



“十一五”国家重点图书 化学与应用化学丛书
普通高等教育化学类专业规划教材

环境化学实验

高士祥 顾雪元 ◎主 编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

环境化学实验

高士祥 顾雪元 ◎主 编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

环境化学实验/高士祥,顾雪元主编. —上海:华东理工大学出版社,2009.7

普通高等教育化学类专业规划教材

ISBN 978-7-5628-2569-2

I. 环... II. ①高... ②顾... III. 环境化学-化学实验-高等学校-教材 IV. X13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 099361 号

“十一五”国家重点图书 化学与应用化学丛书

普通高等教育化学类专业规划教材

环境化学实验

主 编/高士祥 顾雪元

责任编辑/王 雪

封面设计/陆丽君

责任校对/张 波

出版发行/华东理工大学出版社

地址:上海市梅陇路 130 号,200237

电话:(021)64250306(营销部)

传真:(021)64252707

网址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷/江苏句容市排印厂

开 本/890 mm×1240 mm 1/32

印 张/8.375

字 数/223 千字

版 次/2009 年 7 月第 1 版

印 次/2009 年 7 月第 1 次

印 数/1-2 000 册

书 号/ISBN 978-7-5628-2569-2/O·206

定 价/24.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

“十一五”国家重点图书·化学与应用化学丛书·

编委会成员名单

总 顾 问

郑兰荪(中国科学院院士,厦门大学)

张玉奎(中国科学院院士,中国科学院大连化学物理研究所)

刘若庄(中国科学院院士,北京师范大学)

杨锦宗(中国工程院院士,大连理工大学)

刘新厚(中国科学院理化技术研究所)

梁逸曾(中南大学)

主任委员(以拼音为序)

陈光巨(北京师范大学)

杜一平(华东理工大学)

高士祥(南京大学)

何 仁(大连理工大学)

黄可龙(中南大学)

蓝闽波(华东理工大学)

李祥高(天津大学)

穆 劲(华东理工大学)

宁桂玲(大连理工大学)

童叶翔(中山大学)

王利民(华东理工大学)

杨光富(华中师范大学)

张维冰(中国科学院大连化学物理研究所)

陈六平(中山大学)

冯亚青(天津大学)

龚跃法(华中科技大学)

胡常伟(四川大学)

黄元河(北京师范大学)

李浩然(浙江大学)

林贤福(浙江大学)

聂 进(华中科技大学)

荣国斌(华东理工大学)

王海水(华南理工大学)

谢如刚(四川大学)

袁履冰(大连理工大学)

张文清(华东理工大学)

委 员(以拼音为序)

安永林(大连理工大学)

陈国荣(华东理工大学)

陈若愚(江苏工业学院)

冯文芳(华中科技大学)

杭义萍(华南理工大学)

康诗钊(华东理工大学)

陈东红(华中科技大学)

陈立功(天津大学)

方德彩(北京师范大学)

郭璇华(华南理工大学)

胡 坪(华东理工大学)

李方实(南京工业大学)

李桂玲(华中科技大学)
李 奇(北京师范大学)
李向清(华东理工大学)
刘建宇(华南理工大学)
卢 怡(华东理工大学)
罗 钊(华中科技大学)
吕玄文(华南理工大学)
潘铁英(华东理工大学)
邵超英(东华大学)
宋慧宇(华南理工大学)
唐 乾(华中科技大学)
陶晓春(华东理工大学)
王芳辉(北京化工大学)
王立世(华南理工大学)
王 氢(华东理工大学)
王世荣(天津大学)
王亚光(华东理工大学)
王朝霞(华东理工大学)
徐志珍(华东理工大学)
许艳杰(天津大学)
杨 毅(大连工业大学)
俞开潮(华中科技大学)
袁天佑(广西大学)
张大德(华东理工大学)
张绍文(北京理工大学)
张玉兰(华东理工大学)
张兆国(上海交通大学)
赵 平(华东理工大学)
仲剑初(大连理工大学)
周志彬(华中科技大学)
朱龙观(浙江大学)

李明慧(大连工业大学)
李硕凡(华南理工大学)
刘海燕(华东理工大学)
刘淑芹(大连理工大学)
鲁礼林(武汉科技大学)
罗曦芸(上海博物馆)
马思渝(北京师范大学)
钱 枫(华东理工大学)
舒谋海(上海交通大学)
唐明生(郑州大学)
唐燕辉(华东理工大学)
童晓峰(华东理工大学)
王 磊(华东理工大学)
王 敏(华南理工大学)
王全瑞(复旦大学)
王文锦(华南理工大学)
王 燕(华东理工大学)
伍新燕(华东理工大学)
许 琳(华南理工大学)
杨铁金(齐齐哈尔大学)
于建国(北京师范大学)
袁红玲(华中科技大学)
张春梅(华东理工大学)
张 敏(华东理工大学)
张小平(北京师范大学)
张玉良(华东理工大学)
张正波(华中科技大学)
郑炎松(华中科技大学)
周丽绘(华东理工大学)
朱 红(北京交通大学)
邹 刚(华东理工大学)

“十一五”国家重点图书《化学与应用化学丛书》联系邮箱 hxyyyhx@163.com

前 言

“环境化学实验”是环境科学专业本科生的一门专业基础实验课。其目的是让学生学习和掌握环境化学实验所涉及的实验方法、实验手段和实验技能,学习各种仪器的使用方法,深化“环境化学”课程讲授的基本知识,促进对环境化学领域研究动态及前沿的理解,掌握研究环境化学问题的基本方法和手段。“环境化学实验”以污染物在环境中的迁移、转化的化学行为为主,着重探讨污染物在环境介质中的存在形态、浓度水平和迁移、转化、降解等环境行为及其影响因素等。通过实验,使学生得到从事环境化学实验工作的基本技能训练,对环境化学研究的内容有大致了解,能使学生掌握研究问题的基本方法和手段以及相关的数据分析处理能力,同时也是培养学生理论联系实际的作风、实事求是严格认真的科学态度和良好的工作习惯的一个重要环节,为将来从事环境工作打下基础。

本书共包括 27 个实验,内容分为“基础性实验”和“综合设计性实验”两个部分。“基础性实验”主要涵盖了污染物在水、土壤、大气等环境介质中的基本迁移、转化过程,是对学生学习环境化学课程的基本训练;“综合设计性实验”以培养学生的独立科研能





力为目标,在此环节中,教师可以根据实验的基本内容和本校的仪器设备条件,对学生进行分组,要求学生在查阅文献的基础上,对实验方法进行调整和改进,设计出最佳实验方案。

参加本书编写的人员有高士祥、顾雪元、杨绍贵、耿金菊、刘红玲、魏忠波、艾弗逊等。由于时间仓促,该书中难免存在不足,希望读者批评指正。

编 者

2008 年于南京大学

目 录 Contents

第一部分 环境化学实验室安全与基础知识

一、实验室安全须知	3
二、常见仪器的使用与管理	6
三、常用试剂的使用与管理	10
四、环境样品的采集与保存	13

第二部分 基础性实验

实验一 对二甲苯的正辛醇-水分配系数的测定	37
实验二 产生柱法测定萘的水溶解度	43
实验三 表面活性剂对萘在水溶液中的增溶实验	46
实验四 苯甲腈水解速率常数的测定	54
实验五 萘在水溶液中光化学氧化的测定	59
实验六 间二甲苯挥发速率的测定	65
实验七 硝基苯的微生物降解实验	72
实验八 水体氮形态的测定	79
实验九 藻类对水中磷摄取的测定	90
实验十 水体富营养化程度的评价	96
实验十一 底泥对菲吸附的测定	103
实验十二 土壤中铜、锌的形态分析	109





实验十三	土壤有机质的分离与分级	115
实验十四	土壤中阳离子交换量的测定	119
实验十五	土壤/沉积物中磷的形态测定	125
实验十六	腐殖酸对铜的络合能力的分析	132
实验十七	土壤对铜的吸附实验	136
实验十八	铜对辣根过氧化物酶活性的影响实验	144
实验十九	土壤脲酶活性的测定	149

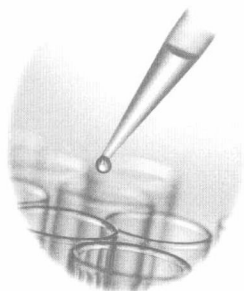
第三部分 综合设计性实验

实验二十	大气颗粒物中多环芳烃的测定及来源分析	157
实验二十一	除草剂在土壤中的迁移分析	171
实验二十二	农药在土壤中的降解与残留分析	177
实验二十三	土壤中铬的形态与生物有效性评价	184
实验二十四	重金属在土壤-植物中累积和迁移的评价	190
实验二十五	重金属污染土壤的化学修复(EDTA 对土壤中铜的淋洗)实验	196
实验二十六	农药在鱼体内的富集分析	203
实验二十七	四溴双酚 A 对斑马鱼胚胎发育过程的影响评价	209

附录 我国环境标准选编

附录一	水质标准	217
附录二	大气质量标准	241
附录三	土壤环境质量标准	244

参考文献	246
------------	-----



第一部分

环境化学实验室安全与基础知识

一、实验室安全须知

环境化学实验中要接触各类化学药品和试剂(包括有毒有害药品试剂等),使用多种设备、能源,因此在整个实验过程中潜伏着发生各种意外的可能。在实验室做实验的人员在思想上要重视,各类实验人员需具备必要的安全知识,接受安全教育。要加强实验室安全管理工作,以确保人身和财产安全,确保教学、科研工作正常进行。

(一) 实验室安全遵循的原则

1. 实验室和办公室分开,不得在实验室饮食。做实验时应穿工作服,严禁穿着工作服离开实验室。

2. 实验室要清洁卫生,保持所属实验室地面、试剂架、橱、实验操作台的干净整洁,保证有一个整洁的工作环境,保护实验人员的安全和健康,有利于正常有序地开展实验工作,同时也有利于实验数据的可靠性。

3. 实验前应认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理和方法。

4. 实验时要遵守操作规则,遵守安全规范,认真做好个人防护工作,保证实验安全。

5. 使用水、电、气、药品时都要以节约为原则。

6. 实验过程中,随时注意保持工作环境的整洁。废品只能丢入废物缸内,不能丢入水槽,以免水槽堵塞。实验完毕后洗净、收好玻璃仪器,把实验桌、公用仪器、试剂架整理好。

7. 实验中要集中注意力,认真操作,仔细观察,将实验现象和数





据都如实记在报告本上。根据原始记录,认真处理数据。

8. 增强环保意识,减少污染。不乱丢弃、排放有害药品、液体、气体。有毒有害废液要倒入废液瓶中。

9. 严格按照规定放置、使用钢瓶,正确操作钢瓶,并清楚各种钢瓶的颜色和对应气体的性质。经常检查开关和接头的密封性,以防漏气。

10. 各实验室应该备有砂箱、灭火器和石棉布,各类实验人员必须知道灭火方法,同时会熟练使用灭火器。

11. 各实验室应备有常规药品,具备洗眼器及紧急喷淋装置。应了解急救方法。

12. 离开实验室时,必须认真检查水、电、门、窗、气,拉闸断电,关闭门、窗、气、水后才能离开。

13. 熟悉所使用的仪器设备,对使用的仪器设备应规范操作使用并进行日常维护。

(二) 实验室安全护理常识

1. 实验室应准备苏打水、稀硼酸水、纱布、药棉、绷带、创可贴、棉签、医用酒精、红药水、凡士林等应急救护物品。

2. 实验中人体(特别是眼睛)一旦误触强酸、强碱等腐蚀性化学试剂,应立即用清水冲洗,时间不少于 20 min,越快越好,如有必要,应去医院就诊。

3. 如眼内进入固体化学物质,应用棉签将其粘出。用清水冲洗眼睛,严重者应立即去医院就诊。

4. 实验中如人体某一部位被划破或戳伤,轻者可用温开水或生理盐水冲洗干净,酒精擦洗消毒后,用创可贴包扎;伤重者应简单压迫止血后,立即去医院就诊。

5. 实验中如果不慎被烫伤,应用清水喷淋;有水泡者,不要弄破水泡,待去除创面污物后,均匀涂抹凡士林,再用纱布外加脱脂棉均匀加压包扎;伤重者应立即去医院就诊。





6. 如果发生触电,不能直接用手拖拉,若离电源较近,应立即切断电源,如果离电源较远,应用木棒把触电者拨离电线,然后把触电者放在阴凉处,进行人工呼吸、输氧。

二、常用仪器的使用与管理

环境化学实验的常用仪器有天平、分光光度计、离心机、pH 计、培养箱、摇床、液相色谱仪、气相色谱仪等。下面介绍几种仪器的使用注意事项和操作规程。

(一) FA1104 电子分析天平使用注意事项

1. 该天平量程为 0~110 g, 严禁称量超过量程的物品。
2. 称量过程中, 不要随意移动天平, 以免破坏天平的水平。
3. 称量时请选择合适的器皿盛装被称量物, 药品不得直接与天平托盘接触。
4. 称量时轻拿轻放, 保持天平的干净整洁, 倘若不小心把药粉泼洒在天平内, 一定要打扫干净。
5. 称量结束后, 关机。打扫干净实验台面, 把天平的侧门及顶门关好, 再盖上防尘罩, 相关药品不能留在天平室, 应放回原处。
6. 天平要定期校准, 及时更换干燥剂。若长时间不使用, 关机后应拔下电源。

(二) HPLC1050 液相色谱仪使用规程

1. 根据需求选择不同的滤膜过滤流动相。
2. 对抽滤后的流动相进行超声脱气 10~20 min。
3. 打开 HPLC 工作站(包括计算机软件和色谱仪), 连接好流动相管道后连接检测系统。
4. 进入 HPLC 控制界面主菜单, 点击 manual, 进入手动菜单。





5. 如有一段时间没用,或者换了新的流动相,需要先冲洗泵和进样阀。冲洗泵时,直接在泵的出水口用针头抽取。冲洗进样阀时,需要在 manual 菜单下,先点击 purge,再点击 start,冲洗时速度不要超过 10 mL/min。

6. 调节流量。使用新的流动相,可以先试一下压力,流速越大,压力越大。点击 injure,选用合适的流速,点击 on,走基线,观察基线的情况。

7. 设计走样方法。点击 file,选取 select users and methods,可以选取现有的各种走样方法。若需建立一个新的方法,点击 new method。选取需要的配件,包括进样阀、泵、检测器等,根据需要而不同。选完后,点击 protocol。一个完整的走样方法需要包括:(1)进样前的稳流,一般 10 min;(2)基线归零;(3)进样阀的 loading-inject 转换;(4)走样时间,随不同的样品而不同。

8. 进样和进样后操作。选定走样方法,点击 start,进样。所有的样品均需过滤。方法走完后,点击 postrun,可记录数据和做标记等。全部样品走完后,再用上面的方法走一段基线,洗掉剩余物,最后用甲醇冲洗至柱压稳定。

9. 关机时,先关计算机,再关液相色谱。

10. 填写登记本,同时做好实验过程中的记录。

(三) UV-9200 型紫外可见分光光度计使用规程

1. 提前 20 min 打开光度计电源开关预热,调节波长旋钮至所需波长值,拉杆推至顶端保证光路处于挡光位置,保证样品室门处于关闭状态。

2. 在样品室中放置空白及样品。

3. 按“MODE”键,“%T”指示灯亮,使空白溶液处在光路中,按“100%T”键,待显示器显示 100.0 时表示已调节好。

4. 将样品室拉杆推到最前方挡光位置,观察显示器是否为零,若不为零则按“0%T”调零。





5. 按“MODE”键,“ABS”指示灯亮,拉动样品室拉杆,使待测样品进入光路,显示器显示数值即为样品吸光度。

6. 测定结束后,关闭光度计,将仪器擦拭收拾干净(注意比色皿的及时清洗),样品室放入干燥剂,关闭样品室门,登记。

(四) 岛津 UV-2450 分光光度计操作规程

1. 开关机

1) 打开 UV-2450 主机,并且确认样品室里光路通透无遮挡。

2) 双击电脑桌面上的 UVprobe 图标打开软件,点击工具栏中的“光谱扫描”快捷键后,点击左下角“连接”键,机器即开始自检,自检过程中请勿打开样品室盖。

3) 自检完成后,如果需要测 370 nm 以下波长的样品,需设好波长后,等待 10 min 左右,待 D2 灯稳定后再开始测量。

4) 测量完成后,收拾样品室并保持干燥,如样品室的石英透镜有污迹,可用无水酒精清洗。

5) 关软件程序,然后关主机。

2. 光谱扫描方式

1) 点中工具栏中的“光谱扫描”快捷键后,点击“方法”快捷键,输入“波长范围”、“速度”等相关参数;选中“仪器参数”,选择合适的测量模式及狭缝宽度,点击“确定”。

2) 两边置入空白,确认样品室盖关严,点击左下角的“基线校正”,仪器执行基线校准。

3) 将靠操作员一侧的空白换成试样,确认样品室盖关严,点击“开始”。仪器执行扫描。

4) 扫描完成后,输入样品名称。工具栏有“找峰”等后续处理操作。

3. 光度测量方式

1) 点中工具栏中的“光度测量”快捷键后,点击“方法”快捷键,输入波长(可输入多个),点击“加入”;点击“标度”选择合适的测量方

