的理论问题，同时获得与化学理论相关的实验结果与数据。更为主要的是，在实验过程中提高学生学习的无机化学的兴趣。要学好无机化学实验课程需要有正确的学习方法，包括以下几个方面：

1. 认真预习

为使实验获得更好的效果，避免实验中“照方抓药”的不良现象，预习应达到下列

要求:

①认真阅读实验教材、参考教材中的有关内容,对实验涉及的相关理论和研究领域进行充分的了解。

②通过预习,对实验原理、内容和过程有一个正确、全面的理解,明确本实验的目的和内容,对思考题进行分析、判断,做出正确的解答。

③掌握本实验的预备知识和实验关键,了解本实验的内容、步骤、操作和注意事项,能够有组织、有条理、有针对性地完成实验,对实验中可能出现的现象、问题及相应的解决办法有所准备。

④写好预习报告后,方能进行实验。若发现预习不够充分,应停止实验,熟悉实验内容后再进行实验。

⑤预习报告必须使用胶粘或装订笔记本,不能使用活页夹或者散页。

2. 认真实验

学生应遵守实验室规则,在实验老师的指导下完成实验,根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量来进行操作,并应做到下列几点:

①认真阅读和遵守“化学实验室安全守则”和“实验室安全承诺书”,养成良好的科学实验习惯,实验中保持肃静,注意保证人身安全和实验室安全,保持实验室的整洁卫生,节约药品,培养良好的科研素养和道德。

②认真、规范操作,细心观察,如实记录,不得抄袭他人数据。实验中测量的原始数据必须记录在预习报告本上,不得将数据记录在纸片或其他地方,不得伪造和涂改原始数据,不得使用铅笔进行记录。

③实验过程中应勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。

3. 认真书写实验报告

①严格地根据实验记录的原始数据,进行处理、计算和分析,对实验现象和结果进行讨论,得出相应的结论,按规范独立书写完成实验报告,及时交给指导教师审阅。

②书写报告应字迹端正,简单扼要,整洁清晰。实验报告潦草、马虎者,应重写;实验报告中抄袭他人的数据或是伪造数据者,实验成绩记为零分。

③实验报告应包括七部分内容:

(a) 实验题目

(b) 实验目的(简要说明实验目的,应掌握的原理、方法和技能)。

(c) 实验原理(主要原理和实验方程式)。

(d) 实验步骤(使用简单明了的流程图、表格或者符号,清晰地表示实验内容和步骤)。

(e) 实验数据记录和数据处理(学会使用 Excel 或者 Origin 作图或者以表格形式处理数据,清晰显示数据的变化规律,不得主观臆造或者抄袭)。

(f) 在附录的实验报告模板中加上“实验结果与讨论”项,对实验数据和结果的可靠性与合理性进行分析和评价,认真分析导致实验异常或者误差的原因,并使用无机化学理论知识解释所观察到的实验现象。针对本实验中遇到的问题、实验方法和实验内容,认真思考并写出自己的意见、结论和收获。对实验可以改进的地方也可提出自己的见解。

(g) 思考题 (根据实验中相关现象和数据回答问题)。

4. 评分标准

实验成绩的评定不仅注重课程要求的全面性,还注重在实践过程中对学生实验操作和分析能力的考核。主要包括下列内容:对实验原理和基础知识的理解;实验操作的准确性;实验结果的正确性与精密度;实验结果的讨论;对实验设计的合理性和运用理论知识的综合性;书写预习报告和实验报告的情况。

实验报告格式示范

1. 制备实验示例

- 一、实验目的
- 二、实验原理
- 三、实验步骤 (流程图)
- 四、实验结果

产品外观 (颜色、形状、颗粒大小等)

产量: 理论产量: 产率:

表征数据:

产品纯度检验:

实验数据处理:

- 五、实验结果与讨论

- 六、思考题

2. 常数测定实验示例

- 一、实验目的
- 二、实验原理
- 三、实验步骤 (流程图)
- 四、实验结果

原始实验数据:

实验数据处理:

误差分析:

- 五、实验结果与讨论

- 六、思考题

3. 性质实验示例

- 一、实验目的
- 二、实验内容

实验步骤	实验现象	实验原理 (包括必要的方程式)
一、弱酸弱碱的解离 1. NaAc+酚酞	对应左格中的反应, 写出颜色变化、气体、沉淀生成、吸放热等	根据左边两格信息, 写出 ①实验涉及的反应方程式 ②实验教材中提出的问题 ③相关基础理论
第一部分结论:		

三、思考题

4. 综合性实验示例

实验报告要求以科研小论文的形式书写。结合实验内容、教材、网络信息搜索相关内容, 通过独立思考, 按照以下模板格式, 撰写完成 (要求手写)。

一份完整的课程小论文应包括以下几方面:

①标题

标题应简短、明确、有概括性。通过标题使读者大致了解论文的内容、专业的特点和科学的范畴。标题字数要适当, 一般不宜超过 20 字。

②论文摘要

摘要又称内容提要, 它应以浓缩的形式概括论文的内容和观点, 应能反映整篇论文内容的精华。中文摘要以 20~50 字为宜; 要独立成文, 选词用语要避免与全文尤其是前言和结论部分雷同; 既要写得简短扼要, 又要表明论文主要观点。

③关键词

关键词是从论文的题目、摘要和正文中选取出来的, 是对表述论文的中心内容有实质意义的词汇。论文一般选取 3~8 个词汇作为关键词。

④正文

正文是作者对本实验的详细表述, 是全文的主体, 其内容包括:

- 问题的提出 (实验目的, 为什么合成这一化合物? 有什么意义?);
- 研究工作基础 (谁最早做过? 怎么合成的?);
- 基本概念 (什么是配合物?) 和理论基础 (实验原理);
- 研究内容及其分析 (如何合成? 中间产物分别是什么? 固体还是液体? 什么颜色? 等);
- 实验研究得出的结论 (得到什么颜色的产物? 产量和产率分别是多少? 化合物水溶液的最大吸收峰在什么位置? 吸光度分别是多少? 等等); 此处为实验报告要求, 不宜涉及具体实验内容。
- 讨论: 将课后习题的答案穿插到实验结果的讨论与分析中。

⑤参考文献

参考文献是小论文不可缺少的组成部分, 它反映小论文的取材来源、材料的广博程度和可靠程度。一份完整的参考文献也是向读者提供的一份有价值的信息资料。小论文的参考文献不必过多, 一般只需列入 3~5 篇主要的中外文献。

[示例]

钴(Ⅲ)氨氯络合物的制备及性质表征

×××

(学号×××××, 化学化工与生物工程学院)

摘要: 本文制备了两个钴(Ⅲ)氨氯络合物 $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ 和 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。使用电子光谱和电导法对其组成进行了表征, 并对 Cl^- 和 NH_3 两种配体的分裂能大小进行了对比。

关键词: 钴(Ⅲ)氨氯络合物 制备 分裂能 电子光谱 电导法

• 前言

三氯化六氨合钴(Ⅲ)的分子式为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, 是一种典型的维尔纳配合物。该配合物是由一个 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 阳离子和三个 Cl^- 组成的。

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 是反磁性的, 低自旋的钴(Ⅲ)处于阳离子八面体的中心。由于阳离子符合18电子规则, 因此被认为是一例典型的对配体交换反应呈惰性的金属配合物。作为其对配体交换反应呈惰性的一个体现, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 中的 NH_3 与中心原子 $\text{Co}(\text{Ⅲ})$ 的配位很紧密, 以至于 NH_3 不会在酸溶液中发生解离和质子化, 使得 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 可从浓盐酸中重结晶析出。与之相反的是, 一些不稳定的金属氨络合物比如 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$, $\text{Ni}(\text{Ⅱ})-\text{NH}_3$ 键的不稳定使 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 在酸中迅速分解。三氯化六氨合钴(Ⅲ)经加热后会失去部分氨分子配体, 形成一种强氧化剂。

三氯化六氨合钴(Ⅲ)中的氯离子可被硝酸根、溴离子和碘离子等一系列其他的阴离子交换形成相应的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 衍生物。这些配合物呈亮黄色并显示出不同程度的水溶性。

.....

• 实验部分

1. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的制备

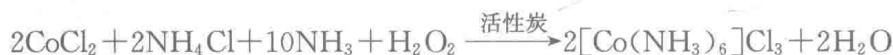
台秤称取6 g NH_4Cl 并溶于12 mL水中, 加热至沸(锥形瓶中)。称9 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 于上述锥形瓶中, 加热溶解, 然后趁热倒入另一装有5 g活性炭的锥形瓶中。用水冷却含Co的锥形瓶并加入20 mL浓氨水, 进一步用冰水冷却到10 °C以下。慢慢加入8 mL 30% H_2O_2 , 在水浴上加热到60 °C, 恒温20 min。冷却, 抽滤, 若抽滤瓶或锥形瓶中有沉淀则用母液全部转移到漏斗中。将6 mL 1:1的HCl加入到75 mL水中, 加热至沸, 将上述沉淀溶于其中, 趁热过滤。滤液中慢慢加入20 mL 1:1的HCl, 即有大量桔黄色晶体析出。冰水冷却, 抽滤, 并用少量无水乙醇洗晶体, 再抽干, 转移至称量瓶中, 于烘箱中(105 °C)干燥2 h, 然后转移至干燥器中保存。

.....

• 结果与讨论

$E_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}}^{\ominus} = 1.84 \text{ V}$, $E_{\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}/\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}}^{\ominus} = 0.1 \text{ V}$ 所以, 通常情况下, 稳定性: $\text{Co}^{3+} >$

Co^{2+} ，而 $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} > \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ 。



其中活性炭为催化剂， H_2O_2 为氧化剂。

合成制备得到： $W_{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3} = 6.2 \text{ g}$ ，产率为 70%。

使用分光光度计测定了 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 水溶液的电子光谱，出现了两个最大吸收峰：

1) 350 nm，ABS 为 0.998。

2) 520 nm，ABS 为 0.899。

因此，根据分裂能与波长的关系，可以计算得到 Δ 。

化学实验室安全守则

1. 熟悉实验环境，了解与安全有关的设施（如水、电、煤气的总开关，消防用品、急救箱等）的位置和使用方法。

2. 用完煤气灯、电炉等加热设备，应立即关闭，拔下插销。

3. 使用电器设备时，不要用湿手接触插销，以防触电。

4. 容易产生有毒气体及挥发性、刺激性毒物的实验应在通风橱内进行。

5. 使用有毒试剂时，应严防进入口内或接触伤口，实验后废液应回收，集中统一处理。

6. 用试管加热液体时，试管口不准对着自己或他人；不能俯视正在加热的液体，以免溅出的液体烫伤眼、脸；闻气体的气味时，鼻子不能直接对着瓶（管）口，而应用手把少量的气体扇向自己的鼻孔。

7. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性，使用时不要溅在皮肤或衣服上，更应注意保护眼睛，稀释时（特别是浓硫酸），应在不断搅动下将它们慢慢倒入水中，而不能相反进行，以免迸溅。

8. 不允许将各种化学药品随意混合，以防发生意外；自行设计的实验，需和老师讨论后方可进行。

9. 加热后的坩埚、蒸发皿应放在石棉网或石棉板上，不能直接放在台面上，更不能与湿物接触，以防炸裂。

10. 实验室内严禁饮食、吸烟、嬉戏打闹、大声喧哗。实验完毕应将双手洗净。

11. 实验过程中随时注意保持实验室的安静和整洁，纸屑、pH 试纸等放入废物桶内，不得随意丢在水池、地上或实验台上。

12. 实验后的废弃物，如废纸、火柴梗等固体物应放入废物桶（箱）内，不要丢入水槽内，以防堵塞。碎玻璃、有毒有腐蚀的试剂瓶和其他有棱角的锐利废料，不能丢进废纸篓内，要收集于特殊废品箱内处理。废液小心倒入专用废液桶中。

13. 实验完毕，清洗用过的玻璃仪器、公共仪器，并将试剂放回原处，把实验台和试剂架整理干净，经教师同意后方可离开实验室。

14. 实验结束后值日生负责对整个实验室进行清扫，检查并关闭水、电、煤气的总阀门以及门窗。

化学实验室意外事故处理

1. 玻璃割伤：若伤口内有异物应先取出，清洗干净，然后涂上红药水并用纱布包扎。伤势较重时，包扎后立即送医院治疗。

2. 烫伤：一旦被火焰、蒸汽、红热玻璃、陶器、铁器等烫伤，轻者可用10%高锰酸钾溶液擦洗伤处，撒上消炎粉，烫伤处涂烫伤膏，重者需送医院救治。

3. 被强酸灼伤：先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗，最后再用水冲洗。酸液溅入眼睛时，先用大量水冲洗，再用1%碳酸氢钠溶液洗，最后用蒸馏水或去离子水洗，必要时送医院治疗。

4. 被强碱灼伤：先用大量水冲洗，再用1%硼酸或2%醋酸溶液冲洗，最后用水冲洗后敷上硼酸软膏。碱液溅入眼睛时，先用大量水冲洗，再用1%硼酸溶液洗眼，最后用蒸馏水或去离子水洗，必要时送医院治疗。

5. 触电：一旦遇到有人触电，应立即切断电源，尽快用绝缘物（如竹竿、干木棒等）将触电者与电源隔开，切不可用手去拉触电者。在必要时可进行人工呼吸。

6. 火灾：如果不慎起火，要立即灭火，并采取措施防止火势蔓延（如切断电源、移走易燃药品等）。灭火要根据起因选用合适的方法。一般的小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物；火势大时可使用泡沫灭火器；电器设备所引起的火灾，只能使用四氯化碳灭火器灭火，不能使用泡沫灭火器，以免触电；实验人员衣服着火时，切勿惊慌乱跑，应赶快脱下衣服，或用石棉布覆盖着火处（就地卧倒打滚，也可起到灭火作用）。

无机化学实验室“三废”的处理

化学实验会产生各种有毒的废气、废液和废渣，若处理不当，不仅会污染环境，造成公害，而且其中贵重和有用的成分没能回收，在经济上也有损失，因此，必须对“三废”进行处理。

1. 废气

对少量的有毒气体可通过通风设备（通风橱或通风管道）经稀释后排至室外，通风管道应有一定的高度，使排出的气体易被空气稀释。对于含氮、硫、磷等酸性氧化物气体，应用导管通入碱液中，使其被吸收后再处理。

2. 废液

可根据废液的化学特性选择合适的容器和存放地点，密闭存放，防止挥发性气体逸出而污染环境。储存时间不宜太长，储存数量也不宜太多，存放地应通风良好。废酸、废碱液通过酸碱中和后再进一步处理。

① 含镉废液：加入消石灰等碱性试剂，使所含金属离子形成氢氧化物沉淀而除去，或加入FeS使 Cd^{2+} 转化为CdS沉淀除去。

② 含铬(VI)废液：Cr(VI)有毒且能致癌。含铬(VI)废液的处理方法大致分为两类：其一为化学还原法，先向废液中加入铁粉（或 $FeSO_4$ 、 Na_2SO_3 ）等还原性试剂，使其还原

为 Cr(III)后,再用 NaOH (或 NaHCO₃) 等碱性试剂调节 pH 为 6~8,最后通入空气并加热使 Cr(III)生成 Cr(OH)₃ 沉淀除去;其二为离子交换法,此法适用于含 Cr(VI)浓度较高的废水处理,使废水通过强酸型阳离子交换柱和强碱型阴离子交换柱,前者除去阳离子,后者除去 HCrO₄⁻ 等阴离子。

③含氰化物废液:氰化物是剧毒物质,含氰废液必须认真处理。常用的处理方法有两种:其一是氯碱法,即将废液用 NaOH 调节 pH 至 10 以上,通入氯气或加入次氯酸钠,使氰化物分解成 CO₂ 和 N₂ 而除去;其二是电解法,以石墨作阳极、不锈钢作阴极,通上低于 10 V 的直流电,使氰根 (CN⁻) 在阳极以 CO₂ 和 N₂ 逸出,含氰废液中的重金属离子也会在阴极沉淀,这种处理方法成本较高。

④含汞及其化合物废液:一般使用离子交换法,此法不适用于含少量汞液。含少量汞液一般使用硫化法。先调节 pH 至 8~10,再加入适量 Na₂S (或 FeS),使其生成难溶的 HgS 而除去。

⑤含铅盐及重金属的废液:一般是在废液中加入 Na₂S (或 NaOH) 使铅盐及重金属离子生成难溶的硫化物 (或氢氧化物) 沉淀除去。

⑥含砷废液:其一,在废液中加入 FeSO₄,然后再用 NaOH 调节 pH 至 9 左右,此时生成的 Fe(OH)₃ 比表面积较大,砷化合物会被吸附在其表面而共沉淀出来,经过滤除去;其二,加入 H₂S 或 Na₂S,使其生成硫化物沉淀而除去。

3. 废渣

实验室产生的有害固体废渣虽然不多,但是决不能将其与生活垃圾混倒。固体废弃物经回收、提取有害物质后,其残渣可以进行土地填埋。被填埋的废弃物应是惰性物质或被微生物分解的物质。填埋场应远离水源,场地底土不透水,不能渗入到地下水层。

安全承诺书

为了保障学生个人和实验室的安全,学生进入实验室之前,须仔细阅读并签订《学生实验安全承诺》:

1. 做实验前,根据所做实验的安全要求做好必要的准备和充分的预习,在得到教师允许的情况下进入实验室,开始实验;
2. 进入实验室要穿实验服、戴护目镜,不穿短裤、裙子、高跟鞋、拖鞋、凉鞋等进入实验室;女生若头发长,需扎起来,不可长发披肩做实验;
3. 在实验室内不吸烟、不饮食、不接听手机、不大声喧哗及追逐打闹,不随意离开实验室;
4. 实验时思想集中,按照实验步骤认真操作,认真记录实验现象,未经允许,不随意改动实验操作前后次序;
5. 严格按照要求取用各种化学试剂,不浪费化学试剂,按规定回收或将废弃物倒入指定容器,不得将实验室内物品带出实验室;
6. 严格遵从指导老师对危险化学品的使用操作要求,未经许可,不随意更改;
7. 爱护实验仪器设备,严格按照使用说明操作仪器;除指定使用的仪器外,不随意

乱动其他设备，实验用品不挪作他用；

8. 实验结束后，清洗所使用的仪器，清理桌面，打扫卫生，关闭水、电、煤气的总阀门以及门窗，经指导教师检查认可后，再离开实验室。

学生姓名		学号	
所在学院		班级	
课程名称			
实验时间	_____至_____学年 第_____学期 星期_____上午/下午		

本人已认真阅读了以上条款，并承诺履行。若因违背上述承诺造成意外人身伤害事故，后果本人自负。

学生签名：

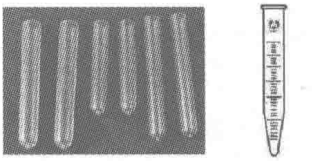
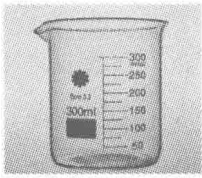
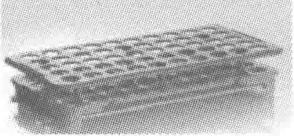
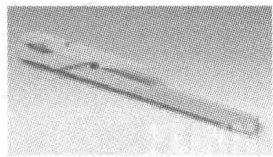
时间： 年 月 日

第一章 基本知识和基本操作

第一节 无机化学实验常用仪器

化学实验中常用的基本仪器的介绍见表 1-1。

表 1-1 化学实验基本仪器介绍

仪器	规格	用途	注意事项
 试管 离心试管	玻璃质，分硬质和软质，有普通试管和离心试管。普通试管以外径×长度表示，单位 mm，如 15 mm×150 mm、10 mm×100 mm 等，离心试管以容积 (mL) 表示，有 5 mL、10 mL、15 mL 等规格	普通试管用作少量试剂的反应容器，便于操作和观察。也可用于少量气体的收集； 离心试管主要用于少量沉淀与溶液的分离	普通试管可直接用火加热，硬质试管可加热到高温，加热时要用试管夹夹持，加热后不能骤冷；反应试液一般不能超过试管容积的 1/2，加热时不能超过试管容积 1/3；加热液体时管口不要对人；离心试管不可直接加热
 烧杯	玻璃质，分硬质和软质，有普通型和高型，有刻度和无刻度之分；规格以容积 (mL) 表示	用作反应物量较多时的反应容器，反应物易混合均匀；也可用作配制溶液时的容器或简易水浴的盛水器	加热时外壁不能有水；应置于石棉网上加热，使受热均匀；刚加热后不能直接置于桌面上，应垫以石棉网
 试管架	有木质、铝质和塑料质等，有大小不同、形状各异等多种规格	盛放试管用。	加热后的试管应用试管夹夹住悬放架上
 试管夹	由木质和粗钢丝制成	夹持试管	防止烧损或锈蚀

仪器	规格	用途	注意事项
 <p>试管刷</p>	用动物毛（或化学纤维）和铁丝制成，以大小和用途表示，如试管刷、滴定管刷等	洗刷玻璃仪器用	使用前检查顶部竖毛是否完整；小心刷子顶端的铁丝撞破玻璃仪器
 <p>锥形瓶</p>	玻璃质；规格以容积（mL）表示，常见的有 125 mL、250 mL、500 mL 等	反应容器，振荡方便，适用于滴定操作	加热时外壁不能有水；应置于石棉网上加热，使受热均匀；刚加热后不能直接置于桌面上，应垫以石棉网
 <p>圆底烧瓶 平底烧瓶</p>	玻璃质；规格以容积（mL）表示，常见的有 50 mL、100 mL、250 mL、500 mL 等	反应物多且需长时间加热时，常用它作反应容器，受热面积大，耐压大	盛放液体的量不能超过烧瓶容量的 2/3，也不能太少；固定在铁架台上，下垫石棉网再加热；圆底烧瓶放在桌面上时，下面要垫木环以防滚动而被打破
 <p>蒸馏烧瓶</p>	玻璃质；规格以容积（mL）表示，常见的有 50 mL、100 mL、250 mL、500 mL 等	用于液体蒸馏，也可用作少量气体的发生装置	盛放液体的量不能超过烧瓶容量的 2/3，也不能太少；固定在铁架台上，下垫石棉网再加热；放在桌面上时，下面要垫木环以防滚动而被打破
 <p>带铁圈的铁架台</p>	铁制品	用于固定或放置反应器，铁环还可以代替漏斗架使用	使用前检查各旋钮是否旋紧；使用时仪器的重心应处于铁架台底盘中部
 <p>漏斗 长颈漏斗</p>	玻璃质，分长颈、短颈；规格按颈长（mm）分，有 30 mm、40 mm、60 mm、100 mm 等，此外还有铜质热漏斗专用于热过滤	用于过滤操作以及倾注液体；长颈漏斗特别适用于定量分析中的过滤操作	不可直接加热；过滤时漏斗颈尖端必须紧靠承接滤液的容器壁；长颈漏斗作加液时漏斗颈应插入液面内
 <p>漏斗架</p>	木质，有螺丝可固定于铁架台或木架上	用于过滤时支撑漏斗	活动的有孔板不能倒放