

全国高等农林院校化学基础课系列教材

基础化学实验

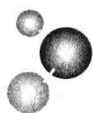
汪建民 主 编



BASIC
CHEMICAL
EXPERIMENT



化学工业出版社



全国高等农林院校化学基础课系列教材

基础化学实验

汪建民 主 编
曲祥金 陈长宝 时伟杰 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是“全国高等农林院校化学基础课系列教材”之一,是根据当代化学实验教学发展的要求而编写,全书共9章,主要包括化学实验的基本知识、常用光电仪器的使用、物质的分离与提纯、物质的制备和性质、物质的分析、物理常数的测定、综合实验和设计实验等内容,共62个实验项目。本教材对基本操作和实验方法作了较为详细而精炼的描述,为加强基本实验技能训练,使学生加深对实验原理和实验操作的理解,书中在每个实验中附有注释和思考题,以便于教和学。

本教材内容比较全面,除作为高等农林院校农学、林学、生命科学、环境科学、食品科学等学科本科生实验教材外,也可供相关专业师生及科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/汪建民主编. —北京:化学工业出版社,
2013.7

全国高等农林院校化学基础课系列教材
ISBN 978-7-122-17574-8

I. ①基… II. ①汪… III. ①化学实验-高等学校-
教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 122641 号

责任编辑:杜进祥
责任校对:陶燕华

文字编辑:刘莉珏
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:大厂聚鑫印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$ 字数262千字 2013年9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:26.00 元

版权所有 违者必究

“全国高等农林院校化学基础课系列教材” 编委会

主 任：尹洪宗 王日为

副主任：高吉刚 盛 锋 汪建民
曲祥金 付 蕾 宋少芳

委 员 （以姓氏笔画为序）：

王日为	王 志	尹洪宗
叶 非	付 蕾	曲宝涵
曲祥金	刘 葵	苏秀荣
汪建民	宋少芳	张树芹
姜 林	钱 萍	倪春林
高吉刚	盛 锋	

本书编委会

主 编 汪建民

副主编 曲祥金 陈长宝 时伟杰

参 编 (按姓氏笔画排序)

王艳芳	尹延斌	朱树华	刘 葵	刘亚楠
孙 华	李 艳	李长城	李培强	时爱菊
汪 军	宋少芳	张 坤	张丽丽	张树芹
陆盘芳	苗延虹	孟庆喜	侯菊英	钱 萍
殷焕顺	董 静	董广文	裘立群	



化学是自然科学中最重要的基础学科之一。它是在原子和分子的水平上研究物质的组成、结构、性质以及变化的科学。化学发展到今天,已成为人类认识世界、改造世界的一种极为重要的武器。人类的衣食住行、防病治病、资源利用、能源利用……样样都离不开化学。化学对于高等农林院校各学科的研究和发展尤其重要。化学基础系列课程是高等农林院校植物、动物、生物科学类、食品科学类、环境科学类等各专业的重要基础课。

《全国高等农林院校化学基础课系列教材》分为《基础有机化学》、《无机及分析化学Ⅰ》、《无机及分析化学Ⅱ》、《基础化学实验》、《大学化学学习指导》5本。各部分独立成书,各书之间相互关联、交叉渗透,理论知识全面,具有很好的实用性,体现了化学学科的研究前沿和热点问题。书中化学基础理论和基础知识体现了由浅入深、循序渐进,便于学生系统学习和教师教学。既可作为高等农林院校化学基础课程的系列教材,也可作为其他相关大学及科学工作者使用的参考书。

参加编写这套系列教材的教师均是山东农业大学及参编院校第一线的骨干教师,具有丰富的教学经验,本教材也是他们多年教学体会和经验的结晶。我相信他们编写的《全国高等农林院校化学基础课系列教材》的出版,将对促进化学学科的发展及化学基础系列课程的教学起到积极的作用。

2013年6月30日于南京



近十年来,化学实验教学改革有了长足发展,教学理念、教学内容、教学方法、教学手段都有了很大改变,新技术和新方法不断涌现。为了适应新形势发展需要,强化创新人才的培养,实现化学实验绿色化的要求,我们在原有实验教材的基础上,编写了本教材。

本教材是我校二十余年实验教学和教材改革基础上的发展,是我校化学人长期不懈努力的结晶。本教材有以下几方面特点。

(1) 采用新的组织结构,将无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、物理化学实验和仪器分析实验整合为一体,加强内容衔接,减少重复。

(2) 突出农业院校特点,增加与生命科学和农业科学相结合的实验内容,特别是天然产物提取、分离和鉴定方面的内容。

(3) 加强绿色化学实验理念。通过开设微量实验、半微量实验、循环实验、“三废”处理实验和废旧物品回收利用实验项目,既处理了废弃物,又节省了实验材料,还培养了学生环境保护的意识。

(4) 在某些实验中列入了多种实验方法,开拓学生的思路。

我们始终把培养学生的能力放在首位。力求编写出一部体现现代教学理念、现代教学技术和方法,具有农业院校特色的基础化学实验教材;本教材力图更贴近学生、贴近生活、贴近应用,增加学生兴趣,开拓学生思路,增加学生的创新空间。

本教材是“全国高等农林院校化学基础课系列教材”之一,由山东农业大学长期担任实验教学工作、具有丰富实验教学经验的教师共同编写。教材编写过程中得到了山东农业大学教务处和化学与材料科学学院领导的大力支持,得到了全院教师和实验技术人员的鼎力帮助,在此表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中不当之处在所难免,敬请读者批评赐教。

编者

2013年4月

**第一章 绪论****1**

第一节	基础化学实验的目的	1
第二节	基础化学实验的学习方法	1
第三节	基础化学实验室规则	3
第四节	化学实验室安全知识	4
第五节	绿色化学简介	6
第六节	化学信息资源	7

第二章 基础化学实验一般知识**11**

第一节	化学实验室用水	11
第二节	化学试剂基本知识	14
第三节	基础化学实验常用玻璃仪器	17
第四节	玻璃仪器的洗涤与干燥	19
第五节	实验室常用的固液分离方法	21
第六节	实验室常用的加热和冷却方法	24
第七节	实验室常用的干燥方法	28
第八节	实验室常用的温度测量方法	31

第三章 常用光电仪器的使用**35**

第一节	电子天平的使用	35
第二节	电导率仪的使用	38
第三节	酸度计的使用	41
第四节	分光光度计的使用	45
第五节	折射率仪的使用	46
第六节	旋光仪的使用	49

第四章 分离与提纯实验

51

实验一	去离子水的制备	51
实验二	粗食盐的提纯	53
实验三	重结晶	55
实验四	蒸馏与分馏	58
实验五	水蒸气蒸馏	63
实验六	萃取	66
实验七	升华	70
实验八	色谱法	72

第五章 化合物的制备及性质实验

78

实验九	用废旧易拉罐制备明矾	78
实验十	葡萄糖酸钙的制备	79
实验十一	硫代硫酸钠的制备	81
实验十二	硫酸亚铁铵的制备	83
实验十三	乙酰苯胺的合成	85
实验十四	乙酸乙酯的合成	87
实验十五	乙酰水杨酸的合成	90
实验十六	电离平衡与沉淀溶解平衡	92
实验十七	氧化还原反应与电化学	95
实验十八	糖类化合物的性质	97
实验十九	烃的含氧、含氮衍生物的性质	99

第六章 物理常数测定实验

104

实验二十	熔点、沸点的测定	104
实验二十一	醋酸电离度和电离常数的测定	108
实验二十二	氯化铵生成焓的测定	111
实验二十三	凝固点下降法测定萘的相对分子质量	113
实验二十四	液体饱和蒸气压的测定	116
实验二十五	液体表面张力的测定	119
实验二十六	蔗糖转化速率常数的测定	123
实验二十七	溴百里酚蓝解离常数的测定	125

实验二十八	固液吸附法测定活性炭的比表面积	127
-------	-----------------------	-----

第七章 化学分析实验

130

实验二十九	称量操作练习	130
实验三十	滴定操作练习	131
实验三十一	盐酸溶液的配制与标定	137
实验三十二	工业纯碱总碱度的测定	140
实验三十三	NaOH 溶液的配制与标定	141
实验三十四	食醋中总酸度的测定	146
实验三十五	铵盐中含氮量的测定 (甲醛法)	147
实验三十六	亚铁盐中铁含量的测定 ($K_2Cr_2O_7$ 法)	148
实验三十七	水样中化学耗氧量的测定	150
实验三十八	过氧化氢含量的测定 ($KMnO_4$ 法)	152
实验三十九	水的总硬度及钙镁含量的测定	154
实验四十	土壤 pH 及可溶性 SO_4^{2-} 含量的测定	157
实验四十一	水中氯含量的测定 (莫尔法)	159

第八章 仪器分析实验

161

实验四十二	分光光度法测铁	161
实验四十三	分光光度法测磷	162
实验四十四	食盐中碘含量的测定	165
实验四十五	氯离子选择性电极测水中 Cl^- 含量	166
实验四十六	紫外分光光度法测定饮料中咖啡碱含量	168
实验四十七	有机化合物的红外光谱分析	170
实验四十八	原子吸收法测定天然水中镁的含量	171
实验四十九	气相色谱法测定水果、蔬菜中乙烯 的含量	172
实验五十	高效液相色谱法测定复方阿司匹林药片中 的咖啡碱的含量	173

第九章 综合性及设计性实验

176

实验五十一	实验室含铬废液的处理及 $Cr(VI)$ 含量 的测定	176
-------	--------------------------------------	-----

实验五十二	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成测定	178
实验五十三	从茶叶中提取咖啡碱	180
实验五十四	肉桂树皮中肉桂醛的提取及鉴定	182
实验五十五	油料作物中油脂的提取及油脂的性质	184
实验五十六	蛋壳中 Ca、Mg 总量的测定 (设计性实验)	186
实验五十七	酱油中 NaCl 的测定 (设计性实验)	187
实验五十八	碘量法废液中碘的回收 (设计性实验)	188
实验五十九	废干电池的回收与利用 (设计性实验)	189
实验六十	西红柿、番茄汁饮料中维生素 C 含量的测定 (设计性实验)	190
实验六十一	茶叶中微量元素的测定 (设计性实验)	191
实验六十二	用含铬废液处理回收的废渣制备重铬酸钾 (设计性实验)	192

附录

194

附录一	元素的相对原子质量	194
附录二	常见化合物的相对分子质量	195
附录三	常见无机化合物的溶解度 (g/100g 水)	197
附录四	弱电解质的电离平衡常数 (298.15K)	199
附录五	配位化合物的稳定常数 (298.15K)	200
附录六	难溶化合物的溶度积 (298.15K)	200
附录七	常用酸碱溶液的浓度	201
附录八	常用试剂的配制方法	201
附录九	常用缓冲溶液和洗液的配制方法	202
附录十	常用指示剂及配制方法	204
附录十一	某些氢氧化物沉淀和溶解时所需的 pH	204
附录十二	常见共沸混合物	205
附录十三	常用有机溶剂的沸点和折射率	206
附录十四	乙醇水溶液的含量、密度及折射率	206
附录十五	水的物理性质数据	207

参考文献

208

第一章 绪 论

第一节 基础化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的学科，化学实验的重要性主要表现在两个方面。第一，化学实验是化学理论产生的基础，化学的规律和结论都是建立在实验上；第二，化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准，一切理论设想都将由实验来验证。

基础化学实验是化学教学中的一门重要课程，设置的目的不仅仅是传授化学知识，还是培养学生动手能力的重要手段。通过基础化学实验训练，要达到以下五个目的。

- (1) 获得关于化学物质的感性知识。
- (2) 掌握规范的基本操作技术，包括常用分离、提纯和制备方法，常用组成和含量的测定方法，常用滴定方法，建立严格的“量”的概念，学会运用误差理论正确处理数据。
- (3) 培养学生自己查阅资料，自主设计实验，独立完成实验，正确分析处理和表达实验结果的能力。
- (4) 培养严谨的科学态度、团队协作精神和良好的实验室工作习惯。
- (5) 了解实验室工作的有关知识，如实验室可能发生的事故及处理方法，实验室的三废处理等。

第二节 基础化学实验的学习方法

学好基础化学实验不仅需要正确的学习态度，而且还要有正确的学习方

法，掌握了正确的学习方法能起到事半功倍的效果。

1. 实验前做好预习

预习是做好实验的前提，预习中要认真阅读教材，查阅有关资料找出实验所需的物理化学数据，了解实验操作方法和仪器使用方法，了解每一步操作的目的和原理，了解每一步操作的现象和结果。

实验预习要做到实验目的明确，实验原理清楚，实验内容熟悉，注意事项牢记，并合理安排好实验时间，设计实验数据记录表格，在此基础上写好预习报告。

2. 实验中认真细致

(1) 严格按照实验室安全管理规定进行实验，确保人身及实验室安全。

(2) 按照预习拟定的实验步骤认真操作，仔细观察实验现象，详细记录实验数据，做到边实验、边思考、边记录。实验数据要如实地记录在实验记录本上，不得随意删改。实验中遇到问题，及时与教师讨论，实验如不成功，要分析原因，经教师同意后重做实验。

(3) 实验中要保持实验台面和地面整洁、卫生，实验结束后要及时清洗仪器，打扫卫生，经教师检查同意后方可离开实验室。

3. 实验后

做完实验后要及时整理实验数据，分析实验结果，完成实验报告。

4. 实验报告要求

实验报告是实验情况的汇报和总结，其核心内容是要写清楚“做的什么、怎么做的、得到什么结果”。不同类型实验报告的格式略有不同，下面介绍几种实验报告格式供参考。

(1) 制备实验报告格式。

实验题目 _____

一、实验目的

二、实验原理（主反应和主要副反应）

三、实验装置图

四、实验步骤和现象记录

五、思考题

(2) 定量分析实验报告格式。

实验题目 _____

一、实验目的

二、实验原理

三、实验数据及结果处理

四、思考题

(3) 基本操作实验报告格式。

实验题目 _____

- 一、实验目的
- 二、实验原理
- 三、实验装置图
- 四、实验内容
- 五、实验数据及结果处理
- 六、思考题

第三节 基础化学实验室规则

为确保基础化学实验教学能安全顺利进行,进入实验室的所有人员,必须严格遵守实验室的各项规章制度。

(1) 实验前认真预习,明确实验目的与要求,了解实验原理、实验方法、实验步骤及注意事项,写出预习报告。

(2) 实验时严格遵守操作规程,保证实验安全。

(3) 遵守纪律,不迟到不早退,保持实验室安静。实验室内严禁吸烟、饮食。

(4) 节约药品、水、电,爱护仪器和实验室设施,使用精密仪器要填写使用记录。

(5) 实验过程中要保持实验台面和地面的整洁。火柴梗、纸屑等不得丢入水槽,以免堵塞。各种化学废液及废渣,要按规定分类收集到指定的容器内,决不能倒入下水道。

(6) 实验过程中要按需取用试剂,多取的试剂不要倒回原瓶中,试剂取用后应立即盖好瓶盖,千万不要盖错。公用仪器和试剂瓶用完后要立即放回原处,不得挪用其他人、其他实验台、其他实验室的仪器和药品,如有不足,应报告教师。

(7) 实验过程中要仔细观察,将实验现象和实验数据如实、详细地记录在记录本上。

(8) 对实验内容和实验方法的改进,经指导教师同意后方可实施。

(9) 实验完毕后,应将仪器洗净放回原处,整理好桌面,洗净双手。值日生负责打扫实验室,包括拖地,整理和擦净实验台、试剂架、通风橱、公用台面、水槽等;清理废弃物;关好水、电、门窗等。经指导教师同意后,方可离开实验室。

第四节 化学实验室安全知识

化学实验中常用水、电、化学试剂和仪器，化学试剂中很多是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的，存在着许多不安全因素。为确保实验能安全顺利进行，除了严格遵守安全规则外，还必须熟悉各种药品的性能及一般事故的处理方法等安全知识。

1. 实验室安全规则

(1) 实验开始前应检查仪器是否完好，装置是否正确、稳妥。了解实验室内水、电、安全用具的放置位置，熟悉使用各种安全用具（如灭火器、沙桶、急救箱等）的方法。

(2) 实验过程中不得擅自离岗。水、电、煤气、酒精灯等用后要立即关闭。

(3) 实验室内严禁吸烟、饮食，实验中不得口尝任何试剂。

(4) 决不允许随意混合各种化学药品，以免发生事故。

(5) 洗液、浓酸、浓碱等具有强烈腐蚀性，使用时要小心，不要洒在皮肤和衣服上，尤其不能溅入眼睛中。

(6) 有机溶剂（如乙醇、乙醚、丙酮、苯等）多易燃、易爆，使用时一定要远离明火，用后要立即塞紧瓶塞，放入阴凉处。

(7) 有刺激性、有毒或有恶臭气体（如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等）的实验，应在通风橱中进行。

(8) 有毒试剂（如氰化物、砷化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等）要严防进入口内或接触伤口，也不能随意倒入水槽，应回收统一处理。

(9) 实验过程中，应穿戴防护服装，使用防护眼镜、面罩、手套等防护用具。

(10) 使用电器设备，首先要检查电源电压与仪器设备使用电压是否相符，确认后才能使用；电器设备的功率不得超过电源负载能力；使用完毕，及时关闭电源。

2. 实验室意外事故的处理

(1) 玻璃割伤。若伤口有玻璃碎片，先挑出碎玻璃，然后在伤口处抹红药水，必要时撒上消炎粉或敷消炎膏，并用绷带包扎；若伤口过大，应立即到医院医治。

(2) 烫伤。先用稀 KMnO_4 溶液冲洗烫伤处，再涂上凡士林或烫伤膏。

(3) 强酸致伤。先用大量清水冲洗，再用 5% NaHCO_3 溶液洗，最后用水冲洗。

(4) 强碱致伤。先用大量清水冲洗, 再用 2% 乙酸或 2% 硼酸溶液洗, 最后用水冲洗。

(5) 中毒。若吸入气体中毒, 应立即转移到室外呼吸新鲜空气。若溅入口中的毒物已吞下, 应根据毒物的性质服解毒剂, 并立即送医院急救。

(6) 触电。先立刻切断电源, 必要时进行人工呼吸并及时送医院急救。

(7) 起火。实验室起火后, 要立即组织灭火, 尽快切断电源和移开可燃物, 以防火势扩大。灭火方法可视情况而定, 小火用湿布、石棉布或沙覆盖燃烧物即可灭火。火势大时用灭火器灭火, 电器设备所引起的火灾, 不能用泡沫灭火器, 以免触电, 可用二氧化碳或四氯化碳灭火器。若衣服着火时, 应立即用石棉布或厚外衣盖熄, 火势较大时, 应卧地打滚。

(8) 发生较大事故应及时报警, 及时报告消防、急救中心、学校有关部门, 立即按预定应急方案处理; 如有重伤员, 应立即送医院治疗。

3. 实验室“三废”处理

实验中经常会产生一些有毒的气体、液体和固体 (称为“三废”), 如果不加处理而任意排放, 不仅污染环境, 造成公害, 而且其中有用成分未能回收利用, 造成资源浪费。教师和学生要把实验中产生的废弃物分类回收, 再根据它们的性质照国家标准进行处理, 实验室不能处理的要统一回收, 上交学校有关部门处理。

(1) 实验室废气处理。实验中可能产生有毒、有害气体的操作都应在通风橱中进行。若排放的气体毒性大且较多, 应在排放之前采用吸附、吸收、氧化、分解等方法进行预处理。如 NO_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 等可用碱溶液吸收, 少量 CO 可在安全的地方点燃烧掉。

(2) 实验室废液。实验室废液的种类繁多, 应根据其性质分别处理。常用的处理方法有以下几种。

① 实验室洗刷用水, 污染不大, 可直接排入下水道。

② 废酸、废碱溶液经玻璃棉过滤, 中和至 pH 为 6~8 排放, 少量废渣埋于地下。

③ 废铬酸洗液可用高锰酸钾氧化法使其再生后使用。少量废洗液可加入废碱液或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀, 过滤后将沉淀埋于地下, 以防止铬的污染。

④ 氰化物是剧毒物质, 一定要认真处理。对于少量含氰废液, 先用 NaOH 调节 $\text{pH} > 10$, 再加入适量 KMnO_4 使 CN^- 氧化分解; 对于大量含氰废液, 先用碱液调 $\text{pH} > 10$, 再加入漂白粉, 使 CN^- 氧化成氰酸盐, 并进一步分解为 CO_2 和 N_2 。

⑤ 含汞废液处理时, 先调 $\text{pH} = 8 \sim 10$, 再加入过量的 Na_2S 使其生成 HgS

沉淀，加 FeSO_4 与过量 S^{2-} 生成 FeS 沉淀，从而吸附 HgS 共沉淀下来。静置后过滤，当上清液的汞含量小于 $0.02\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 即可以排放，少量残渣埋于地下，大量残渣可用焙烧法回收汞。

⑥ 含重金属离子的废液，最有效的方法是加碱或加 Na_2S 将重金属离子沉淀下来，然后过滤分离，少量残渣埋于地下。

⑦ 有机溶剂采用蒸馏、精馏等分离办法回收使用。

(3) 实验室废渣。实验室产生的有害废渣虽然不多，但也要进行安全处理。常用的处理方法有以下两种。

① 化学固化。对少量高危险性物质（如放射性废物等），可将其通过物理或化学方法进行（玻璃、水泥、岩石）固化，再深地填埋。

② 填埋。这是固体废物最终处置的主要方法。要求被填埋的废弃物应是惰性物质或经微生物可分解成为无害物质。填埋场地应远离水源，场地底土不透水、不能穿入地下水层。填埋场地可改建为公园或草地。因此，这是一项综合性的环保工程技术。

第五节 绿色化学简介

进入 20 世纪以来，人类创造了高度的物质文明，同时也产生了资源浪费、环境污染等许多负面问题。痛定思痛，人们开始重新认识和寻找更为有利于其自身生存和可持续发展的道路，注意人与自然的和谐发展，绿色意识成为人类追求自然完美的一种方式。

1. 绿色化学的概念

绿色化学，又称环境友好化学，是指在化学品的生产和应用过程中，尽量减少有毒有害物质的使用和产生，研究设计没有或尽可能少的环境副作用的产品和化学过程。绿色化学的理想是不再产生和使用有毒有害的物质，不再产生废物，是实现从源头防止污染的最有效手段。

2. 绿色化学的基本原则

绿色化学包含 3 个方面的原则。

(1) 清洁的。绿色化学致力于从源头制止污染，而不是污染后的再治理，绿色化学追求不产生或基本不产生对环境有害的物质。

(2) 经济的。绿色化学致力于在合成过程中不产生或极少产生副产物，使所有原料都转化成产物，是低能耗和低原材料消耗的技术。

(3) 安全的。在绿色化学过程中尽可能不使用有毒或危险化学品，其反应条