



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材


2014年广东省本科高校教学质量与教学改革工程之“精品教材”立项建设项目

基础化学实验

第二版

农科各专业用

罗志刚◎主编

 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材
2014年广东省本科高校教学质量与教学
改革工程之“精品教材”立项建设项目

基础化学实验

第二版

农科各专业用

罗志刚 主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验 / 罗志刚主编. —2 版. —北京:
中国农业出版社, 2014. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-19192-1

I. ①基… II. ①罗… 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(2014)第 138797 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(010) 6419 3111

1
1
1

北京中新伟业印刷有限公司

2009 年 12 月

2014 年 8 月

行

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19

字数: 452 千字

定价: 33.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书将无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、仪器分析实验统一起来。内容包括化学实验基础知识，化学实验常用仪器简介，化学实验的基本操作技能，化学物质的制备、合成、分离与纯化实验，验证性实验，滴定分析和质量分析实验，化学常数测定实验，仪器分析实验，综合性、设计性和研究性实验 9 章共 71 个实验，并有附录可供查阅有关数据。本书着重介绍化学实验的基础知识和基本操作技能，并将其运用到各个实验中去。为了减少对环境的污染和增强环境保护意识，树立“绿色化学”的理念，有些实验为微型实验或增加了微型操作步骤，还有些实验为绿色实验。

本书可作为高等农林院校和其他院校非化学专业本科学生的化学实验教材，也可供从事化工生产和管理，化工产品研制、开发、检测和应用的科技人员参考。

第二版编者名单

主 编 罗志刚

参 编 (以编写章节先后为序)

周晓华 赵颖 刘小平

林祖兴 曾满枝 陈实

张淑婷

第一版编者名单

主 编 罗志刚

参 编 (以编写章节先后为序)

周晓华 赵颖 黄鹤

林祖兴 曾满枝 陈实

张淑婷

第二版前言

本书第一版自 2009 年 12 月出版以来,得到了广大师生的肯定和好评,至 2013 年 7 月已第三次印刷。

随着化学实验内容和化学实验技术的不断发展及高等教育对学生科学素质和创新能力培养要求的不断提高,为了及时更新和改革教学内容,以适应培养基础深、知识广、能力强、素质高的创新人才的要求,我们对原书进行了修订。

第二版在保持第一版的体系结构、风格特点和版面篇幅的基础上,进行了以下改进:

(1)对实验项目进行了调整,删去了 15 个实验,增补了 19 个实验,同时对 16 个实验进行了重写,使之更贴近实际,更具专业特点。

(2)在化学实验基础知识中增加了化学实验室的各类警示标志介绍,以帮助学生了解进入化学实验室应注意的问题,确保安全地完成实验。

(3)在化学实验常用仪器简介中删去了与常规玻璃仪器大同小异的微型玻璃仪器部分而增加了玻璃仪器的组装和拆卸部分,使玻璃仪器的介绍更全面,同时酸度计和分光光度计的介绍也更换了新的性能更好的型号。

(4)在化学物质的制备、合成、分离与纯化实验中增加了 2 个有机化合物的绿色合成实验,以帮助学生树立“绿色化学”的理念和增强环境保护的意识,还增加了 1 个日用化学品的制备及应用实验,使之更贴近生活。

(5)在验证性实验中增加了 1 个化学反应速率与活化能实验,使无机化学的基本理论验证更全面具体。

(6)在滴定分析和质量分析实验及综合性、设计性和研究性实验中,更换的新实验更接近生活实际,更具有应用意义。

(7)在化学常数测定实验和仪器分析实验中,更新了一些使用的仪器,反映出仪器的先进性和普及性。

第二版内容包括化学实验基础知识,化学实验常用仪器简介,化学实验的基本操作技能,化学物质的制备、合成、分离与纯化实验,验证性实验,滴定分析

和质量分析实验,化学常数测定实验,仪器分析实验,综合性、设计性和研究性实验等9章共71个实验,书后附录所列的数据可应用于有关实验的结果计算。本书适用于高等农林院校和其他院校非化学专业的本科学生。

本书由华南农业大学罗志刚主编,参加编写的教师有(以编写章节先后为序):罗志刚(前言,绪论,第三章及第二章的第二节、第十节)、周晓华(第一章及第二章的第一节)、赵颖(第四章)、刘小平(第五章)、林祖兴(第六章)、曾满枝(第七章)、陈实(第八章及第二章的第三节、第四节、第五节、第六节、第七节、第八节、第九节)、张淑婷(第九章),全书由罗志刚统一整理定稿。

在本书编写过程中,华南农业大学理学院应用化学系的教师提出了许多宝贵的意见,参加第一版编写的黄鹤老师由于工作关系没有参加第二版的编写,但仍然给予了很大的支持。本书是普通高等教育农业部“十二五”规划教材和全国高等农林院校“十二五”规划教材,是2014年广东省本科高校教学质量与教学改革工程之“精品教材”立项建设项目,在编写和出版中得到了华南农业大学和中国农业出版社的大力支持。在此,一并致以衷心的感谢。

编者

2014年6月于广州

第一版前言

本书是根据最新的高等农业院校普通化学实验、分析化学实验、有机化学实验、仪器分析实验教学大纲和教学基本要求编写的,它将几门化学实验课程整合在一起,旨在建立基础化学实验课程的新体系。内容包括化学实验的基础知识,化学实验常用仪器简介,化学实验的基本操作技能,化学物质的制备、合成、分离与纯化实验,验证性实验,滴定分析和质量分析实验,化学常数测定实验,仪器分析实验,综合性、设计性和研究性实验 9 章共 67 个实验,书后附录所列的数据可应用于有关实验的结果计算。对各个实验内容,力求做到原理叙述简明准确,操作步骤切实可行。为了减少对环境的污染和增强环境保护意识,有些实验为微型实验或增加微型操作步骤。微型实验是近年来国内外迅速发展的一种实验方法和实验技术,它具有现象明显、效果良好、节省时间、降低消耗、减少污染、操作安全、实验设备携带轻便等优点,因此越来越受到关注,应用渐广。在内容的安排上,着重介绍化学实验的基础知识和基本操作技能,并将其运用到各个实验中去,力求把化学物质的“结构—性质—应用—制备—提纯—测定”的关系完整地传授给学生,使学生对化学实验的基础知识和基本操作技能有一个全面的认识和整体的训练,为学习专业课程和将来从事科学研究打下坚实的基础。本书适用于高等农业院校非化学专业的本科学生。

基础化学实验是高等农业院校一门重要的基础实验课程,是实践性环节的重要一环,它对培养高级农业科技人才起着重要的作用。在本书编写中,既注意本课程的系统性、科学性和先进性,又考虑与化学理论课程相适应,与农科各专业相关联,以有利于学生的素质教育、能力培养和个性发展,使学生通过本课程的学习和实践,提高科学素质和创新能力。

本书由华南农业大学罗志刚主编,参加编写的教师有(以编写章节先后为序):罗志刚(前言,绪论,第三章及第二章的第二、三、十节)、周晓华(第一章及第二章的第一节)、赵颖(第四章)、黄鹤(第五章)、林祖兴(第六章)、曾满枝(第七章)、陈实(第八章及第二章的第四、五、六、七、八、九节)、张淑婷(第

九章), 全书由罗志刚统一整理定稿。

本书是全国高等农林院校“十一五”规划教材, 在编写和出版中得到了华南农业大学和中国农业出版社的大力支持, 华南农业大学理学院应用化学系的教师提出了许多宝贵的意见, 在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏和不妥之处, 敬请读者批评指正。

编者

2009年5月于广州

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一章 化学实验基础知识	4
概述	4
第一节 实验室规则	4
第二节 实验室安全知识	6
第三节 化学试剂简介	11
第四节 实验室用纯水的制备和检验	13
第五节 试纸、指示剂和滤纸	16
第六节 实验废弃物处理方法简介	22
第七节 样品分析的一般程序和方法	23
第八节 实验数据的表达和处理方法	26
第二章 化学实验常用仪器简介	35
概述	35
第一节 玻璃仪器及器皿用具	35
第二节 天平	44
第三节 酸度计	48
第四节 库仑仪	51
第五节 分光光度计	53
第六节 傅里叶变换红外光谱仪	56
第七节 原子吸收分光光度计	58
第八节 气相色谱仪	59
第九节 高效液相色谱仪	62
第十节 气压计	64
第三章 化学实验的基本操作技能	67
概述	67

第一节	玻璃仪器的洗涤和干燥	67
第二节	加热和制冷	68
第三节	玻璃工操作	73
实验 1	玻璃管、棒的加工	75
第四节	试剂的取用	75
第五节	气体的发生、净化、干燥和收集	76
第六节	称量	78
第七节	液体体积的度量与滴定	80
实验 2	量器的校正	84
第八节	溶解、结晶与固液分离	85
第九节	蒸馏、分馏与旋转蒸发	90
第十节	萃取	97
第十一节	升华	100
第十二节	色谱	101
第十三节	化合物物理常数的测定	106
实验 3	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的制备、提纯和结晶水测定	113
第四章	化学物质的制备、合成、分离与纯化实验	116
概述	116	
实验 4	氢氧化铁溶胶的制备与纯化	116
实验 5	工业氯化钠的提纯及检验	117
实验 6	硫代硫酸钠的制备及检验	120
实验 7	从果皮中提取果胶	121
实验 8	从茶叶中提取咖啡因	122
实验 9	从槐花米中提取芦丁	124
实验 10	八角茴香油的提取及其官能团的定性检验	125
实验 11	铁屑-硫酸亚铁铵-三草酸合铁(III)酸钾的制备及配离子电荷的测定	127
实验 12	乙酸乙酯的合成及纯度测定	130
实验 13	香料乙酸异戊酯的绿色合成	133
实验 14	超声波辐射合成食用香精肉桂酸甲酯	134
实验 15	食品防腐剂苯甲酸的合成及熔点测定	135
实验 16	无铅汽油抗震剂甲基叔丁基醚的合成	137
实验 17	阿司匹林的合成及检验	138
实验 18	环己酮的合成	140
实验 19	邻、对硝基苯酚的合成	141
实验 20	甲基橙的合成及检验	143
实验 21	呋喃甲醛歧化制备呋喃甲酸和呋喃甲醇及产物的分离纯化	145
实验 22	几种日用化学品的制备及应用	146

第五章 验证性实验	155
概述.....	155
实验 23 常见非金属阴离子的分离与鉴定	155
实验 24 常见金属阳离子的分离与鉴定	162
实验 25 有机化合物的基本化学性质	171
实验 26 化学反应速率与活化能	180
实验 27 溶液中的离子平衡	184
实验 28 氧化还原反应	187
实验 29 配位化合物与配位平衡	191
实验 30 几种掺假食物的鉴别.....	195
实验 31 几种食物中微量元素的检验	198
第六章 滴定分析和质量分析实验	202
概述.....	202
实验 32 酸碱溶液的配制及比较滴定	203
实验 33 甲醛法测定铵盐含氮量	205
实验 34 食用醋中总酸量的测定	208
实验 35 混合碱中各组分含量的测定	209
实验 36 沉淀滴定法测定酱油中的氯化钠含量	210
实验 37 配位滴定法测定天然水中的钙、镁.....	212
实验 38 重铬酸钾法测定亚铁盐中的铁	214
实验 39 高锰酸钾法测定过氧化氢	215
实验 40 补钙制剂中钙含量的测定	217
实验 41 碘量法测定胆矾中的铜	218
实验 42 葡萄糖制品中葡萄糖含量的测定	220
实验 43 质量法测定钾肥的含钾量	222
实验 44 质量法测定土壤中硫酸根离子含量.....	223
第七章 化学常数测定实验	225
概述.....	225
实验 45 排水集气法测定金属镁的摩尔质量.....	225
实验 46 量热法测定氯化铵的生成焓	227
实验 47 目视比色法测定醋酸的离解常数	229
实验 48 酸度法测定醋酸的离解常数	230
实验 49 离子交换法测定氯化铅的溶度积常数	232
实验 50 电位法测定二乙二胺合铁(II)配离子的稳定常数.....	234
实验 51 酸度计的应用	235

第八章 仪器分析实验	238
概述	238
实验 52 电位滴定法连续测定混合液中的氯和碘	239
实验 53 离子选择性电极法测定水中的氟	242
实验 54 恒电流库仑滴定法测定维生素 C	244
实验 55 分光光度法测定植物组织总铁量	247
实验 56 分光光度法测定食品中的亚硝酸盐	250
实验 57 紫外分光光度法同时测定维生素 C 和维生素 E	252
实验 58 红外吸收光谱法测定苯甲酸	254
实验 59 原子吸收光谱法测定水中的钙、镁	257
实验 60 气相色谱法测定风油精中的薄荷脑	259
实验 61 高效液相色谱法测定果汁中的苹果酸和柠檬酸	262
第九章 综合性、设计性和研究性实验	265
概述	265
实验 62 含铬废水的处理(综合性实验)	265
实验 63 废定影液中金属银的回收(综合性实验)	268
实验 64 蚕沙中叶绿素的提取分离和含量测定(综合性实验)	269
实验 65 茶多酚的提取及抗氧化性研究(综合性实验)	271
实验 66 稻米中重金属镉含量的测定(设计性实验)	274
实验 67 食品防腐剂尼泊金乙酯的合成及分离纯化(设计性实验)	275
实验 68 泡菜中亚硝酸盐含量的测定(设计性实验)	276
实验 69 废锌锰干电池的综合利用研究(研究性实验)	278
实验 70 从猪毛中提取精制胱氨酸(研究性实验)	279
实验 71 水溶性酚醛树脂胶黏剂的制备及应用(研究性实验)	280
附录	283
附录 1 基本物理常数	283
附录 2 元素的相对原子质量	283
附录 3 不同温度下水的饱和蒸气压	285
附录 4 不同温度下水的密度	285
附录 5 纯水的电导率($\kappa_{p,t}$)及换算系数(α_t)	286
附录 6 常用酸碱溶液的浓度	286
附录 7 常用干燥剂	287
附录 8 危险药品的分类、性质和管理	288
主要参考文献	289

绪 论

纵观自然科学的发展,几乎每一理论的突破、每一定律的创立、每一成果的获得,都离不开实践,尤其是化学,更是一门实践性很强的科学。通过化学实验发展了化学理论,而化学理论的发展,又促使化学实验向更高的要求、更强的手段迈进。

一、基础化学实验的课程体系和教学内容

基础化学实验包含无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验和物理化学实验,是农业院校的一门重要基础实验课程,是实践教学的重要一环,它以介绍化学实验的原理和方法为主要内容,以实际操作为主要手段,以培养操作技能和创新精神为主要目标。通过基本操作技能的训练,使学生学会和掌握化学实验的各种基本操作技能,提高动手能力,为将来从事科学研究奠定基础;通过化学物质的制备、合成、分离与纯化实验,使学生学会从农林产品或天然产物中分离和提纯各种有效成分,学会制备和合成自然界难以获得或不存在的物质;通过验证性实验,验证化学理论和物质的化学性质,使学生总结出化学原理和规律;通过滴定分析和质量分析实验,使学生学会和掌握定量分析的原理和方法及分析结果的表达,并培养正确、规范的操作;通过化学常数测定实验,使学生学会和掌握有关数据的测定原理和方法及仪器的使用,并对数据进行分析处理,进而得出相关的原理、定律或结论;通过仪器分析实验,使学生了解分析仪器的发展和应用,学会和掌握有关仪器的工作原理和使用方法,并进行测定,从而对物质做出定性或定量分析;而综合性、设计性和研究性实验,更注重与实际应用的结合,使实验具有综合性、思考性和启发性,有助于培养学生发现问题、分析问题、解决问题的综合能力和创新精神,也适应学生的个性发展和潜能发挥的要求。总之,通过本课程的教学,使学生获得化学实验的基础知识、基本理论和基本技能,对化学物质的“结构—性质—应用—制备—提纯—测定”的关系有一个整体的认识和全面的训练,并培养学生的科学精神、思维方法和创新能力,为日后学习专业课程和将来从事科学研究打下坚实的基础。

二、基础化学实验的性质、任务和作用

基础化学实验是一门实践性课程,实践告诉我们,通过实验发现和发展的理论,又通过实验检验和评价理论,因此化学实验与化学理论是相辅相成的。实验不只是验证理论,更重要的是通过实验帮助学生感受知识的产生,理解知识的发展,掌握知识的创新,并培养学生的操作技能和思维方法,培养学生的严谨作风和求实品德,培养学生的科学素质和创新能力。当今的大学教育,是要在坚持知识、素质、能力辩证统一的同时,更加注重素质教育,注重学生创新能力的培养,注重学生个性的发展和潜能的发挥,培养基础扎实、知识广、素质高、能力强的适应 21 世纪发展需要的专门人才。因此,该课程的主要任务是开发学生的智能,培养学生严肃、严谨、严格、严密的科学精神和态度,良好的实验素养和动手能力。

通过该课程的教学,使学生的思维方法和操作技能得到训练,学会对实验现象、数据、结果进行观察分析、归纳总结和联想演绎,提高发现问题、分析问题、解决问题的综合能力和独立工作能力,培养创造性思维和认识理论、掌握理论、发展理论的创新能力。

基础化学实验内容丰富广泛,有不少内容直接与工农业生产实践和人民群众日常生活相联系。基础化学实验有常温下操作,也有高温或低温下操作;有常压下操作,也有高压或低压下操作;有常量实验,也有半微量或微量实验;有常规实验,也有微型实验;有传统实验,也有近代实验。通过实际操作,学生能全面学习和掌握各种技能并从中受到启迪,为将来从事科学研究奠定基础。

三、基础化学实验的学习要求和教学方法

实验教学的核心作用是培养学生的智能,因此实验教学特别强调学生自己动脑和动手,从实践中探索求知。通过观察分析实验现象,归纳总结出一些基本结论或基本原理;通过得到的实验数据并做进一步处理,求出一些基本常数并赋予一定的物理意义;通过实验仪器的正确使用,培养规范的操作技能和科学的实验方法;通过总结实验结果,拓宽视野,认识自然并联想演绎,创造出新的知识。

要学好、做好基础化学实验,首先要明确学习目的和意义,其次要掌握学习方法。实验前做好预习,了解实验原理、实验方法和有关实验技术在操作步骤中的具体运用,了解实验的重点和难点,并知道要做好该实验需要注意的具体问题。实验预习不是看一遍就可以的,因为学生以往未接触过这些内容,因此要将以上问题写成预习报告,带着这些问题来做实验,这样才能在规定时间内顺利完成全部实验内容,获得更好的效果。实验中要有操作的积极性和主动性,并正确、规范地进行操作和使用仪器,想办法解决操作过程中的具体问题。要认真、细致地进行观察,并及时、准确地将实验现象、数据、结果记录下来。实验后根据实验记录实事求是地写出实验报告,归纳总结实验现象和数据,分析讨论实验结果和问题,并做出相应的结论,还可以提出实验意见或建议。在教学上,则应使学生明确实验原理、实验方法及实验技术在操作步骤中的具体运用,注意基本操作技能的培养,启发学生的思维,发挥学生的主观能动性,给学生留下探索的余地,思考的时间,设计的空间。鼓励学生勇于探索,敢于创新,使学生通过该课程的学习和实践,具备一定的化学实验素质和创新能力,拓宽视野,了解化学与其他学科,尤其是农林科学、生物科学、食品科学、环境科学、材料科学、能源科学、医药科学的关系,并掌握科学的基本研究方法,以便在一定程度上用化学的观点和方法从分子水平去观察分析和研究解决本学科的有关现象和问题。

四、基础化学实验的教学改革

当今世界进入了信息时代,知识经济已显端倪,知识经济需要依靠一大批具有创新意识、创新精神和创新能力的高素质创新人才。当今世界的竞争,归根到底是综合国力的竞争,实质则是人才的竞争,教育的竞争。创新人才需要创新教育来造就,而实验教学的改革正是实践创新教育的重要组成部分。

基础化学实验的教学改革包括课程体系和教学内容的改革,教学方法和教学手段的改革,考核目标和成绩测评的改革等各方面。在课程体系的设置上,应强化基础,淡化专业,树立“大化学实验”意识,把相关实验合并起来,融会贯通,变分散为综合。在教学内容的

安排上,适当删减验证性实验,大力加强基本操作技能实验,并开设综合性实验、设计性实验和探索性实验,探索性实验能适应学生个性的发展和潜能的发挥,能激发学生的创造性思维,培养学生的创新能力。在教学方法和教学手段上,应摒弃满堂灌的填鸭式教学方法,积极实行渗透式、启发式和讨论式的教学方法,通过集中安排时间,开放实验室、开放实验项目或组织学生参与教师的科研工作等手段,使探索性实验得以实施。在考核目标和成绩测评上,除了看学生完成的实验项目和实验内容外,更重要的是看完成实验的质量,有没有创新性,要体现综合运用实验原理、实验方法和实验技术解决实际问题的能力,要体现独立工作能力和工作协调能力,要体现科学精神和创新能力。总之,在基础化学实验的教学改革中,通过课程自成体系,独立开设,改革教学内容,开设综合性实验、设计性实验和探索性实验,开放实验室、开放实验项目,介入科学研究等一系列工作,一定能促进基础化学实验的教学水平和教学质量提高到一个新的台阶,对培养基础深、知识广、能力强、素质高的创新人才起到积极的作用。