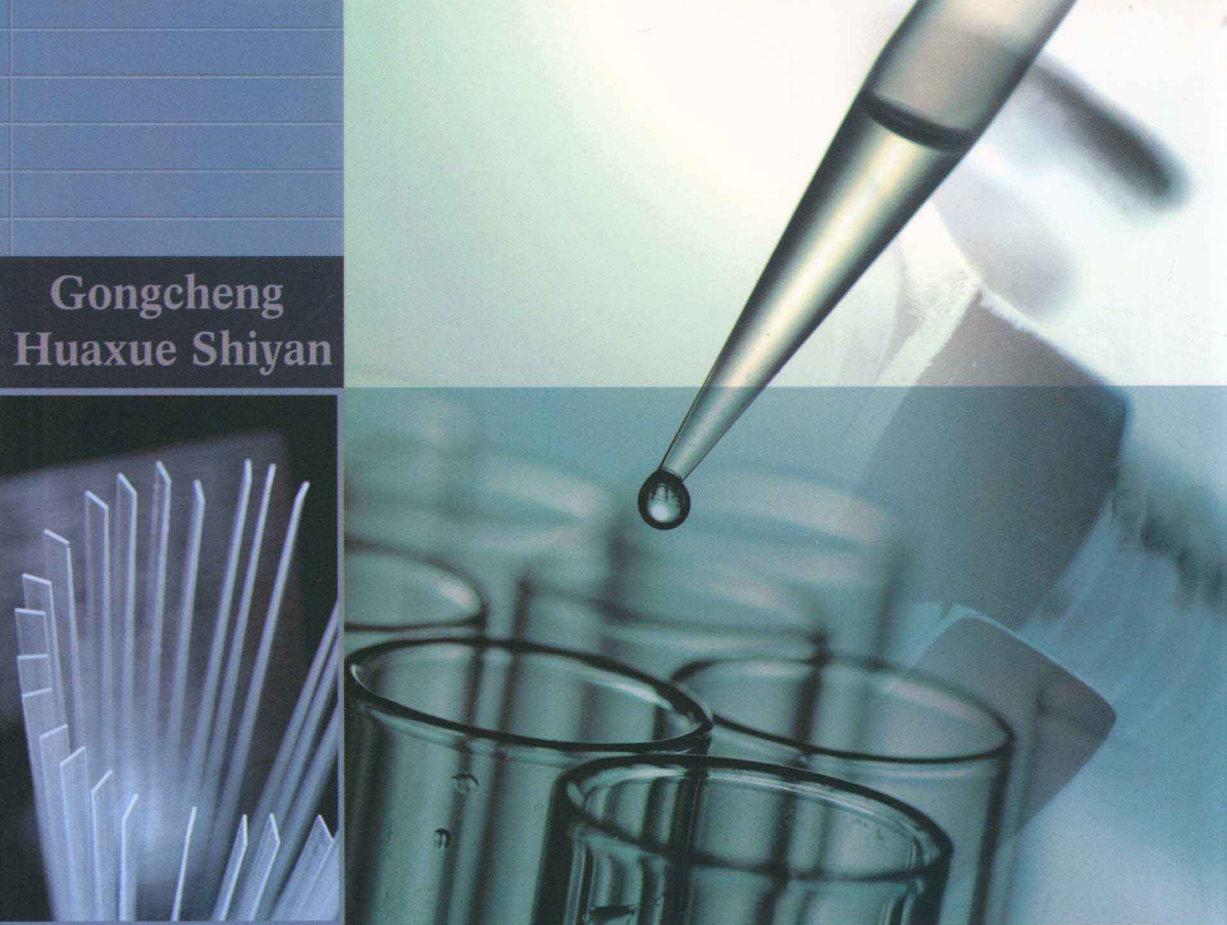




Gongcheng
Huaxue Shiyan

新编工科化学立体化教材

工程化学实验

李明星 张琳萍

康诗钊 安保礼

主编



科学出版社

新编工科化学立体化教材

工程化学实验

李明星 张琳萍 康诗钊 安保礼 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

工程化学实验是高等院校培养现代理工科技人才的重要公共基础课程。工程化学实验具有学时数较少、专业覆盖面较广、化学特色突出、综合性强等特点。本书在介绍工程化学实验基础知识、基本要求、基本操作、仪器使用方法的基础上,共编写了十九个实验,这些实验分基础性实验、趣味性实验和综合性实验三种类型,旨在培养学生的基础化学实验技能、创新实验的兴趣,以及综合运用交叉学科知识和实验技术的能力。

本书可作为高等院校理工科非化学化工专业的“工程化学实验”、“普通化学实验”等实验课程的教材,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程化学实验/李明星等主编. —北京:科学出版社,2012.9
新编工科化学立体化教材
ISBN 978-7-03-035283-5

I. ①工… II. ①李… III. ①工程化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①TQ016

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 187189 号

责任编辑:谭宏宇 王艳丽 郭建宇/责任校对:刘珊珊
责任印制:刘 学 /封面设计:殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社出版 各地新华书店经销

*

2012 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2012 年 9 月第一次印刷 印张: 7 1/2

字数: 133 000

定价: 18.00 元

《工程化学实验》编辑委员会

主编 李明星 张琳萍 康诗钊 安保礼

编委 (按姓氏笔画排序)

王兆喜(上海大学)

王晓红(上海大学)

冯 利(上海大学)

刘洪江(上海大学)

安保礼(上海大学)

李明星(上海大学)

何 翔(上海大学)

张琳萍(东华大学)

陈 华(上海大学)

赵宏滨(上海大学)

康诗钊(上海应用技术学院)

程知莹(上海大学)

■ 前 言

面对新世纪知识经济带来的挑战,培养具有创新精神、实践能力和创业精神的高素质现代大学生,是教育工作者义不容辞的责任。随着科学技术的进步,许多与化学密切相关的学科和高科技领域得到了迅速发展,如材料科学、环境科学、生命科学、纺织科学与工程、冶金工程、纳米科技、信息科技等。化学作为一门核心科学,越来越广泛地与其他学科相互交叉与渗透。作为高等院校理工科类非化学化工专业的学生,掌握一些化学的思维方法和实验技能是非常必要的。

工程化学是普通化学教学改革的重要成果,是培养现代工程技术人才知识结构和能力结构的重要公共基础课程,随着高等教育改革的不断深化,越来越多的学校和专业开设工程化学课程。化学是一门实验科学,工程化学实验是工程化学教学体系的重要组成部分。将工程化学实验课程的改革与工程化学理论课程的改革有机地结合起来,利用有限的实验课时,提高学生在实验中应用化学知识的能力是非常必要的。本教材,在介绍工程化学实验基础知识、基本要求、基本操作、仪器使用方法的基础上,共编写了十九个实验,这些实验内容分三个层次,即基础性实验、趣味性实验和综合性实验,旨在培养学生的基础化学实验技能、创新实验的兴趣,以及综合运用交叉学科知识和实验技术的能力。

上海大学是国内从事工程化学教学改革较早的高校之一。1999年,由上海大学出版社出版了《工程化学》(第一版)和《工程化学实验》两本教材;2002年,上海大学工程化学课程改革获得上海市优秀教学成果三等奖;2011年由科学出版社出版的《工程化学》第二版教材获得上海市优秀教材二等奖。在十

多年的教学改革实践过程中,工程化学实验内容已有了较大的变化。近年来,东华大学和上海应用技术学院在理工类专业和卓越工程师培养计划等教改中,开设了工程化学实验课程。在科学出版社的组织下,三校开展了工程化学理论和实验课程建设的研讨活动,组织教师修订《工程化学》,编写《工程化学实验》教材。该实验教材整合了三校开设的实验内容,精简了基础性实验和验证性实验,增加了综合性、应用性、趣味性实验。

负责本书主编工作的教师有上海大学的李明星教授、安保礼副教授,东华大学的张琳萍副教授,上海应用技术学院的康诗钊教授。参加编写工作的教师有上海大学的程知萱、刘洪江、何翔、王兆喜等副教授,以及王晓红、赵宏滨博士和冯利、陈华实验师。全书最后由李明星教授统稿。本书编写工作还得到了上海大学徐甲强教授和包新华、向群副教授,东华大学的邢彦军、赵曙辉教授,以及上海应用技术学院的穆劲、李向清教授的指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏在所难免,敬请专家教授、同行和广大读者予以批评指正。

编 者

2012年6月于上海

■ 目 录

前言

第一章 实验基础知识和基本要求	001
第一节 实验的意义和目的	001
第二节 实验学习方法	002
第三节 实验室规则	003
第四节 实验室安全和灭火常识	004
第五节 实验室设施和通风方法	006
第六节 实验室用水知识和“三废”处理	007
第七节 预习报告和实验报告的书写格式	009
第八节 误差与数据处理	015
第二章 实验基本操作和仪器使用方法	018
第一节 常用玻璃仪器	018
第二节 化学试剂的纯度和存用	021
第三节 量器及其使用	022
第四节 滤纸、过滤、离心分离和重结晶	027
第五节 加热与冷却	030
第六节 电子天平	034
第七节 酸度计	037
第八节 电导率仪	040
第九节 分光光度计	041
第三章 实验部分	044
实验一 煤气灯使用及玻璃仪器洗涤	044

实验二	水的硬度测定	048
实验三	去离子水的制备和水的电导率的测定	051
实验四	分光光度法测定钢中锰的含量	053
实验五	氧化还原反应与电化学	058
实验六	食醋酸度的测定	062
实验七	8-羟基喹啉铝荧光材料的制备	064
实验八	四氯合铜二乙基铵盐的合成与热致变色实验	066
实验九	人造能源——固体乙醇的制备	067
实验十	硫酸铜提纯	069
实验十一	纳米二氧化钛的制备和光催化性能	070
实验十二	七水合硫酸亚铁的制备	073
实验十三	金属材料的电化学腐蚀与防护	075
实验十四	氯化铵生成焓的测定	077
实验十五	化学反应速率、速率常数和反应级数的测定	081
实验十六	从茶叶中提取咖啡因	086
实验十七	振荡反应	088
实验十八	金属表面处理技术——发蓝、磷化、阳极氧化	089
实验十九	醋酸电离常数和白醋中醋酸含量的测定	093
附 录		096
附录一	一些常见弱酸、弱碱的标准解离常数(298 K)	096
附录二	国际相对原子质量表	097
附录三	一些化合物的溶度积常数(298 K)	099
附录四	常见配离子的标准稳定常数(298 K)	100
附录五	水溶液中的标准电极电势(298 K)	101
附录六	常用酸、碱的浓度	103
附录七	一些物质的热力学函数值(298 K)	104
附录八	危险化学品名录(部分)	107
主要参考文献		109

第一章

实验基础知识和基本要求



第一节 实验的意义和目的

化学是研究物质的组成、结构、性质和变化规律的科学。化学是一门实验科学,任何化学上的发现、发明都离不开实验,化学中的理论、学说、定律都来源于实验并且不断地经受实验的检验。化学学科已深入到各个自然科学领域,产生了许多应用化学知识的交叉学科,如材料化学、能源化学、生物化学、药物化学、环境化学等。这些交叉学科中都蕴含着许多化学问题,需要我们以化学的思想和方法去解决。

工程化学实验是为高等院校工程类专业和非化学专业的理工科大学生开设的实验课程之一,它的教学目的是为了适应 21 世纪我国经济和科技发展的需要,培养非化学类理工科学生的化学素质,帮助学生掌握化学知识和实验技能,使他们在今后的实际工作中,面对现代工程技术中遇到的诸如材料选择与寿命、环境污染与保护、能源开发与利用、信息传递等有关化学问题,能有意识地运用化学观点去思考、认识和解决问题。

为了培养出符合新世纪发展需要的,具有扎实的“五基”(基础理论、基础知识、基本技能、基本思维、基本能力)、“四能”(能发现问题、能提出问题、能分析问题、能解决问题),并具有创新能力的新一代大学生,使学生能够利用化学的观点启迪自己的创新思维,提高自己的创新能力,我们希望通过工程化学实验的学习,达到以下目的:

(1) 培养学生的科学精神和科学品德,严谨的科学态度,实事求是、一丝不苟的科学作风。养成良好的实验室个人工作习惯和互助协作的团队精神。

(2) 培养学生的化学实验基本操作技能和实践动手能力。化学实验中有各种各样的实验操作,我们要求学生能掌握基本的实验操作技能。有正确的操作,才能得出准确的数据和结果,这些是我们得到正确结论的主要依据。

(3) 培养学生的实验观察能力和独立思考能力。在完成实验的过程中,细致

观察实验现象和准确记录实验数据,结合化学理论知识,处理实验数据,从中得出正确的结论。

第二节 实验学习方法

工程化学实验的学习,不仅需要有良好的学习态度,还需要有良好的学习方法。现将该实验课程的学习方法归纳如下。

1. 预习

预习是做好实验的前提和保证。要求学生在课前认真阅读每个实验的内容,做到明确实验目的,了解实验原理,熟悉实验步骤,理解每步实验内部蕴含的道理和预期取得的数据,合理安排实验时间,写出预习报告。

在预习实验内容时,学生要特别注意预习每次实验所遇到的化学基本操作和实验仪器使用方法,请阅读本书第二章的相关内容。结合教师的讲解、示范和自己的实践操作,真正掌握这些化学基本操作和仪器使用方法,为今后的实验课程学习和实际工作打下坚实的基础。

2. 实验

学生应按时到达实验室,穿好实验服,整理实验台面,按照实验书中的实验用品清点玻璃仪器和试剂等。为保持实验环境的整洁,书包不能放在实验台面上。

在学生开始做实验之前,教师要进行讲解、提问和检查。由教师讲解实验原理和操作示范,使基本操作规范化。师生共同研讨实验原理、操作要点和注意事项。如发现学生没有预习,教师可以令其预习好以后再进行实验。

学生按拟定的实验步骤独立操作,进行实验。要求认真把握基本操作,仔细观察实验现象,如实测定和记录实验数据,并做到边操作、边思考、边记录。观察的实验现象、测定的实验数据要如实记录在预习报告本上,不能杜撰实验数据。实验中要勤于思考,力争自己解决问题。碰到疑难问题,可与教师讨论,获得指导。如实验失败,要检查原因,经教师同意后方可重做实验。

实验过程中应始终保持实验室的安静和实验台面的整洁,培养良好的实验室工作习惯。

3. 实验报告

做完实验后,要认真分析实验现象,整理实验数据,撰写实验报告。要做到认真、独立完成实验报告,对实验现象进行解释,得出结论。实验报告要求按一定格式书写,字迹端正,叙述要简明扼要,对实验数据要进行处理(包括计算、作图、误差表示)。

实验报告通常包括以下三部分内容：

(1) 写出实验目的、扼要的原理、主要仪器和试剂、简明的实验步骤。

(2) 写出实验现象和测定的原始数据。

(3) 给出实验结论。包括对实验现象进行分析和解释,对所测数据或产品产量进行计算和误差分析,对实验进行讨论,以及思考题的回答等。

要学会采用化学的语言来撰写实验报告,如用反应方程式来说明化学反应的实质等。

第三节 实验室规则

1. 实验室是教师和学生进行实验教学的场所,进入实验室的人员,必须遵守实验室的各项规章制度,爱护公物,保持室内安静,严禁大声喧哗、打闹,严禁在实验室吸烟、吃东西。

2. 学生在实验课前须要完成预习,每次进入实验室,应穿好实验服,清点本次实验所需要的实验仪器,如发现有破损或缺少,应报告教师,按规定手续补齐。

3. 学生要认真听取教师的实验讲解和操作示范。实验时要严格按操作规范进行实验,注意安全,防止发生意外事故。

4. 实验时保持安静,集中思想,认真操作,仔细观察实验现象,如实记录结果,积极思考问题。

5. 实验时应保持实验室和桌面清洁整齐。废纸、火柴梗等固体废物以及各种强腐蚀性废液等,应放入废物缸或其他规定的回收容器内,严禁倒入水槽,以防止水槽和下水管道堵塞或腐烂。增加环保意识,有毒废液、有毒固体应集中回收处理。

6. 爱护仪器设备,爱惜化学试剂、实验材料。所有仪器、药品和材料,未经教师同意,不得擅自带出实验室。实验时如有玻璃仪器和设备损坏,应按照实验室规定予以赔偿。

7. 使用化学试剂应注意以下几点:

(1) 试剂应按规定的量取用。如果实验书中未规定用量,应注意节约。

(2) 取用固体试剂时,注意勿使其撒落在实验桌上,若不慎撒落,应及时清理干净。

(3) 试剂自瓶中取出后,不应倒回原试剂瓶中,以免带入杂质而引起整瓶的试剂变质。

(4) 试剂瓶使用过后,应立即盖上塞子,并归原处,以免与其他试剂瓶塞子混

淆,错盖塞子。

(5) 公用试剂应放在规定的试剂架上,使用时尽可能不要放在自己的实验桌上,以免影响其他同学的使用。

8. 实验完毕,学生应将玻璃仪器洗刷干净并放回原处,应整理好药品及自己的实验桌面,将手洗干净。请教师检查实验记录,经教师同意后方能离开实验室。

9. 最后,值日生打扫整个实验室,检查自来水槽是否干净,煤气开关是否关紧,电源是否切断,门窗是否关好等。教师做好实验室使用记录,检查实验室安全和卫生,关闭灯光后锁门。

第四节 实验室安全和灭火常识

在实验室中,经常接触到有毒、腐蚀性、易燃或具有爆炸性的化学试剂,使用易碎的玻璃仪器和瓷质器皿,以及在煤气、水、电等高温和电热设备的环境下进行着紧张而细致的工作,因此,必须十分重视实验室安全。通过实验课程的培训,养成安全实验的良好习惯和处理突发安全事故的能力。

一、安全守则和防护知识

1. 首次进入实验室应了解煤气总阀门、水阀门及电闸所在处。离开实验室时,一定要将室内检查一遍,应将水、电、煤气的开关关好,门窗锁好。每次实验结束后,应将手洗净才可离开实验室。绝不能用湿手开关电闸和电器。

2. 易燃、易爆物质(如乙醚、丙酮、乙醇、苯、金属钠等)的操作都要在离火较远的地方进行,并严格按照操作规程操作。低沸点的有机溶剂不准在明火上直接加热。

3. 加热浓缩液体的操作要十分小心,不能俯视加热的液体,加热的试管口更不能对着自己和别人。浓缩溶液时,不能离开工作岗位,特别是有晶体出现之后,要不停地搅拌,以免暴沸。

4. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时不要溅在皮肤或衣服上,要穿实验服加以保护。用移液管量取这些试剂时,必须使用橡胶洗耳球,绝对不能用口吸取。若不慎溅在实验台上或地面,必须及时用湿抹布或拖布擦洗干净。如果触及皮肤,应立即用大量水冲洗。酸(或碱)溅入眼内:立刻用大量水冲洗,然后用饱和碳酸氢钠溶液(或硼酸溶液)冲洗,最后再用水冲洗。

5. 禁止在实验室内饮食、抽烟。有毒、有刺激性气体的实验操作要在通风橱内进行。防止有毒的试剂(如铬盐、钡盐、铅盐、砷化合物、汞及汞化合物、氰化物

等)进入口内或接触伤口。

6. 有毒废液不能倒入下水道,可回收后集中处理。酸性和碱性废液应先用水稀释,然后倒入水槽,再用大量自来水冲洗水槽及下水道。

7. 绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。

8. 烫伤:切勿先用水冲洗,而应立即在烫伤处抹上烫伤膏或万花油。

9. 玻璃割伤:伤口内若有玻璃碎片,需先挑出,然后涂上红药水并用消毒纱布进行包扎。

10. 触电:立即切断电源,在必要时进行人工呼吸,及时送医治疗。

二、消防知识

物质燃烧需具备三个条件:可燃物质、氧气或氧化剂、一定的温度。所以灭火的原则是降温或将燃烧物质与空气隔绝。实验室常用来灭火的有水、砂、石棉布,以及各种灭火器,如 CO_2 灭火器、 CCl_4 灭火器、泡沫灭火器、干粉灭火器等。实验中一旦发生了火灾,切不可惊慌失措,应保持镇静。化学实验室常用的灭火措施有:

1. 小火用湿布、石棉布、细砂覆盖燃烧物,隔绝空气使之熄灭。但覆盖时要轻,避免碰坏或打翻盛有易燃溶剂的玻璃器皿而导致更多的溶剂着火。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。

2. 在加热时可燃液体着火,应立即停止加热,关闭通风橱,把一切易燃易爆物移至远处,防止扩大燃烧。酒精及其他可溶于水的液体着火时,可用水灭火。汽油、乙醚、甲苯等不溶于水的有机溶剂着火时,应用石棉布或砂土扑灭,绝对不能用水,否则会扩大燃烧面积。也可以采用泡沫灭火剂,因为泡沫比易燃液体轻,覆盖在上面可隔绝空气。

3. 泡沫灭火器内有两个容器,分别盛放两种液体,它们是硫酸铝和碳酸氢钠溶液,两种溶液互不接触,不发生任何化学反应,平时不能碰倒泡沫灭火器。当需要使用泡沫灭火器时,把灭火器倒立,两种溶液混合在一起,就会产生大量的二氧化碳气体:



4. 电器设备着火,先切断电源,再用四氯化碳或干粉灭火器灭火。

5. 金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠等着火时,应用干燥的细砂覆盖灭火。

6. 衣服着火时切忌奔走,应赶快脱下衣服或用大衣、石棉布等包裹身体,也可以躺在地上滚动灭火。

7. 较大的着火事故应及时报火警 119。

第五节 实验室设施和通风方法

一、实验室设施

学生要首先了解实验室的基本结构,以便今后很好地完成实验,并且在出现事故时能及时应对,做到安全、自救、逃生。

化学实验室的基础设施主要有实验台、水槽、通风橱、排风扇、去离子水管道、废液回收装置,220 V 交流电路和管道煤气等,如图 1-1 所示,煤气管道以黄色标示。化学实验室的基本附件还有灭火细砂、灭火器、洗眼器和喷淋装置等。

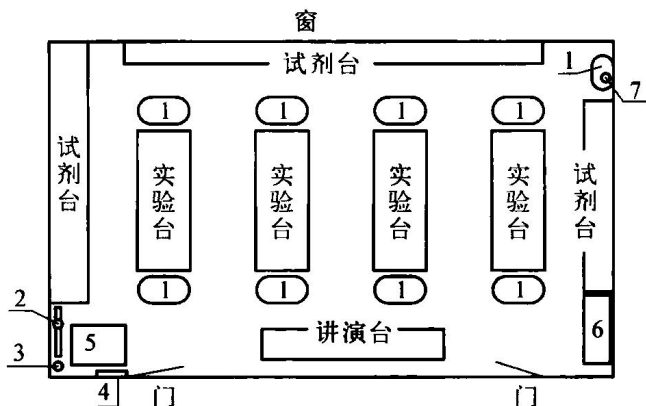


图 1-1 实验室平面图

1. 水槽;2. 水闸;3. 煤气总阀门;4. 电闸;5. 烘箱;6. 通风橱;7. 去离子水龙头

二、实验室通风

1. 自然通风

自然通风是通过实验室门口和窗口的空气自然对流的通风,是最简单常用的通风方法,打开实验室窗户和门就可以实现自然通风。但这种通风方法强度较小。

2. 排风扇通风

排风扇通风是在实验室左右窗户上面各装有一个换气扇,这种通风方法的效果比自然通风要好,但常常有噪声。

3. 通风橱通风

通风橱通风是化学实验室里通风效果最好的通风方法。通风橱安装在每个实验台的上面,或安装在实验室的两端。

第六节 实验室用水知识和“三废”处理

一、实验室用水知识

1. 自来水

自来水指通过水处理厂净化、消毒后生产出来的符合国家饮用水标准的供人们生活、生产使用的水。它主要通过自来水厂的取水泵站汲取江河湖泊或地下水,并经过沉淀、过滤、消毒等工艺流程,最后通过配水泵站输送到各个用户。现在自来水消毒大都采用氯化法,氯气易溶于水,与水结合生成次氯酸和盐酸,在整个消毒过程中起主要作用的是次氯酸。

由于自来水中含有钙离子、镁离子、钠离子、硫酸根离子、硝酸根、次氯酸根等离子,因此,在实验室里,自来水主要用于初步洗涤玻璃仪器,而不能用于化学反应、分析测试和鉴定试验。玻璃仪器经过自来水洗涤后,还要用蒸馏水或去离子水洗涤玻璃仪器的内壁。

一般来说,在实验室里有自来水的总开关,开关把手与管道平行为开的状态,垂直为关的状态。进水管为灰色,下水管为白色。

2. 蒸馏水

自来水通过蒸馏,将水蒸气冷凝所制备的纯水,称蒸馏水。蒸馏水是化学实验室的常规用水。一般大型制水是通过锅炉产生的水蒸气,再冷凝而得。这种水中已去除比水沸点高的离子,但不能去除比水沸点低的物质,如有机物等。水经过蒸馏,不挥发的组分(如盐类)残留在容器中被除去,挥发的组分(如氨、有机物等)进入蒸馏水的初始馏分中,通常只收集馏分的中间部分,约占 60%。

3. 去离子水

去离子水是将自来水通过阴、阳离子交换树脂柱,发生离子交换,去除水中的阴、阳离子后所制备的纯水。由于去离子水中阴、阳离子的含量很低,一般用于化学实验室洗涤用水和化学反应用水。用洗瓶盛装去离子水,注意节约使用。

对于工程化学实验,去离子水和蒸馏水都可以使用。由于去离子水的成本比蒸馏水低,可以自动化生产,并经过化学实验楼的去离子水管道输送,因此实验室常用去离子水。

二、实验室的“三废”处理

当进行化学实验时,经常会产生一些有害的气体、液体和固体。这些废气、废

液和废渣对人体健康具有一定的危害性,特别是有一些废弃物具有很强的毒性。为了保证实验人员的安全,需要将它们及时排弃。但是直接排出会对周围空气和水源造成严重的环境污染。因此,必须对其进行一定的处理,符合国家排放标准后,才能排弃。

1. 废气处理

产生有毒废气的实验必须在通风橱内进行。如果实验所产生的废气较少,可通过排风设备将其排到室外,使其被大气所稀释,从而降低毒害并避免室内空气的污染。但如果实验所产生的废气量比较大,那么除了在通风橱内进行实验以外,还必须备有废气吸收和处理装置。具体的处理方法如下:

NO 、 NO_2 、 SO_2 、 H_2S 、 Cl_2 、 HCl 、 HF 等可用碱液进行吸收。未吸收的少量废气可通过排风设备排到室外。一氧化碳可点燃变为安全的二氧化碳后排放。此外,也可以通过吸附剂(如分子筛、活性炭、硅胶、活性氧化铝等)对废气的吸附作用来进行处理。

2. 废液处理

首先,废液要统一回收,并根据废液的性质进行分类。然后选择合适的地点密闭存放以备处理。需注意的是:存放地点要有良好的通风,并且存放时间不要太长,储存量也不要太大。

(1) 废酸、废碱:此类废液可采用中和的方法,将其 pH 调至 6~8,然后进行排放。如有沉淀,可先进行过滤再排出。

(2) 含 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等离子的废液:此类废液可采用提高 pH 的方法,使上述阳离子形成沉淀后,进行排放。

(3) 废铬酸洗液:先在 110~130℃ 下加热、搅拌、浓缩以除去水分。将其冷却至室温后,搅拌下缓缓加入高锰酸钾,至溶液呈深褐色或微紫色。加入量在每升 10 g 左右,注意不要过量。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。进一步冷却会析出红色三氧化铬沉淀,这时再加适量硫酸使其溶解。所得溶液可作为再生洗液,再次使用。如废铬酸洗液的量较少,可加入废碱液或石灰使其转变为氢氧化铬沉淀,过滤,废渣埋于地下。

(4) 含氰废液:含氰废液为剧毒物,处理时必须特别小心。少量的含氰废液可使用硫酸亚铁将其转变为低毒的亚铁氰化物,然后排放。也可加入氢氧化钠使 $\text{pH} > 10$,再加入几克高锰酸钾使 CN^- 氧化分解。大量的含氰废液可先用碱将废液调至 $\text{pH} > 10$,然后加入足量的漂白粉将 CN^- 氧化为氰酸盐,再进一步分解为二氧化碳和氮气。将处理后的液体 pH 调至 6~8,然后排放。

(5) 含汞废液:先将废液的 pH 调至 8~10,然后加入适当过量的硫化钠使汞盐转变为难溶的硫化汞沉淀,同时加入硫酸亚铁,利用所生成硫化亚铁沉淀,将硫化

汞共沉淀下来。静置后分离,再离心,过滤。如溶液中汞含量降至 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下,则可排放。少量残渣可埋入地下。对于大量的残渣,可在通风橱内进行焙烧,回收所得到的汞。

(6) 含重金属离子的废液:加碱或硫化钠把重金属离子转变为难溶性的氢氧化物或硫化物,然后过滤分离。少量残渣可埋于地下。

(7) 含砷废液:可加入 NaOH 或石灰,使其生成难溶的砷酸盐或亚砷酸盐,然后过滤分离。

(8) 含氟废水:首先使用石灰将废水的 pH 调至 $10 \sim 12$,使氟离子与石灰中的钙离子反应,生成难溶于水的 CaF_2 。然后进行过滤、排放。

(9) 有机废液:可利用蒸馏或分馏方法,将有机溶剂回收后重复使用。但对于易生成易爆的过氧化物的有机溶剂,如醚,不能利用蒸馏法进行回收。另外,也可以利用焚化法处理有机溶剂,但含有卤素、硫的有机废液不宜采用该方法。

3. 废渣处理

有回收价值的废渣要进行回收处理,少量有毒的废渣可在固定地点埋于地下,无毒废渣可直接丢弃。

(1) Na 、 K 等活泼金属废屑:放入四氢呋喃中,缓慢滴加乙醇或异丙醇,直至不再放出氢气气泡,然后缓慢加水稀释。当溶液澄清后即可排放。

(2) 三氯化磷、五氯化磷、酰氯、酸酐等:在通风橱内,搅拌下加入大量水,反应后排放。处理五氯化磷时,还需用碱进行中和。

(3) 带有铁、钴、镍、铜催化剂的废弃物:该类废弃物干燥后易燃,需注意不要丢入垃圾桶内。要在未干时进行深埋处理。

(4) 重金属及其难溶盐:该类废渣首先进行回收利用,其余的进行深埋处理。需注意的是处理地点要远离水源地。

(5) 废二氧化锰:在反应中,二氧化锰一般是作为催化剂使用,本身不会损耗。因此,可将废二氧化锰分散在水中,然后反复洗涤、过滤。最后把滤渣蒸干回收。

(6) 废试剂:在丢弃之前需先用自来水冲洗干净。如所盛放的药品有毒有害,则按相应的方法处理后,才可丢弃;或者积累至一定数量后与水泥混合进行固化,然后进行深埋处理。

第七节 预习报告和实验报告的书写格式

正确书写实验预习报告和实验报告是化学实验教学的重要内容,也是培养学生在