



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

分析化学实验

(第四版)

华中师范大学 东北师范大学
陕西师范大学 北京师范大学 编
西南大学

高等教育出版社



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

分析化学实验

FENXI HUAXUE SHIYAN

(第四版)

华中师范大学 东北师范大学

陕西师范大学 北京师范大学 编

西南大学

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“高等师范教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”项目的研究成果,是教育部面向 21 世纪课程教材。本实验教材包括定性分析、定量化学分析和仪器分析三部分内容,兼顾了无机分析与有机分析、成分分析与结构分析、定性分析与定量分析,并增加了分析化学在生命科学中应用的实验内容。主要阐述了分析化学实验的基本知识、基本仪器、基本操作技术和基础实验等。全书共 6 章,介绍了 16 种常用分析仪器,精选了 62 个实验,每类实验和仪器可供灵活选择使用。全书内容精练,信息量大,均采用法定计量单位。

本书可作为高等师范院校分析化学和仪器分析的实验课教材,也可供高等理工院校相关专业选用与参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学实验 / 华中师范大学等编. —4 版. —北京: 高等教育出版社, 2015.1

ISBN 978-7-04-041474-5

I. ①分… II. ①华… III. ①分析化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①O652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 261593 号

策划编辑	殷 英	责任编辑	殷 英	封面设计	王 鹏	版式设计	范晓红
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刘 莉	责任印制	朱学忠		
出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn				
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn				
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com				
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www.landaco.com.cn				
开 本	787mm×960mm 1/16	版 次	1981年2月第1版				
印 张	15.5		2015年1月第4版				
字 数	270千字	印 次	2015年1月第1次印刷				
购书热线	010-58581118	定 价	23.00元				
咨询电话	400-810-0598						

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 41474-00

第四版前言

本书是教育部“面向 21 世纪分析化学教学内容和课程体系的改革与实践”项目的研究成果。全套教材分为三册:分析化学(上、下册)和分析化学实验,由华中师范大学万家亮和梁沛任主编,宋丹丹、曾胜年和龚静鸣任副主编。《分析化学实验》(第四版)由华中师范大学、北京师范大学、东北师范大学、陕西师范大学和西南大学参与编写和修订。

近年来分析化学学科飞速发展并与其他新兴学科相互交融,为了适应国家经济发展和基础教育改革的需要,我们根据多年来分析化学实验课教学的经验,在认真分析国内外同类教材及兄弟院校提出的修改意见的基础上,对第三版进行了修订和更新。在第四版的编写中,我们传承了与时俱进和“精、全、新”的编写原则,力求科学性、先进性、系统性、启发性和教育性的统一,反映分析化学的时代特点。全书共六章,内容包括分析化学实验基础知识、基本仪器、基本操作技术及基础实验,共 62 个实验,其中定性分析实验 9 个,定量化学分析实验 24 个,仪器分析实验 29 个,信息量大,方便各校根据实际情况选择使用。

本书可与《分析化学》(第四版,上下册)教材配套使用,也可独立开课使用。本书注重对学生实验基本技能的训练,使其掌握基础和现代分析化学技术;巩固和加深对所学理论知识的理解和应用;着力培养学生主动学习获得新知识的能力、高层次思考问题的能力和勇于探索创新的意识;强调严谨细致的工作作风和实事求是的科学态度。本书还特别增加了分析化学在生命科学中应用的实验内容,有利于学生掌握分析化学更完整、更先进的方法和技术,为高等师范院校分析化学实验课程提供一本内容新颖、便于教学的实验教材。

参加本书编写工作的有东北师范大学郭黎平、朱连德,北京师范大学胡乃非、欧阳津,陕西师范大学张志琪,西南大学付志锋,华中师范大学曾胜年、宋丹丹、徐晖、龚静鸣、牡丹、钟鸿英、熊博、梁沛。由华中师范大学梁沛通读、整理并定稿。高等教育出版社殷英编辑对该书进行了细致加工,为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢。

虽然经过再三斟酌和修改,限于编者的水平,修订后的教材恐仍有疏漏和欠妥之处,诚挚希望有关专家、同仁和同学们不吝赐教,以便本书能更好地为广大读者服务。

编 者

2014 年 10 月于武昌

第三版前言

本书是教育部普通高等教育“九五”重点教材和“高等师范教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”项目的研究成果。全套教材共三册,包括《分析化学》(上册)(化学分析)、《分析化学》(下册)(仪器分析)和《分析化学实验》。这套教材由万家亮主编,曾胜年为副主编,李俊义教授担任顾问。

为了适应高等师范院校化学专业教学改革的需要,本书参照教育部 1992 年颁布的《高等学校化学专业培养规格和教学基本要求》,参编人员认真总结了十多年来分析化学实验课教学的经验,充分吸收兄弟院校实验教材的长处,编写了这本包括定性分析、定量化学分析和仪器分析的实验教材。全书共 6 章,内容有关分析化学实验基本知识、基本仪器、基本操作技术及基础实验,共计 61 个实验,其中定性分析实验 6 个,定量化学分析实验 28 个,仪器分析实验 27 个。

本书可与《分析化学》(上、下册)教材配套使用,也可独立设课使用。本书旨在加强学生实验基本技能的训练,掌握基础和现代分析化学技术,巩固和加深对所学理论知识的理解和应用,培养学生严谨的工作作风和实事求是的科学态度,提高分析问题、解决问题和创新能力,为高等师范院校分析化学实验课程提供一本内容新颖、便于教学的实验教材。

本书具有以下几个特点:

(1) 本书密切配合《分析化学》(上、下册)的课堂教学,既注意了与课堂教学内容的衔接,又具有实验教材的完整性和独立性。

(2) 保留并修订了定性分析内容,其内容更精练,反映了高等师范教育的特点。

(3) 充实了仪器分析实验内容,介绍了 24 种常用分析仪器的结构、工作原理及使用方法,有利于对学生进行分析化学实验技能的严格训练和有利于学生独立完成实验课的教学任务。

(4) 将经典的化学分析与现代仪器分析相结合,有利于掌握分析化学更完整、更先进的方法和技术,增加了有机物分析、结构分析、分离技术、联用技术和综合性实验内容。

(5) 加强了实验数据处理及结果表达的训练,始终注意使学生牢固建立和

应用“量”的有关知识。

(6) 精选了 61 个实验,信息量大,方便各校根据实际情况选择使用。适当安排了自拟方案实验和综合性的实验内容。

参加编写本书的有东北师范大学郭黎平,北京师范大学胡乃非,华中师范大学刘东、宋丹丹、陆光汉、万家亮。由刘东、万家亮通读定稿。本书由武汉大学杨代菱教授、廖振环教授悉心审阅,并提出了宝贵的修改意见。教育部师范司和华中师范大学对该书的编写给予了大力支持。高等教育出版社责任编辑耿承延同志对该书进行了细致加工,为本书的出版付出了辛勤劳动,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平的所限,错误和不妥之处在所难免,诚恳希望广大教师和读者批评指正。

编 者

2000 年 10 月 11 日于武昌

第一版前言

本书系受教育部委托,根据一九七九年六月制订的高师院校《分析化学实验》教材编写大纲编写的,定稿时又参照教育部新审定的高等师范院校《分析化学实验》教学大纲(1980),对内容作了适当的调整。本书可以作为高等师范院校和师范专科学校化学专业分析化学课程的教材。

分析化学是一门实践性很强的学科,分析化学实验的课时占整个课时的三分之二,比重是比较大的。通过分析化学实验教学,应使学生加深对分析化学基本理论的理解,并熟练地掌握分析化学的实验方法和基本操作技能,为学习后续课程和将来从事化学教学和科研工作打下良好的基础。

本书的实验内容包括:定性分析、定量分析和光度分析等三大部分。根据当前高等师范院校教学经验和设备的实际情况,我们对实验的具体内容认真地进行了考虑,特别是对定性分析实验内容作了较大的改进,重点是使学生掌握常见离子的个性、共性和反应进行的条件等基本知识和有关实验技能。对定量分析实验的基本操作,必须严格要求,并熟练掌握。在内容上,除安排一些纯样品的实验外,还安排了一定分量的实物分析,以培养学生解决实际问题的能力。

本书选编的实验内容较多,其中标有星号(*)者为选作实验。这些实验如何选用,各校可根据具体情况自行确定。

本书由华中师范学院担任主编。参加编写的有东北师范大学徐书绅(定性分析)、华中师范学院杜运清、万家亮(分析天平、滴定分析等)、陕西师范大学张渔夫(重量分析、沉淀滴定、分离方法),耿征(比色分析及光度法)等同志,华中师范学院、陕西师范大学、东北师范大学分析化学教研室的部分同志参加了工作。另外,万家亮同志协助整理了第五章。最后,由华中师范学院李俊义整理定稿。

本书初稿写成后,于一九七九年九月在武昌召开了审稿会议,参加审稿的除主审单位北京师大、华东师大的同志外,还有山东师院、西南师院、北京师院、新乡师院、湖南师院、武汉师院、华南师院、甘肃师大、贵阳师院、玉林师专、安徽师大、南京师院、上海师院、晋东南师专、辽宁师院、哈尔滨师院等35所师范院校的同志。最后由北京师大林树昌、华东师大宗巍和山东师院王明德等三位同志

校阅。

本书在编写过程中,各兄弟院校的同志对初稿提出了许多宝贵的意见。华中师院、东北师大、陕西师大等三校的领导同志给予了关心与支持,东北师大吴立民教授热情指导,北京师院分院冯颖铎同志多方协助,在此一并表示感谢。

由于编者业务水平、教学经验有限,加之编写时间仓促,书中错误在所难免,敬希读者批评指正。

编 者

一九八〇年九月

目 录

第一篇 化 学 分 析

第一章 分析化学实验基本知识	3
第一节 分析化学实验基本要求	3
一、分析化学实验教学目的	3
二、分析化学实验学习方法	3
第二节 实验室规则和安全知识	6
一、实验室规则	6
二、实验室安全知识	6
三、实验室意外事故处理	7
四、实验室环保(三废处理)规则	8
第三节 分析化学实验室基本常识	9
一、玻璃器皿的洗涤	9
二、实验用纯水规格与制备	10
三、常用化学试剂	11
四、基准物质和标准溶液	13
第二章 分析化学实验基本操作	16
第一节 半微量定性分析的试剂、仪器和基本操作	16
一、试剂和试液	16
二、主要仪器及操作技术	16
第二节 电子天平	21
一、电子天平的结构原理	21
二、电子天平的称量方法	22
三、电子天平的使用规则	23
第三节 滴定分析仪器和基本操作	23
一、滴定管	24
二、容量瓶	28

三、移液管和吸量管	29
四、移液器	31
第四节 重量分析的基本操作	32
一、沉淀的进行	32
二、沉淀的过滤和洗涤	32
三、沉淀的烘干与灼烧	36
第三章 定性分析实验	38
实验 1 阳离子第一组(银组)的分析	38
实验 2 阳离子第二组(铜锡组)的分析	41
实验 3 阳离子第三组(铁组)的分析	46
实验 4 阳离子第四组(钙钠组)的分析	49
实验 5 阳离子未知试液的分析	51
实验 6 阴离子的分组和初步试验	51
实验 7 有机元素定性分析	53
实验 8 有机官能团的鉴定	56
实验 9 糖类的定性分析	60
第四章 定量分析实验	62
实验 1 分析天平称量练习	62
实验 2 滴定分析基本操作练习	65
实验 3 硫酸铵中含氮量的测定(甲醛法)	68
实验 4 有机酸摩尔质量的测定	70
实验 5 双指示剂法测定混合碱的组成与含量	72
实验 6 乙酰水杨酸含量的测定	75
实验 7 水硬度的测定	77
实验 8 铅铋混合液中铋、铅含量的连续测定	81
实验 9 胃舒平药片中铝和镁含量的测定	83
实验 10 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	86
实验 11 高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	88
实验 12 软锰矿中 MnO_2 含量的测定	89
实验 13 $\text{SnCl}_2 - \text{HgCl}_2 - \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁矿石中铁的含量(有汞法)	90
实验 14 $\text{SnCl}_2 - \text{TiCl}_3 - \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁矿石中铁的含量(无汞法)	92
实验 15 I_2 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的配制和标定	94
实验 16 间接碘量法测定铜盐中的铜	96
实验 17 碘量法测定葡萄糖的含量	98

实验 18 可溶性氯化物中氯含量的测定(莫尔法)	99
实验 19 银合金中银含量的测定(佛尔哈德法)	101
实验 20 离子交换树脂交换容量的测定	102
实验 21 硼镁矿中硼的离子交换分离和含量的测定	105
实验 22 纸色谱法分离和鉴定氨基酸	107
实验 23 偶氮苯和对硝基苯胺的薄层色谱分离	110
实验 24 学生设计方案实验	112

第二篇 仪器分析

第一章 仪器分析实验的基本知识	117
第一节 仪器分析实验的基本要求	117
第二节 实验数据处理和结果的表达	118
一、评价分析方法和分析结果的基本指标	118
二、分析数据和结果的表达	119
第三节 光谱分析仪器的结构及使用	122
一、721 型分光光度计	122
二、722 型光栅分光光度计	123
三、UV-2450 型分光光度计	125
四、Nexus 470 傅里叶变换红外光谱仪	127
五、F-4500 荧光光谱仪	128
六、iCAP 6300 原子发射光谱仪	131
七、WFX-130 型原子吸收分光光度计	133
八、TAS-990 型原子吸收分光光度计	134
九、AFS-830 型原子荧光光度计	135
第四节 电化学分析仪器的结构及使用	136
一、pHS-2 型酸度计	136
二、ZD-2 型自动电位滴定仪	138
三、CHI 660D 电化学工作站	140
第五节 色谱分析仪器的结构及使用	142
一、GC-2010 plus 气相色谱仪	142
二、LC-20 AT 高效液相色谱仪	144
三、BECKMAN P/ACE MDQ 毛细管电泳仪	146
四、Metrohm 861 型离子色谱仪	149

第二章 仪器分析实验	151
实验 1 邻二氮菲分光光度法测定铁	151
实验 2 混合物中铬、锰含量的同时测定	154
实验 3 铬天青 S 分光光度法测定微量铝	156
实验 4 考马斯亮蓝染色法测定蛋白质含量	158
实验 5 食品中 NO_2^- 含量的测定	160
实验 6 3,5-二硝基水杨酸光度法测定还原糖和总糖	162
实验 7 有机化合物的紫外吸收光谱及溶剂性质对吸收光谱的影响	164
实验 8 紫外吸收光度法测定苯甲酸解离常数	166
实验 9 红外光谱的校正——薄膜法聚苯乙烯红外光谱的测定	168
实验 10 红外光谱法测定有机化合物的结构	169
实验 11 荧光素钠的含量测定	171
实验 12 荧光光谱法测定铝离子	173
实验 13 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定自来水中的多种 微量元素	174
实验 14 ICP-AES 全谱直读光谱法测定纯锌试样中的杂质元素	176
实验 15 原子吸收光谱法最佳实验条件的选择	178
实验 16 火焰原子吸收光谱法灵敏度和自来水中镁的测定	180
实验 17 原子荧光光谱法测定水样中的铅	182
实验 18 电位法测量水溶液的 pH	184
实验 19 氯离子选择性电极对溴离子选择性系数的测定	186
实验 20 离子选择性电极法测定牙膏中总氟含量	188
实验 21 硫酸铜电解液中氯离子的电位滴定	191
实验 22 醋酸含量及其解离常数的电位滴定分析	193
实验 23 循环伏安法研究电极反应过程	195
实验 24 阳极溶出伏安法测定水样中微量铅和镉	198
实验 25 气相色谱法定性定量分析苯系物	200
实验 26 高效液相色谱法测定绿茶饮料中咖啡因和茶碱的含量	201
实验 27 离子色谱法测定水中的阴离子	203
实验 28 气相色谱-质谱联用分析菜籽油的脂肪酸成分	206
实验 29 有机化合物准确相对分子质量的测定	208
附录	211
一、定性分析实验仪器清单	211

二、定量分析实验仪器清单	212
三、定性分析试剂的配制方法	213
四、定性分析试液的配制方法	217
五、常用酸碱溶液的浓度和密度	219
六、常用指示剂的配制	220
七、常用缓冲溶液的配制	223
八、原子发射光谱法中元素的主要灵敏线	223
九、原子吸收光谱法中元素的主要吸收线	224
十、常用化合物的相对分子质量(M_r)表	225
十一、元素的相对原子质量(A_r)表(2011 年)	228
主要参考书目	229
常用分析化学实验术语汉英对照表	230

第一篇

化 学 分 析

第一章 分析化学实验基本知识

第一节 分析化学实验基本要求

分析化学是一门实践性很强的学科。分析化学实验是分析化学课程的重要组成部分,是学习分析化学的一个重要环节,与分析化学理论课教学紧密相连,是高等院校化学专业和相关专业学生必修的重要的基础课程。

一、分析化学实验教学目的

学生通过本课程的学习,可以巩固并加深对分析化学基本概念和基本原理的理解;较为系统地学习和掌握分析化学实验的基本知识和典型的分析方法,正确熟练地掌握分析化学的基本操作和技能;牢固树立“量”的概念,正确运用误差理论分析实验过程中影响分析结果的关键因素和环节,在实验中做到心中有数,学会正确合理地选择实验条件和仪器,正确处理实验数据、表达实验结果;培养良好的实验习惯,实事求是的科学态度,严谨细致的工作作风和坚韧不拔的科学品质;培养学生独立提出问题、分析问题和解决问题的能力,科学的思维方法和创新能力,为更好地学习相关课程和将来参加实际工作和开展科学研究打下良好的基础。

二、分析化学实验学习方法

学习并掌握好分析化学实验技能,不但要明确学习目的、端正学习态度,还要掌握好的学习方法:

(一) 实验预习

仔细阅读、认真钻研实验教材和教科书中的相关内容,积极参考网上实验学习辅导课件,必要时主动查阅相关资料,明确实验目的,了解实验原理;熟悉实验内容、方法、步骤及注意事项,明晰有关实验思考题和注释,合理安排实验时间,写出实验预习报告。

(二) 实验过程

严格遵守实验室规则,保持实验室整洁安静,实验台面上各类实验仪器和