



全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材
供药学、药物制剂、临床药学、制药工程、中药学、医药营销及相关专业使用



附数字资源增值服务

无机化学实验

李文戈 陈莲惠 © 主编

WUJI HUAXUE
SHIYAN



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



全国高等院校药学类创新型
系列“十三五”规划教材

供药学、药物制剂、临床药学、制药工程、中药学、医药营销及相关专业使用

无机化学实验

主 编 李文戈 陈莲惠
副主编 姚惠琴 周 芳 袁泽利 李佳佳
编 者 (按姓氏笔画排序)
宁军霞 长治医学院
向广艳 遵义医科大学
李文戈 蚌埠医学院
李佳佳 陕西中医药大学
张 倩 山东第一医科大学
陈莲惠 川北医学院
周 芳 黄河科技学院
胡密霞 内蒙古医科大学
姚惠琴 宁夏医科大学
袁泽利 遵义医科大学
衷友泉 江西中医药大学
黄 蓉 陆军军医大学
焦 雪 遵义医科大学



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材。

本书共分为两个部分。第一部分介绍无机化学实验基本知识与基本操作及仪器介绍。第二部分具体介绍了无机化学实验,共包括 29 个实验。书后附录部分收录了常见弱酸、弱碱的标准解离常数、常见难溶化合物的溶度积常数、常见酸碱指示剂等 5 项内容。

本书可供药学、检验、生物医药类及相关专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/李文戈,陈莲惠主编. —武汉:华中科技大学出版社,2019.8
全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-5525-3

I. ①无… II. ①李… ②陈… 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(2019)第 176896 号

无机化学实验

李文戈 陈莲惠 主编

Wuji Huaxue Shiyan

策划编辑:汪婷美

责任编辑:曾奇峰 汪婷美

封面设计:原色设计

责任校对:曾 婷

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:880mm×1230mm 1/16

印 张:11.5

字 数:236千字

版 次:2019年8月第1版第1次印刷

定 价:32.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材 编委会



丛书顾问 朱依淳 澳门科技大学 李校堃 温州医科大学

委 员 (按姓氏笔画排序)

卫建琮 山西医科大学

马 宁 长沙医学院

王 文 首都医科大学宣武医院

王 薇 陕西中医药大学

王车礼 常州大学

王文静 云南中医药大学

王国祥 滨州医学院

叶发青 温州医科大学

叶耀辉 江西中医药大学

向 明 华中科技大学

刘 浩 蚌埠医学院

刘启兵 海南医学院

汤海峰 空军军医大学

纪宝玉 河南中医药大学

苏 燕 包头医学院

李 艳 河南科技大学

李云兰 山西医科大学

李存保 内蒙古医科大学

杨 红 广东药科大学

何 蔚 赣南医学院

余建强 宁夏医科大学

余细勇 广州医科大学

余敬谋 九江学院

邹全明 陆军军医大学

闵 清 湖北科技学院

沈甫明 同济大学附属第十人民医院

宋丽华 长治医学院

张 波 川北医学院

张宝红 上海交通大学

张朔生 山西中医药大学

易 岚 南华大学

周玉生 南华大学附属第二医院

罗华军 三峡大学

项光亚 华中科技大学

赵晓民 山东第一医科大学

郝新才 湖北医药学院

胡 琴 南京医科大学

袁泽利 遵义医科大学

徐 勤 桂林医学院

凌 勇 南通大学

黄 昆 华中科技大学

黄 涛 黄河科技学院

黄胜堂 湖北科技学院

蒋丽萍 南昌大学

韩 峰 南京医科大学

薛培凤 内蒙古医科大学

魏敏杰 中国医科大学

网络增值服务使用说明

欢迎使用华中科技大学出版社医学资源服务网 yixue.hustp.com

1. 教师使用流程

(1) 登录网址: <http://yixue.hustp.com> (注册时请选择教师用户)



(2) 审核通过后, 您可以在网站使用以下功能:



2. 学员使用流程

建议学员在PC端完成注册、登录、完善个人信息的操作。

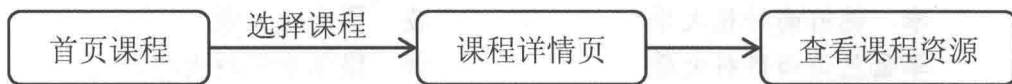
(1) PC端学员操作步骤

① 登录网址: <http://yixue.hustp.com> (注册时请选择普通用户)

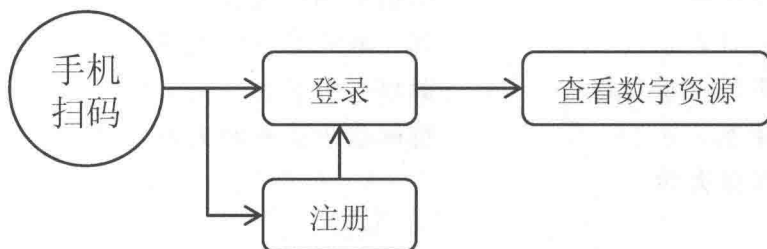


② 查看课程资源

如有学习码, 请在个人中心-学习码验证中先验证, 再进行操作。



(2) 手机端扫码操作步骤



总序

Zongxu

教育部《关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见》(“新时代高教 40 条”)文件强调要深化教学改革,坚持以学生发展为中心,通过教学改革促进学习革命,构建线上线下相结合的教学模式,对我国高等药学教育和药学专业人才的培养提出了更高的目标和要求。我国高等药学类专业教育进入了一个新的时期,对教学、产业、技术融合发展的要求越来越高,强调进一步推动人才培养,实现面向世界、面向未来的创新型人才培养。

为了更好地适应新形势下人才培养的需求,按照中共中央、国务院《中国教育现代化 2035》《中医药发展战略规划纲要(2016—2030 年)》以及党的十九大报告等文件精神要求,进一步出版高质量教材,加强教材建设,充分发挥教材在提高人才培养质量中的基础性作用,培养合格的药学专业人员和具有可持续发展能力的高素质技能型复合人才。在充分调研和分析论证的基础上,我们组织了全国 70 余所高等医药院校的 300 位老师编写了这套全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材,并得到了参编院校的大力支持。

本套教材充分反映了各院校的教学改革成果和研究成果,教材编写体例和内容均有所创新,在编写过程中重点突出以下特点。

(1) 服务教学,明确学习目标,标识内容重难点。进一步熟悉教材相关专业培养目标和人才规格,明晰课程教学目标及要求,规避教与学中无法抓住重要知识点的弊端。

(2) 案例引导,强调理论与实际相结合,增强学生自主学习和深入思考的能力。进一步了解本课程学习领域的典型工作任务,科学设置章节,实现案例引导,增强自主学习和深入思考的能力。

(3) 强调实用,适应就业、执业药师资格考试以及考研的需求。进一步转变教育观念,在教学内容上追求与时俱进,理论和实践紧密结合。

(4) 纸数融合,激发兴趣,提高学习效率。建立“互联网+”思维的教材编写理念,构建信息量丰富、学习手段灵活、学习方式多元的立体化教材,通过纸数融合提高学生个性化学习和课堂的利用率。

(5) 定位准确,与时俱进。与国际接轨,紧跟药学类专业人才培养,体现当代教育。



(6) 版式精美,品质优良。

本套教材得到了专家和领导的大力支持与高度关注,适应当下药学专业学生的文化基础和学习特点,并努力提高教材的趣味性、可读性和简约性。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学发挥积极作用,并得到读者的青睐;我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,能不断得到改进、完善和提高。

全国高等院校药学类创新型系列“十三五”规划教材
编写委员会

前言

Qianyan

无机化学实验是无机化学课程的重要组成部分,也是学生学习无机化学的重要环节。通过实验训练使学生巩固并加深对无机化学基本概念和基本理论的理解,掌握无机化学实验的基本操作和技能,掌握无机化学常用仪器的正确使用方法,掌握一些无机物的制备、提纯和检验方法;培养学生独立思考、分析问题和解决问题的能力,增强学生的创新意识和创新能力,为后继专业课程及其他相关专业课程的学习打下良好的实验基础。

目前国内出版的无机化学实验教材已有众多版本,很多教材内容丰富、水平很高,但这些教材大多供综合性大学化学类或近化学类专业所用,尤其缺乏数字资源内容。为了满足高等院校药学专业、检验专业及生物医药类专业对无机化学实验教学的新需求,由华中科技大学出版社牵头,组织国内医药院校具有高学历的一线教师编写一本新颖的无机化学实验教材。2018年8月,在武汉召开了《无机化学实验》教材编写会,与会代表对编写大纲和编写细则进行了热烈、认真的讨论,并达成共识,拟定了编写大纲和编写体例。实验内容体现了医药学科实验的特点,内容深浅适宜,满足药学类专业学生实验教学的需求;论述严谨,语言流畅简洁,层次分明,图文并茂;实验设计循序渐进,体现连贯性、综合性和创新性。

本书精选验证性实验,增加综合性、设计性和研究型创新性实验,注重培养学生基本实验技能和创新能力,实验内容反映了医药学科实验的特点。

本书的编写采用板块结构,有助于教师灵活组织教学内容,内容分为无机化学实验基本知识与基本操作及仪器介绍、无机化学实验和附录。实验内容附有PPT和操作微视频,体现了实验内容纸质和数字化的立体整合。参加本次教材编写的教师有蚌埠医学院李文戈,川北医学院陈莲惠,宁夏医科大学姚惠琴,黄河科技学院周芳,遵义医科大学袁泽利,陕西中医药大学李佳佳,江西中医药大学衷友泉,遵义医科大学向广艳,陆军军医大学黄蓉,山东第一医科大学张倩,内蒙古医科大学胡密霞,长治医学院宁军霞,遵义医科大学焦雪。编写期间老师们遇到了许多新的问题和困难,得到了华中科技大学出版社汪婷美编辑的细致协调和耐心指导,数字化资源部分得到了张仕禄、童静、王珊等老师的支持,最终顺利完成书稿。

由于编者水平有限,缺点、错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

目录

Mulu

第一部分 无机化学实验基本知识与 基本操作及仪器介绍

- | | | |
|-----|-----------------|----|
| 第一章 | 无机化学实验基本知识 | /3 |
| 第二章 | 无机化学实验基本操作及仪器介绍 | /8 |

第二部分 无机化学实验

- | | | |
|------|-----------------------------|-----|
| 实验一 | 药用氯化钠的精制与杂质检测 | /41 |
| 实验二 | 置换法测定摩尔气体常数 | /44 |
| 实验三 | 电解质溶液 | /47 |
| 实验四 | 弱酸解离常数和解离度的测定 | /51 |
| 实验五 | 解离平衡和沉淀平衡 | /54 |
| 实验六 | PbCl_2 溶度积的测定 | /59 |
| 实验七 | 酸、碱标准溶液的配制与标定 | /63 |
| 实验八 | 双氧水中过氧化氢含量测定
(直接高锰酸钾法) | /66 |
| 实验九 | 阿司匹林片中乙酰水杨酸含量的测定
(酸碱滴定法) | /70 |
| 实验十 | 水硬度的测定 | /74 |
| 实验十一 | 缓冲溶液的配制、性质及 pH 值的测定 | /78 |
| 实验十二 | 化学反应速率与化学平衡 | /86 |
| 实验十三 | 氧化还原反应与电极电势 | /91 |



实验十四	加速实验法测定药物有效期	/95
实验十五	含铬废水的处理	/98
实验十六	硫酸亚铁铵的制备	/102
实验十七	配位化合物的生成、性质和应用	/105
实验十八	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备	/110
实验十九	分光光度法测定样品中微量铁的含量	/113
实验二十	未知阴离子混合液的分析	/117
实验二十一	s 区主要元素的性质	/122
实验二十二	p 区主要元素的性质	/126
实验二十三	d 区主要元素的性质	/132
实验二十四	丙酸钙的制备	/137
实验二十五	葡萄糖酸锌的制备及锌含量的测定	/140
实验二十六	分光光度法测定 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的 分裂能	/143
实验二十七	硫酸铝钾晶体的制备	/146
实验二十八	硫酸铜的提纯及检验	/149
实验二十九	直接沉淀法制备纳米碳酸钙	/152

附 录

附录 A	常见弱电解质在水中的解离常数(298 K)	/157
附录 B	难溶化合物的溶度积(298 K)	/159
附录 C	常见酸碱指示剂	/163
附录 D	常见配离子的稳定常数(298 K)	/164
附录 E	部分危险化学品	/170
参考文献		/172

· 第一部分 ·

无机化学实验基本知识 与基本操作及仪器介绍

第一章 无机化学实验基本知识

无机化学实验是大学学习阶段的第一门化学实验课程,是学生学习其他化学实验的重要基础。化学实验室是学生进行科学训练的场所,进入实验室应遵守以下规则。

一、实验室规则

(1) 在开展实验前,应认真阅读本章实验相关基础知识。

(2) 实验前必须预习实验内容,明确实验目的与要求,了解基本原理、步骤和方法,熟悉实验过程中的注意事项。

(3) 进入实验室,必须穿实验服,并按分组在指定位置就坐。不准大声喧哗、打闹,不得食用食物,不得乱动实验室化学试剂、仪器等,保持室内安静、整洁。检查所用仪器、器材等是否完好,如有损坏应立即报告指导教师处理。

(4) 认真听授课教师讲解实验目的、原理、步骤及注意事项等实验课程内容。实验过程中,应按照教材和教师的指导认真进行操作,仔细观察实验现象,真实详细记录实验数据或现象,积极思考并分析实验结果。

(5) 未经教师允许,不得随意做其他实验。不得将废纸、废液及破损玻璃、仪器等丢入水槽,应分类倒入废弃物储存装置内。

(6) 使用精密仪器时,必须严格按照操作规程进行操作。如发现仪器有异常,应立即停止使用并报告指导教师。

(7) 注意实验安全,使用危险品时应严格按照规程操作并注意安全防护。

(8) 爱护仪器设备,珍惜药品、材料,小心使用仪器设备,节约水、电。损坏仪器设备应按规定进行赔偿。未经教师允许,室内物品一律不得私自带出室外。

(9) 实验完毕,必须清点仪器并摆放整齐,做好清洁工作。如发现仪器有损坏和缺少要报告教师,经教师许可后才能离开。

(10) 值日学生应做好室内清洁,并关好门、窗、水、电,经教师同意后方可离开。

(11) 实验课后,学生认真撰写实验报告,并及时送交指导教师。

二、实验室安全守则

化学实验室安全包括防火、防爆、防毒、防腐蚀,保证压力窗口和气瓶的安全、电气安全和防止环境污染等。



(一) 灼伤、割伤的预防

(1) 取用强酸、强碱、浓氨水、浓过氧化氢、氢氟酸和溴水等腐蚀性药品时,应戴上防护眼镜和手套,操作后立即洗手。若瓶子较大应一手托住瓶底,一手握住瓶颈。

(2) 稀释硫酸、溶解氢氧化钠或氢氧化钾等大量放热的实验必须在烧杯等耐热容器中进行。

(3) 进行高温操作时,需借助试管夹、坩埚钳、烧杯夹等工具,以防烫伤。

(4) 切割玻璃管(棒)和将玻璃管、温度计插入橡皮塞时易被割伤,应按规程操作,垫以厚布。向玻璃管上套橡皮管时,应选择合适直径的橡皮管,玻璃管口可用水、肥皂水润湿。将玻璃管插入橡皮塞时,应握住塞子的侧面并用布裹住手。

(二) 防火、防爆、防电

(1) 实验开始前,应熟知实验室内的灭火和防护器材的使用方法。

(2) 燃气灯、燃气管道等要经常检查是否漏气。如果在实验室已闻到燃气的气味,应立即关闭阀门,打开门窗,不要接通任何电器开关(以免发生火花),禁止用火焰在燃气管道上寻找漏气的地方,应该用洗涤剂水溶液或肥皂水来检查是否漏气。

(3) 操作、倾倒易燃液体时应远离火源,瓶塞打不开时,切忌用火加热或贸然敲打。倾倒易燃液体时要有防静电措施。

(4) 加热易燃溶剂时必须在水浴或电热板上缓慢进行,严禁用火或电炉直接加热。

(5) 点燃燃气灯时,必须先关闭风门,点燃火柴,再开燃气,最后调节风量。停用时要先关闭风门。

(6) 使用酒精灯时,酒精盛装量应不超过容量的 $2/3$,当灯内酒精不足 $1/4$ 容量时,应灭火后添加酒精。要熄灭燃着的灯焰时应用灯帽盖灭,不可用嘴吹灭,以防引起灯内酒精起燃。酒精灯应用火柴点燃,不应用另一燃着的酒精灯来点,以防失火。

(7) 三硝基苯酚、高氯酸、高氯酸盐、过氧化氢等易爆类药品应放在低温处保存,不得与其他易燃物一起存放。

(8) 易发生爆炸的操作,如萃取等不得对着人进行,必要时操作人员应戴面具或使用防护挡板。

(9) 身上或手上沾有易燃物时,应立即清洗干净,不得靠近火源,以防着火。

(10) 严禁可燃物与氧化剂一起研磨。工作中不要使用成分未知的物质,因为反应时可能形成危险产物(包括易燃、易爆或有毒产物)。在必须进行性质不明的实验时,应先从最小剂量开始,同时要采取安全措施。

(11) 易燃液体的废液应转入专用储存器中收集,不得随意倒入下水道,以免引起燃爆事故。

(12) 烘箱周围严禁放置任何易燃物及挥发性易燃液体。不得烘烤能释放出易燃蒸气的物质。

(13) 严禁用手或导电物(如铁丝、钉子、别针等金属制品)接触、探试电源插座

内部。严禁用湿手触摸电器,严禁用湿布擦拭电器。

(14) 通电仪器使用完毕应拔掉电源插头;插拔电源插头时不要用力拉拽电线,以防电线的绝缘层受损造成触电;若电线的绝缘皮剥落,要及时更换新线或者用绝缘胶布包好。

(三) 灭火

实验室一旦发生火灾,应沉着冷静并及时采取灭火措施。若局部起火,应立即切断电源,关闭燃气阀门,用湿抹布或石棉布覆盖熄灭。若火势较猛,应根据具体情况,选用适当的灭火器灭火,并立即拨打火警电话,请求救援。

水是最廉价的灭火剂,适用于一般木材、各种纤维及可溶(或半溶)于水的可燃液体着火。砂土的灭火原理是隔绝空气,用于不能用水灭火的着火物。实验室应具备干燥的砂箱。石棉毯(布)或薄毯的灭火原理也是隔绝空气,用于扑灭人身上燃着的火。

(四) 中毒预防

预防中毒的措施主要有以下几点。

- (1) 熟悉所使用的仪器、试剂的安全性能,严格执行安全操作。
- (2) 改进实验设备与实验方法,尽量采用低毒物品代替高毒物品。
- (3) 使用符合要求的通风设施将有害气体排除。
- (4) 消除二次污染源,减少有毒蒸气的逸出及有毒物质的洒落、泼溅。
- (5) 选用必要的个人防护工具,如眼镜、防护油膏、防毒面具、防护服装等。
- (6) 实验室内所有药品与试剂均需有对应的标签。剧毒药品严格遵守双人保管、双人领用与使用制度。发生撒落时,应立即做好回收或解毒处理。
- (7) 化学试剂、药品不得入口及以鼻直接接近进行鉴别。如需鉴别,应将试剂瓶口远离鼻,用手轻轻扇动,稍闻即止。
- (8) 处理有毒的气体、产生蒸气的药品及有毒溶剂(如氯、溴、硫化物、氮氧化物、汞、砷化物、甲醇、吡啶、苯等)时,必须在通风橱内进行。

三、实验事故的处理

(1) 浓酸、浓碱不小心溅到皮肤上时,应立即用大量水冲洗,再分别用 2% 碳酸氢钠溶液或 2% 醋酸擦洗,用水冲洗后,外敷氧化锌软膏(或硼酸软膏)。

(2) 酸溅入眼睛时,应立即用大量水冲洗眼睛,然后用 5% 的碳酸氢钠溶液冲洗,最后再用清水冲洗。碱液溅入眼睛时,应立即用大量水冲洗,再用饱和硼酸溶液冲洗,最后滴入蓖麻油。当眼睛溅入其他腐蚀性药品时应立即用大量水冲洗,必要时到医院就医。

(3) 不慎吸入溴蒸气、氯气、氯化氢、硫化氢等气体时,应立即到室外做深呼吸,呼吸新鲜空气。

(4) 人体触电时,应立即切断电源。如有休克现象,应对触电者立即进行人工呼



吸,并送到医院抢救。

(5) 实验过程中若发生着火,应立即切断电源、移走易燃物质等,防止火势蔓延,并立即灭火。根据起火原因采用相应的灭火方法:一般的小火可用湿布、石棉布覆盖燃烧物灭火;火势较大时,可使用泡沫灭火器;电器设备引起的火灾,用四氯化碳灭火器灭火。实验人员衣服着火时,切勿乱跑,应赶快脱下衣服或者就地卧倒打滚。火势大时,应立即拨打“119”火警电话,讲明发生火灾的单位、地点和火势大小,是否有人被围困、什么物质着火、有无爆炸危险物品等情况。

(6) 玻璃割伤时,轻伤可先用酒精消毒伤口周围,再取出伤口内的异物,然后用生理盐水或硼酸溶液擦洗伤处,涂上紫药水,必要时撒些消炎药,用绷带包扎。伤势较重时,可先用酒精在伤口周围清洗消毒,再用纱布按住伤口压迫止血,并立即送往医院。

(7) 轻度的烫伤或烧伤,可用药棉浸 90%~95% 的酒精轻涂伤处,或用 3%~5% 高锰酸钾溶液擦伤处至皮肤变为棕色,然后涂上烫伤药膏。较严重的烫伤或烧伤,不要弄破水泡,以防感染,要用消毒纱布轻轻包扎伤处,立即送医院治疗。

(8) 化学试剂灼伤,应在最短时间内进行冲洗,清洗要干净彻底。冲洗时要立足于现场条件,不必强求用消毒液和药水,可立即用自来水冲洗,必要时到医院就医。

四、实验室废气、废液和废渣的处理

化学实验室产生的废气、废液和废渣俗称“三废”,为防止实验室的污染扩散,污染物的一般处理原则为分类收集、存放,分别集中处理。尽可能采用废物回收以及固化、焚烧处理,在实际工作中选择合适的方法进行检测,尽可能减少废物量、减少污染。

(一) 废气

(1) 产生毒害性较小的气体的实验,可在通风橱内操作、废气通过排气管道排放到高空大气中稀释。

(2) 产生毒害性较大的气体的实验,如二氧化氮(NO_2)、二氧化硫(SO_2)、氯气(Cl_2)等酸性气体,用碱液吸收,通过吸收瓶吸收转化处理后稀释排放。

(二) 废液

废酸、废碱采用中和方法处理后,再用水稀释后排入污水管道。

一般盐溶液直接排放,但含有有害离子的盐溶液应进行化学法转化处理后再稀释排放。含有重金属离子的溶液,应采用还原法处理后回收。

(1) 含氰化物的废液的处理采用氢氧化钠溶液调至 pH 值大于 10,再加入 3% 高锰酸钾使 CN^- 氧化分解。 CN^- 含量高的废液可用碱性氯化法处理,即先用碱调至 pH 值大于 10,再加入次氯酸钠,使 CN^- 氧化成氰酸盐,并进一步分解为二氧化碳和氮气。

(2) 含汞盐的废液的处理:① 硫化物共沉淀法:先将含汞盐的废液调至 pH 值为

8~10, 然后加入过量硫化钠, 使其生成硫化汞沉淀, 再加入共沉淀剂硫酸亚铁, 生成的硫化铁将水中的悬浮物硫化汞微粒吸附而共沉淀, 静置后分离, 再离心过滤, 清液中的含汞量降低于 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 方可直接排放。少量残渣可埋于地下, 大量残渣用焙烧法回收汞或再制成汞盐。但要注意, 一定要在通风橱内进行。②还原法: 用铜屑、铁屑、硼氢化钠等作还原剂, 可以直接回收金属汞。

(3) 含铬废液量较大的是废铬酸洗液, 可用高锰酸钾氧化法使其再生, 继续使用。方法: 先在 $110 \sim 130 \text{ }^\circ\text{C}$ 下不断搅拌加热浓缩, 除去水分后, 冷却至室温, 缓缓加入高锰酸钾粉末, 每 1000 mL 中加入 10 g 左右, 直至溶液呈深褐色或浅紫色(注意不要加过量), 边加边搅拌, 然后直接加热至有三氧化铬出现, 停止加热。稍冷, 通过玻璃砂芯漏斗过滤, 除去沉淀, 冷却后析出红色三氧化铬沉淀, 再加适量硫酸使其溶解即可使用。少量的洗液可加入废碱液或石灰使其生成氢氧化铬沉淀, 并将废渣妥善保存或综合利用。

(4) 含砷废液的处理方法: ①加入氧化钙, 调至 pH 值为 8, 生成砷酸钙和亚砷酸钙沉淀。或调至 pH 值大于 10, 再加入硫化钠与砷反应生成难溶、低毒的硫化物沉淀。②在含砷废液中加入 FeCl_3 , 使 $\text{Fe}/\text{As}=50$, 然后用氢氧化钙将废液的 pH 值控制在 8~10。利用新生氢氧化物与砷的化合物共沉淀的吸附作用, 除去废液中的砷。放置过夜, 分离沉淀, 达标后方可排放废液。

(5) 含铅废液的处理采用加入氢氧化钙, 调节至 pH 值大于 11, 使废液中的铅生成 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 沉淀。然后加入凝聚剂 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 将 pH 值降至 7~8, 则 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 共沉淀, 分离沉淀, 达标后方可排放废液。

(6) 含镉废液的处理方法: ①氢氧化物沉淀法: 在含镉的废液中投加氧化钙, 调节 pH 值在 10.5 以上, 充分搅拌后静置, 使 Cd^{2+} 变为难溶的 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 沉淀。加入硫酸亚铁作为共沉淀剂, 分离沉淀, 用双硫脲分光光度法检测滤液中的 Cd^{2+} 后(降至 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下), 将滤液中和至 pH 值约为 7, 然后排放。②离子交换法: 利用 Cd^{2+} 比水中其他离子与阳离子交换树脂有更强的结合力, 优先交换。

(三) 废渣(固体废弃物)

实验中出现的固体废弃物不能随便乱放, 以免发生事故。如能放出有毒气体或能自燃的危险废渣不能丢进废品箱内或直接扔弃于废水管道中。必须将其在适当的地方烧掉或用化学方法处理成无害物。碎玻璃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。

(1) 对环境无污染、无毒害的固体废弃物按一般垃圾处理。

(2) 易燃烧的固体废弃物应焚烧处理。

(袁泽利 李佳佳)