

全国高等院校农科大学化学系列教材

大学化学实验

主 编 汪建民

副主编 尹洪宗 刘 葵 盛 锋
付 蕾 高吉刚



科学出版社

www.sciencep.com

(O-3943.0101)

全国高等院校农科大学化学系列教材

无机及分析化学 I	王日为等
无机及分析化学 II	周杰等
有机化学	高吉刚等
大学化学实验	汪建民等
农科化学学习指导	盛 锋等

高等教育出版中心

010-64034327

chem@mail.sciencep.com

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-028062-6



9 787030 280626 >

定 价：29.00元

全国高等院校农科大学化学系列教材

大学化学实验

主 编 汪建民

副主编 尹洪宗 刘 葵 盛 锋
付 蕾 高吉刚

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是《全国高等院校农科大学化学系列教材》之一,根据当代化学实验教学发展的要求而编写。全书共 11 章,主要包括化学实验基础知识和基本操作、物质的性质、物质的分析、化合物的制备、物理常数的测定、综合实验和设计实验等内容,实验项目共 77 个,包括基本实验、综合实验和设计实验三种类型。本书力求体现农业院校的特点,内容精练,构架新颖,编排合理,注重加强基础知识和基本技能训练。

本书可作为高等农林院校农学、生命科学、环境科学、食品科学、动物科学等专业本科生的化学实验教材,也可供相关专业的研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/汪建民主编. —北京:科学出版社,2010.6

全国高等院校农科大学化学系列教材

ISBN 978-7-03-028062-6

I. ①大… 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(2010)第 116367 号

责任编辑:杨向萍 陈雅娴 / 责任校对:鲁 素

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

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>

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010 年 6 月第一次印刷 印张:18

印数:1—4 500 字数:363 000

定价:29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《全国高等院校农科大学化学系列教材》

总 编 委 会

主 任 周 杰 王日为

副主任 曲祥金 高吉刚 付 蕾 盛 锋 汪建民

委 员(按姓氏拼音排序)

杜凤沛 付 蕾 高吉刚 姜 林 李辉勇

刘 葵 倪春林 曲祥金 盛 锋 宋少芳

苏秀荣 汪建民 王日为 尹洪宗 张树芹

周 杰

《大学化学实验》编委会

主 编 汪建民

副主编 尹洪宗 刘 葵 盛 锋 付 蕾 高吉刚

编 委(按姓氏拼音排序)

陈长宝 董广文 董 静 付 蕾 高吉刚

姜 林 李丽芳 刘 葵 刘亚楠 裘立群

曲祥金 盛 锋 时爱菊 时伟杰 宋少芳

孙 华 万福贤 汪建民 王日为 王艳芳

殷焕顺 尹洪宗 张 坤 张丽丽 朱树华

《全国高等院校农科大学化学系列教材》编写说明

通览国内外高等农林院校农业与生命科学专业本科培养计划,基础化学系列课程的学分占必修课总学分的比例均为10%左右,分量之重,专业之所必需,显而易见。

近年来,我们先后参加了国家新世纪教改工程子项目,主持了山东省课程建设工程项目及校级精品课程建设等工作,对农科基础化学系列课程进行了系统研究。从宏观的角度探讨了农业与生命科学类专业对化学科学的研究与思维方法的需求,从微观与实用的角度提炼和整合了农科大学化学课程体系与教学内容,本着优化体系,精选内容,承前启后、有序安排的原则,构建了无机及分析化学、有机化学、大学化学实验的理论与实验课程体系,结合教育部考试中心、全国学位与研究生教育学会农林工作委员会拟订的全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考考试大纲,制订了新的课程教学大纲。以此为基础,我们组织山东农业大学及兄弟院校多年从事农科基础化学课程教学的一线骨干教师编写了《全国高等院校农科大学化学系列教材》。

按照课程与教材对应的原则,本系列教材包括:《无机及分析化学Ⅰ》、《无机及分析化学Ⅱ》、《有机化学》、《大学化学实验》、《农科化学学习指导》。《全国高等院校农科大学化学系列教材》总编委会由周杰、王日为任主任,曲祥金、高吉刚、付蕾、盛锋、汪建民任副主任。

《全国高等院校农科大学化学系列教材》的出版,得到了山东农业大学及兄弟院校各级领导和同行们的大力支持,科学出版社的编辑同志们对教材的出版给予了大力支持并付出了辛勤劳动,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不足之处,诚恳希望读者批评指正,不胜感激。

《全国高等院校农科大学化学系列教材》总编委会

2008年4月于山东农业大学

前 言

化学实验是培养学生动手能力的重要手段,对于提高学生的实践能力和综合素质、培养学生的科学精神和创新意识具有不可替代的作用。

大学化学实验是农学、生命科学、环境科学、食品科学、动物科学等专业的一门重要必修课。该课程的任务是培养学生独立进行实验操作、观察记录实验现象、分析归纳实验结果、撰写实验报告等多方面的能力,巩固和加深对化学理论的理解,培养学生严谨的工作作风、实事求是的科学态度、良好的工作习惯以及分析问题和解决问题的能力,为学生今后从事科学研究打下坚实的基础。

近十年来,大学化学实验教学改革有了长足的发展,教学理念发生了深刻转变,教学内容、教学方法、教学手段都有了很大改变,新的实验技术和实验方法不断涌现。为适应新形势的发展需要,我们在原有《农科化学实验》的基础上,编写了本书。

本书有以下几方面特点:

(1) 采用新的组织和结构方式,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,加强了内容的衔接,减少了内容重复。

(2) 突出农业院校的特点及时代发展要求,增加与生命科学和农业科学相结合的实验内容,特别是天然产物中有效成分的提取、色谱分离技术和产物鉴定方面的内容。

(3) 增加了综合性、设计性实验内容,贯穿物质的合成、提纯、组成分析、结构鉴定、性能测试等多层次知识,初步对学生进行系统的科研能力训练。

(4) 在实验教学中融入绿色化学实验的思想。对涉及银、碘、铬等贵重材料的实验采用微量或半微量实验,既节省经费,又减少污染;开设循环实验项目,将前一个实验的产物用作后面实验的原料,以达到或接近零排放的目标;开设实验室“三废”处理和废旧物品处理实验项目,既处理了废弃物,又节省了实验材料,还培养了学生的环境保护意识。

(5) 在某些实验中列入多种实验方法,开拓学生的思路。

本书对基本操作和实验方法作了较为详细而精练的描述,为加强基本实验技能训练,加深学生对实验原理和实验操作的理解,每个实验中均附有详细的注释和思考题,以便于教和学。本书内容比较全面,除可作为本科生实验教材外,还可作为生命科学和农业科学各专业的研究生参考书。

本书为《全国高等院校农科大学化学系列教材》第四分册,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,汪建民任主编,尹洪宗、刘葵、盛锋、付蕾、高吉刚任副主编。在本书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,得到了学院全体教师和实验技术人员的鼎力帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2010年3月

目 录

《全国高等院校农科大学化学系列教材》编写说明

前言

第1章 绪论	1
1.1 化学实验的目的	1
1.2 基础化学实验的学习方法	2
1.3 化学实验室规则	4
1.4 实验室安全知识	4
1.5 绿色化学简介	8
第2章 化学实验基础知识	10
2.1 化学实验常用仪器.....	10
2.2 玻璃仪器的洗涤与干燥.....	16
2.3 化学试剂及取用方法.....	18
2.4 滤纸、滤器的应用	20
2.5 固液分离方法.....	21
2.6 加热和冷却方法.....	25
2.7 温度的测量.....	29
2.8 化合物的干燥与干燥剂.....	32
第3章 光电仪器的使用	36
3.1 酸度计的使用.....	36
3.2 分光光度计的使用.....	40
3.3 电导率仪的使用.....	41
3.4 旋光仪的使用.....	44
3.5 折射率仪的使用.....	46
第4章 物质的分离与提纯	49
实验1 去离子水的制备	49
实验2 粗食盐的提纯	53
实验3 重结晶	55
实验4 蒸馏与分馏	57
实验5 水蒸气蒸馏	63
实验6 萃取	66

实验 7 升华	71
实验 8 色谱法	73
第 5 章 物质的一般性质实验	80
实验 9 烃的含氧衍生物的性质	80
实验 10 烃的含氮衍生物的性质	83
实验 11 糖类化合物的性质	86
实验 12 电离平衡与沉淀溶解平衡	89
实验 13 氧化还原反应与电化学	92
实验 14 配位化合物的性质	95
实验 15 胶体与吸附	98
第 6 章 化合物的制备实验	102
实验 16 乙酰苯胺的合成	102
实验 17 乙酸乙酯的合成	104
实验 18 乙酰水杨酸的合成	106
实验 19 正溴丁烷的合成	108
实验 20 苯氧乙酸的合成	110
实验 21 硫酸亚铁铵的制备	112
实验 22 硫代硫酸钠的制备	114
实验 23 五水硫酸铜的制备	115
实验 24 葡萄糖酸锌的制备及检验	117
第 7 章 化学分析实验	121
实验 25 称量操作练习	121
实验 26 滴定操作练习	125
实验 27 盐酸溶液的配制与标定	131
实验 28 NaOH 溶液的配制与标定	134
实验 29 食醋中总酸度的测定	140
实验 30 铵盐中含氮量的测定	141
实验 31 工业纯碱总碱度的测定	142
实验 32 亚铁盐中铁含量的测定	143
实验 33 水样中化学耗氧量的测定	144
实验 34 过氧化氢含量的测定	147
实验 35 水的总硬度及钙镁含量的测定	148
实验 36 氯化物中 Cl^- 含量的测定	151
实验 37 维生素药片中维生素 C 的测定	153
实验 38 土壤 pH 及可溶性 SO_4^{2-} 含量的测定	154

第 8 章 物理常数测定实验	158
实验 39 熔点、沸点的测定	158
实验 40 相对密度的测定	162
实验 41 凝固点下降法测定萘的相对分子质量	164
实验 42 化学反应焓变的测定	166
实验 43 化学反应速率与活化能的测定	168
实验 44 乙酸电离度和电离常数的测定	171
实验 45 难溶电解质溶度积常数的测定	174
实验 46 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	177
实验 47 蔗糖转化速率常数的测定	180
实验 48 黏度法测定聚合物的相对分子质量	183
实验 49 固液吸附法测定活性炭的比表面积	186
实验 50 液体饱和蒸气压的测定	189
实验 51 液体表面张力的测定	191
第 9 章 仪器分析实验	197
实验 52 分光光度法测铁	197
实验 53 分光光度法测磷	198
实验 54 氯离子选择性电极测水中 Cl^- 含量	201
实验 55 食盐中碘含量的测定	202
实验 56 苯甲醛的紫外光谱分析	204
实验 57 紫外光谱法测定饮料中咖啡碱的含量	206
实验 58 苯甲酸的红外吸收光谱分析	208
实验 59 高效液相色谱法测定复方镇热息疼药片中咖啡碱含量	210
实验 60 荧光法测定铝的含量	212
第 10 章 综合实验	214
实验 61 用滤纸碎片制备羧甲基纤维素钠	214
实验 62 实验室含铬废液的处理	215
实验 63 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成测定	217
实验 64 二氯化六氨合镍(Ⅱ)的制备及组成结构分析	220
实验 65 四苯基环戊二烯酮的合成与表征	223
实验 66 从茶叶中提取咖啡碱	226
实验 67 油料作物中油脂的提取及油脂的性质	229
实验 68 肉桂树皮中肉桂醛的提取及鉴定	231
实验 69 植物叶绿体色素的提取、分离及鉴定	234
实验 70 槐米中芦丁的提取、纯化和鉴定	240

第 11 章 设计实验	244
实验 71 西红柿、番茄汁饮料中维生素 C 含量的测定	245
实验 72 酱油中 NaCl 的测定	246
实验 73 碘量法废液中碘的回收	246
实验 74 蛋壳中 Ca、Mg 总量的测定	247
实验 75 废旧干电池的回收与利用	248
实验 76 用含铬废液处理回收的废渣制备重铬酸钾	249
实验 77 茶叶中微量元素的测定	250
附录	252
附录 1 常见化合物的摩尔质量	252
附录 2 常见无机化合物的溶解度	256
附录 3 乙醇水溶液的相对密度及组成	259
附录 4 水的饱和蒸气压(0~100 °C)	259
附录 5 弱电解质的电离平衡常数	260
附录 6 难溶化合物的溶度积(298 K)	262
附录 7 配位化合物的稳定常数	262
附录 8 常用酸碱溶液的浓度	263
附录 9 常用试剂的配制方法	264
附录 10 常用缓冲溶液和洗液的配制方法	266
附录 11 常用指示剂及试纸	267
附录 12 常见共沸混合物	269
附录 13 常用有机溶剂的沸点和折射率	270
附录 14 常见化学物质的毒性和易燃性	270
附录 15 化学实验常用手册及主要参考书	274

第1章 绪 论

1.1 化学实验的目的

化学是一门中心和应用性科学,已成为描述生命科学和农业科学的基本语言。化学是生命科学和农业科学的重要基础。化学肥料、农药、除草剂、植物生长调节剂等农业化学品对农业生产和环境产生巨大的影响,化学分离分析技术在蛋白质的分离纯化和鉴定、基因组学和蛋白质组学、天然产物的分离和鉴定等领域的科学研究中起着不可替代的作用。

化学是实验的科学,化学离不开实验。化学实验的重要性主要表现在三个方面:首先,化学实验是化学理论产生的基础,化学的规律和成果都是建立在实验成果之上;其次,化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准,一切理论设想和“分子设计”化学合成都将由实验验证,并通过实验完成;最后,化学学科发展的最终目的是发展生产力,新型材料将是本世纪发展最快的领域之一,新型材料的合成、结构表征及性能检测都需要通过实验完成。在生命科学和农业科学研究中,也需要用到大量的化学实验技术,良好的化学实验基础对生命科学深层次的研究工作具有不可估量的作用。

化学实验是培养学生动手能力的重要手段。通过基础化学实验训练,要达到以下四个方面的目的:

(1) 获得关于化学物质的大量感性知识,再经分析、归纳、总结,从感性认识上升到理性认识,从掌握知识上升到运用知识。

(2) 规范掌握基本操作技能,了解化合物的一般分离、提纯和制备方法,了解确定物质组成、含量和结构的一般方法,掌握常用滴定方法,确立严格的“量”的概念,学会运用误差理论正确处理数据。

(3) 培养实事求是的科学态度,培养团队协作精神,养成准确、细致、整洁等良好的实验室工作习惯。

(4) 了解实验室工作的有关知识,如实验室试剂、仪器的使用和管理方法,实验室可能发生的事故及处理方法,实验室的“三废”处理等。

通过综合设计实验的训练,培养学生自己查阅资料、自主设计实验方案、独立完成实验、正确分析处理和表达实验结果的能力,对提高学生的综合素质、培养学生的创新精神和实践能力具有重要作用。

1.2 基础化学实验的学习方法

学好基础化学实验不仅要有正确的学习态度,还要有正确的学习方法,要注意以下几个环节。

1. 实验前

实验前预习是做好实验的前提和保证,预习时要认真阅读教材内容,查看有关参考资料,查看有关实验操作和仪器使用方法,查阅有关手册找出实验所需的物理化学数据,或从网络资源库中查看有关视频资料。预习时要做到明确实验目的,了解实验原理,熟悉实验内容,标明注意事项,设计预习实验数据记录表格,合理安排实验时间,在此基础上写好预习报告。

2. 实验中

(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) 按照预习拟订的实验步骤独立操作,仔细观察实验现象,认真测试实验数据,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,可与教师讨论,获得指导。如果实验不成功,要检查原因,经教师同意后重做实验。

(3) 实验中要保持实验台面和地面的整洁、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

做完实验仅仅是完成实验工作的一半,更重要的是整理实验数据,分析实验现象,把直接的感性认识提高到理性思维。①认真、独立完成实验报告,对实验现象进行解释,对实验数据进行处理(包括计算、作图等),并得出结论;②对实验结果进行分析、讨论,对实验提出改进意见和建议;③认真回答课后思考题。

4. 实验报告要求

实验报告是总结实验情况、分析实验中出现的問題、整理和归纳实验结果必不可少的环节。实验报告的核心内容是写清楚做什么、怎么做、得到什么结果。

不同类型实验报告的格式、内容略有相同,下面介绍几种实验报告格式供参考。

(1) 性质实验报告格式。

实验题目_____

一、实验目的

二、实验内容

实验步骤	实验现象	化学反应式或解释

三、思考题

(2) 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

(3) 定量分析实验报告格式。

实验题目_____

一、实验目的

二、基本原理

三、实验数据及结果处理

四、思考题

(4) 基本操作实验报告格式。

实验题目_____

一、实验目的

二、基本原理

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

1.3 化学实验室规则

实验室是教学、科研的重要场所。为确保实验安全顺利进行,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) 实验前应认真预习,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,完成预习报告。

(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,不大声谈笑,保持实验室安静。

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

(5) 实验过程中保持实验台面和地面的整洁。火柴梗、纸屑等只能丢入垃圾桶,不得丢入水槽,以免堵塞。有毒或有腐蚀性的化学废液及废渣要按规定分类收集到指定的容器,以便集中处理,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,试剂取用后应立即盖好瓶盖,千万不要盖错。用完公用仪器 and 试剂瓶等后要立即放回原处,不得挪用其他人或其他实验台的仪器和药品。如果试剂量不足,应报告教师补充。

(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。根据原始记录,认真完成实验报告。

(8) 实验室内不准吸烟、饮食。

(9) 对实验内容和实验方法可提出改进意见,经指导教师同意后方可实施。

(10) 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、公用实验台面、水槽等,清理废物和废液,关好水、电、门窗等。经指导教师同意后,方可离开实验室。

1.4 实验室安全知识

化学实验中常使用水、电、化学试剂和各种仪器,很多化学试剂易燃、易爆、有毒或有腐蚀性,存在许多不安全因素。为确保实验安全顺利进行,除了严格遵守安全规则外,还必须熟悉各种仪器、药品的性能及一般事故的处理等实验室安全知识。

1. 实验室安全规则

(1) 实验开始前应检查仪器是否完整无损,装置是否正确、稳妥。了解实验室内水、电、安全用具放置的位置,熟悉各种安全用具(如灭火器、沙桶、急救箱等)的