



“十二五”高职高专药学类专业规划教材

# 分析化学

(第2版)

FENXI HUAXUE

主编 冯务群 李 菁



“十二五”高职高专药学类专业规划教材

# 分 析 化 学

(第2版)

主编 冯务群 李 菁

河南科学技术出版社

• 郑州 •

## 图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/冯务群, 李菁主编. —2 版. —郑州: 河南科学技术出版社, 2012. 8  
(“十二五”高职高专药学类专业规划教材)  
ISBN 978-7-5349-5671-3

I. ①分… II. ①冯… ②李… III. ①分析化学-高等教育-教材 IV. ①065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 095010 号

---

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65788613 65788629

网址: [www.hnstp.cn](http://www.hnstp.cn)

策划编辑: 范广红 赵振华

责任编辑: 杨艳霞

责任校对: 樊 珊

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张 巍

印 刷: 郑州美联印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 24.5 字数: 596 千字

版 次: 2012 年 8 月第 2 版 2012 年 8 月第 6 次印刷

定 价: 45.00 元

---

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

丛书编审委员会名单

|     |           |     |     |     |
|-----|-----------|-----|-----|-----|
| 主 任 | 林忠文       |     |     |     |
| 副主任 | 郭争鸣       | 王自勇 | 马晓健 | 周小雅 |
|     | 黄敏琪       | 陈根强 |     |     |
| 委 员 | (按姓氏笔画排序) |     |     |     |
|     | 丁明星       | 马 英 | 马卫真 | 马俊义 |
|     | 马晓健       | 王 峰 | 王文宝 | 王自勇 |
|     | 王和平       | 韦 超 | 毛理纳 | 方 虹 |
|     | 冯务群       | 冯丽珍 | 刘永录 | 刘茵华 |
|     | 李 菁       | 李飞雁 | 李秀丽 | 李炳诗 |
|     | 杨雄志       | 吴长忠 | 张 媛 | 陆曙梅 |
|     | 陈 斌       | 陈电容 | 陈洪群 | 陈根强 |
|     | 林忠文       | 罗红梅 | 罗国海 | 周小雅 |
|     | 周煌辉       | 郑裕红 | 赵卫峰 | 侯飞燕 |
|     | 姚荣林       | 夏苗芬 | 郭向群 | 郭争鸣 |
|     | 涂 冰       | 黄敏琪 | 梁 谷 | 梁李广 |
|     | 梁春贤       | 喻晓雁 | 程春杰 | 谢光远 |
|     | 谢国武       |     |     |     |

## 《分析化学》(第2版) 编写人员名单

主 编 冯务群 李 菁  
副主编 李 峰 刘梯楼 余金明  
编 者 (按姓氏笔画排序)  
冯务群 刘梯楼 李 峰 李 娟  
李 菁 李志华 余金明 邹继红  
张 艳 姚 立 秦 泉

# 编写说明

---

2006 年教育部颁布的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中提出：高等职业教育应全面提高教学质量，明确培养高素质技能型人才的目标，加大课程建设与改革的力度，以就业为导向，工学结合，增强学生的职业能力。据此，河南科学技术出版社于 2006 年组织全国 10 所院校编写了“十一五”高职高专药学类专业规划教材。经过几年的使用，这套教材逐步得到大家的认可，销量逐年上升，特别是《天然药物学》被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

为了适应构建现代职业教育体系和国家进一步深化医药卫生体制改革的需要，及时反映最新版《中华人民共和国药典》的内容，汇集最新教改成果，提高教材质量，突出教材特色，河南科学技术出版社于 2011 年 4 月组织全国 12 个省（区）30 所高职高专院校药学类专业、中药专业的教学骨干、领导齐聚郑州，商讨“十二五”高职高专药学类专业、中药专业系列教材的出版事宜。“十一五”期间，各参编院校在提高教学质量、深化教学改革方面均做了大量的工作。如广西卫生职业技术学院与当地医药企业开展校企合作，进行订单培养、合作开发课程、优化人才培养方案等教学改革，学院招生人数与就业率节节攀升，其药学专业得到中央财政支持高等职业学校专业建设项目立项支持。浙江医药高等专科学校大力推进教学改革，中药专业以项目驱动方式组织教学，获得省、市两级重点教材建设项目的支持。我们依托这些优秀的教学资源 and 经验丰富的作者队伍，力争此版教材在前一版的基础上，质量更高、特色更强。

相对于“十一五”高职高专药学类专业规划教材，本次编写的教材具有以下特点：

第一，体现教学改革成果。为了更好地服务于培养医药行业高素质技能型人才的目标，将《基础化学》分成了《有机化学》和《无机化学》。并根据职业岗位群的需要和毕业学生的反馈，增加了《中医药基础》、《GMP、GSP、GAP 实用技术》和《中医药膳实用技术》等专业特色教材，以拓宽学生的视野，增强其职业能力。

第二，体现工学结合。“十二五”高职高专中药专业项目化规划教材，以项目化教学方式，按照理论实践一体化形式组织内容，边学边实践，以适应中药专业现代化、标准化、规范化的要求。《天然药物化学》教材改为理论实践一体化教材《天然药物化学实用技术》，保留了《天然药物提取分离技术》这本特色教材。药学类专业、中药专业两个系列的教材我们都吸纳了行业一线的专家，要求每门专业课教材至少有一位医药企业的专家参与，结合行业标准制定课程目标与编写大纲，突出对学生职业能力的培养。

第三，体现创新性。为了拓宽学生的知识面，密切课程之间的联系，加强对学生创新思维、创新能力和自主学习能力的培养，各本教材都有选择地编写了学习要点、知识链接、知识拓展、实例分析、学习小结、思考题等内容，供学生自学。其中，知识链接侧重

纵向知识联系，重在介绍与药学类专业、中药专业相关的知识对接、使用，提高学生的学习兴趣；知识拓展则侧重横向知识联系。

本版教材的编写人员为一直在教学一线工作的教师，有丰富的教学经验和教材编写经验，他们把在长期教学和编写教材中积累的宝贵经验运用到这次编写过程的始终，并将其发扬光大，使本版教材风格更加突出，特色更加鲜明。

为了确保教材的编写质量，编写人员在浙江、内蒙古、云南、贵州、河南等省（区）召开了编写会、定稿会，这与各个参编院校领导的大力支持是分不开的。为使教材编出特色、提高质量，各位主编、副主编和编委加班加点，几易其稿，付出了大量的心血。河南科学技术出版社的领导对本版教材也极为重视，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，如有纰漏与瑕疵之处，还望广大师生批评指正，以便及时修改。

林忠文

2012年1月

# 前言

---

分析化学是药学类、中药类专业的一门重要基础课程，是阐述分析化学基本理论和技能的一门学科。学习并掌握分析化学基本理论和技能，将为药学类、中药类专业其他课程的学习打下坚实的基础，也为学生具备适应现代药学职业的变化和继续学习的能力打下一定的基础。

本教材是河南科学技术出版社高等教育分社组织编写的全国药学类、中药类高职高专系列教材之一。在编写过程中，我们认真履行“基础理论适度，技术应用能力强，拓宽知识广度，提高综合素质”的基本原则，并与全国执业药师考试及《中华人民共和国药典》(2010 版)的内容相结合，还充分考虑医药行业发展的需要，所以第 2 版在第 1 版的基础上在内容上作了一定的调整和增加，主要有：增加了“第十章 原子吸收分光光度法”；把酸碱滴定和非水溶液酸碱滴定合编为“第四章 酸碱滴定法”，把“沉淀滴定法”和“其他分析方法”一章中的“质量分析法”合编为“第七章 沉淀滴定法和质量分析法”。

本教材共十七章，包括绪论、分析化学基本知识、化学分析法、仪器分析法及实验指导等内容。鉴于仪器分析的迅速发展及在药物分析工作中的广泛应用，教材系统地阐述了药学类、中药类专业所需要的各种仪器分析方法的基本理论、基础知识、基本技能；较详细地阐述了紫外-可见分光光度法、经典液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法、红外分光光度法、电化学分析法及其在药学领域的应用。

为了方便学生，也为了督促学生复习巩固，每章末都编有一定数量的习题。

分析化学是一门实践性很强的学科，为了加强和方便实验教学，本教材编写了配套使用的实验指导，同时为了不同的学校能有选择地开展实验教学，编入了 24 个实验。

本教材是集体智慧的结晶，具体分工：第一章和第十五章由湖南中医药高等专科学校冯务群编写；第二章和第六章由广西卫生职业技术学院姚立编写；第三章和第五章由信阳职业技术学院李峰编写；第四章由湖南邵阳医学高等专科学校刘梯楼编写；第七章由冯务群和广西卫生职业技术学院秦泉共同编写；第八章由湖南常德职业技术学院余金明编写；第九章由湖南怀化医学高等专科学校李菁编写；第十章由信阳农业高等专科学校李娟编写；第十一章由湖南中医药高等专科学校李志华编写；第十二章和第十六章由黑龙江中医药大学佳木斯学院张艳编写；第十三章和第十四章由内蒙古赤峰学院邹继红编写；第十七章第一节由冯务群编写，实验一由姚立编写，其余各实验由编写各对应章节的人员编写。主编为冯务群、李菁。在教材的编写过程中，得到了主编单位湖南中医药高等专科学校、湖南怀化医学高等专科学校和各编者院校领导、专家的支持与鼓励，在此表示诚挚的谢意。

随着科学技术的迅猛发展，分析化学发展迅速，加之编者水平有限，时间仓促，教材的错误与不妥之处，敬请各位专家和读者批评指正。

编者

2012 年 4 月



# 目 录

|                      |      |                     |      |
|----------------------|------|---------------------|------|
| 第一章 绪论 .....         | (1)  | 三、主要滴定分析方法 .....    | (24) |
| 第一节 分析化学的任务与作用 ...   | (1)  | 四、主要滴定方式 .....      | (24) |
| 第二节 分析方法的分类 .....    | (2)  | 第二节 基准物质与标准溶液 ..... | (25) |
| 一、依据测定原理和操作方法        |      | 一、基准物质 .....        | (25) |
| 不同分类 .....           | (2)  | 二、标准溶液 .....        | (26) |
| 二、根据试样用量的多少分类 ...    | (3)  | 第三节 滴定分析计算 .....    | (29) |
| 三、根据被测组分的含量高低        |      | 一、滴定分析计算的依据 .....   | (29) |
| 分类 .....             | (3)  | 二、滴定分析计算的基本公式及      |      |
| 第三节 分析化学发展趋势 .....   | (4)  | 应用 .....            | (30) |
| 第二章 误差与分析数据的处理 ..... | (6)  | 第四章 酸碱滴定法 .....     | (36) |
| 第一节 误差 .....         | (6)  | 第一节 酸碱指示剂 .....     | (37) |
| 一、系统误差和偶然误差 .....    | (6)  | 一、指示剂的变色原理 .....    | (37) |
| 二、误差的表示方法 .....      | (8)  | 二、指示剂的变色范围 .....    | (37) |
| 三、提高分析结果准确度的方法       |      | 三、影响指示剂变色范围的因素      |      |
| .....                | (10) | .....               | (39) |
| 第二节 有效数字及其应用 .....   | (12) | 四、混合指示剂 .....       | (39) |
| 一、有效数字 .....         | (12) | 第二节 酸碱滴定基本原理 .....  | (40) |
| 二、有效数字的记录、修约与运算      |      | 一、强酸(碱)的滴定 .....    | (40) |
| 规则 .....             | (13) | 二、一元弱酸(弱碱)的滴定 ...   | (43) |
| 三、有效数字在定量分析中的应用      |      | 三、多元酸(碱)的滴定 .....   | (45) |
| .....                | (14) | 第三节 酸碱标准溶液的配制和标定    |      |
| 第三节 分析数据的处理与分析结      |      | .....               | (47) |
| 果的表示方法 .....         | (15) | 一、酸标准溶液的配制和标定 ...   | (48) |
| 一、可疑值的取舍 .....       | (15) | 二、碱标准溶液的配制和标定 ...   | (48) |
| 二、分析结果的表示方法 .....    | (16) | 第四节 酸碱滴定法应用示例 ..... | (49) |
| 三、显著性检验 .....        | (18) | 一、直接滴定法 .....       | (49) |
| 第三章 滴定分析方法概论 .....   | (23) | 二、间接滴定法 .....       | (50) |
| 第一节 概述 .....         | (23) | 第五节 非水溶液酸碱滴定法 ..... | (51) |
| 一、滴定分析法的特点 .....     | (23) | 一、基本原理 .....        | (51) |
| 二、滴定分析法对化学反应的要求      |      | 二、非水溶液中的酸碱滴定        |      |
| .....                | (24) | 与应用 .....           | (55) |

|                          |      |                             |       |
|--------------------------|------|-----------------------------|-------|
| <b>第五章 配位滴定法</b> .....   | (63) | <b>第四节 亚硝酸钠法</b> .....      | (97)  |
| 第一节 概述 .....             | (63) | 一、基本原理 .....                | (97)  |
| 第二节 基本原理 .....           | (65) | 二、指示剂 .....                 | (98)  |
| 一、配位平衡 .....             | (65) | 三、标准溶液的配制和标定 .....          | (98)  |
| 二、配位滴定曲线 .....           | (69) | 四、应用示例 .....                | (99)  |
| 三、金属指示剂 .....            | (70) | <b>第七章 沉淀滴定法和质量分析法</b>      |       |
| 第三节 配位滴定条件的选择 .....      | (72) | .....                       | (102) |
| 一、酸度的选择 .....            | (72) | 第一节 沉淀滴定法 .....             | (102) |
| 二、干扰离子的排除——掩蔽法 .....     | (74) | 一、银量法终点的指示方法 .....          | (102) |
| 三、配位滴定方式 .....           | (75) | 二、标准溶液和基准物质 .....           | (105) |
| 第四节 标准溶液 .....           | (77) | 三、应用与示例 .....               | (105) |
| 一、EDTA 标准溶液的配制和标定 .....  | (77) | 第二节 质量分析法 .....             | (106) |
| 二、锌标准溶液的配制和标定 .....      | (78) | 一、挥发法 .....                 | (107) |
| 第五节 应用示例 .....           | (78) | 二、萃取法 .....                 | (107) |
| 一、水的硬度测定 .....           | (78) | 三、沉淀法 .....                 | (108) |
| 二、钙盐的测定 .....            | (79) | <b>第八章 紫外-可见分光光度法</b> ..... | (113) |
| 三、铝盐的测定 .....            | (79) | 第一节 概述 .....                | (113) |
| <b>第六章 氧化还原滴定法</b> ..... | (82) | 一、光谱分析法的基本概念 .....          | (113) |
| 第一节 氧化还原滴定基本原理 .....     | (82) | 二、物质对光的选择性吸收 .....          | (116) |
| 一、条件电位 .....             | (82) | 三、紫外-可见分光光度法的特点 .....       | (117) |
| 二、氧化还原反应进行的程度 .....      | (84) | 第二节 基本原理 .....              | (118) |
| 三、滴定曲线 .....             | (86) | 一、透光率与吸光度 .....             | (118) |
| 四、指示剂 .....              | (87) | 二、光的吸收定律 .....              | (119) |
| 五、氧化还原滴定中的预处理 .....      | (89) | 三、吸光系数 .....                | (119) |
| 第二节 碘量法 .....            | (90) | 四、吸收光谱 .....                | (120) |
| 一、基本原理 .....             | (90) | 五、偏离比尔定律的因素 .....           | (121) |
| 二、指示剂 .....              | (91) | 第三节 紫外-可见分光光度计 .....        | (122) |
| 三、标准溶液的配制和标定 .....       | (91) | 一、主要部件 .....                | (122) |
| 四、应用示例 .....             | (93) | 二、分光光度计的光学性能 .....          | (124) |
| 第三节 高锰酸钾法 .....          | (94) | 三、分光光度计的类型 .....            | (125) |
| 一、基本原理 .....             | (94) | 第四节 分析条件 .....              | (127) |
| 二、标准溶液的配制和标定 .....       | (95) | 一、入射光的波长与校正 .....           | (127) |
| 三、应用示例 .....             | (96) | 二、吸光度的范围与检定 .....           | (127) |
|                          |      | 三、显色反应 .....                | (128) |
|                          |      | 四、参比溶液 .....                | (128) |
|                          |      | 第五节 定性分析与定量分析 .....         | (129) |
|                          |      | 一、定性分析 .....                | (129) |
|                          |      | 二、定量分析 .....                | (131) |

|                                         |                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| 第六节 紫外吸收光谱在有机化合物<br>结构分析中的应用 ···· (135) | 量基础 ····· (170)                        |
| 一、有机化合物的紫外-可见吸收光谱<br>····· (135)        | 第三节 原子吸收分光光度计 ··· (174)                |
| 二、紫外吸收光谱在有机化合物<br>结构研究中的应用 ····· (139)  | 一、光源-空心阴极灯 ····· (174)                 |
| 第九章 红外分光光度法 ····· (144)                 | 二、原子化系统 ····· (175)                    |
| 第一节 概述 ····· (144)                      | 三、单色器 ····· (179)                      |
| 一、红外线及红外吸收光谱 ··· (144)                  | 四、检测系统 ····· (180)                     |
| 二、红外光谱与紫外光谱的区别<br>····· (145)           | 第四节 定量分析方法 ····· (180)                 |
| 三、红外光谱的主要用途 ····· (146)                 | 一、标准曲线法 ····· (180)                    |
| 第二节 基本原理 ····· (146)                    | 二、标准加入法 ····· (180)                    |
| 一、分子的振动与红外吸收 ··· (146)                  | 三、浓度直读法 ····· (181)                    |
| 二、振动形式 ····· (147)                      | 四、原子吸收分析的灵敏度和检<br>出限 ····· (181)       |
| 三、振动自由度与峰数 ····· (148)                  | 第五节 原子吸收分析的实验技术<br>····· (182)         |
| 四、吸收峰的类型 ····· (149)                    | 一、试样预处理 ····· (182)                    |
| 五、吸收峰的峰位和影响峰位的<br>因素 ····· (151)        | 二、实验条件的选择 ····· (183)                  |
| 六、吸收峰的强度和影响因素<br>····· (153)            | 三、原子吸收分光光度法中的<br>干扰及抑制 ····· (184)     |
| 七、红外吸收光谱中的重要区段<br>····· (154)           | 第六节 原子吸收分析法的应用与<br>示例 ····· (187)      |
| 第三节 红外分光光度计与制样 ··· (158)                | 一、药物制剂或中药材中微量铜<br>的测定(火焰法) ····· (187) |
| 一、色散分光型红外分光光度计<br>····· (158)           | 二、药物制剂或中药材中镉的<br>测定(石墨炉法) ····· (188)  |
| 二、干涉调频分光型红外分光光<br>度计 ····· (160)        | 第十一章 经典液相色谱法 ····· (191)               |
| 三、样品制备 ····· (161)                      | 第一节 概述 ····· (191)                     |
| 第四节 红外光谱法的应用 ····· (162)                | 一、色谱法的产生与发展 ··· (191)                  |
| 一、定性分析与结构分析 ····· (162)                 | 二、色谱法的分类 ····· (191)                   |
| 二、定量分析 ····· (166)                      | 三、色谱法的基本原理 ····· (192)                 |
| 第十章 原子吸收分光光度法 ····· (168)               | 第二节 柱色谱法 ····· (194)                   |
| 第一节 概述 ····· (168)                      | 一、液-固吸附柱色谱法 ····· (194)                |
| 第二节 基本原理 ····· (169)                    | 二、液-液分配柱色谱法 ····· (197)                |
| 一、吸收线与共振线 ····· (169)                   | 三、离子交换柱色谱法 ····· (198)                 |
| 二、基态与激发态原子的分配<br>····· (169)            | 四、凝胶柱色谱法 ····· (200)                   |
| 三、原子吸收分光光度法的定                           | 五、柱色谱法的应用 ····· (201)                  |
|                                         | 第三节 薄层色谱法 ····· (201)                  |
|                                         | 一、基本原理 ····· (201)                     |
|                                         | 二、吸附剂的选择 ····· (202)                   |
|                                         | 三、展开剂的选择 ····· (202)                   |

|                                       |       |                                    |       |
|---------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| 四、操作方法 .....                          | (203) | 测定 .....                           | (243) |
| 五、定性分析和定量分析 .....                     | (205) | <b>第十三章 高效液相色谱法</b> .....          | (246) |
| 六、应用示例 .....                          | (206) | 第一节 概述 .....                       | (246) |
| <b>第四节 纸色谱法</b> .....                 | (207) | 一、高效液相色谱法与经典液相<br>色谱法的比较 .....     | (246) |
| 一、基本原理 .....                          | (207) | 二、高效液相色谱法与气相色谱法<br>.....           | (247) |
| 二、影响 $R_f$ 值的因素 .....                 | (207) | <b>第二节 基本原理</b> .....              | (247) |
| 三、操作方法 .....                          | (208) | 一、柱内展宽 .....                       | (247) |
| <b>第十二章 气相色谱法</b> .....               | (211) | 二、柱外展宽 .....                       | (249) |
| 第一节 概述 .....                          | (211) | <b>第三节 高效液相色谱法的分类</b><br>.....     | (249) |
| 一、气相色谱法的分类和特点<br>.....                | (211) | 一、液-液分配色谱法 .....                   | (249) |
| 二、气相色谱仪的基本组成 .....                    | (212) | 二、化学键合相色谱法 .....                   | (250) |
| 三、气相色谱的一般流程 .....                     | (213) | 三、液-固吸附色谱法 .....                   | (251) |
| <b>第二节 气相色谱法的基本概念和<br/>基本理论</b> ..... | (213) | 四、高效液相色谱法的流动相和<br>洗脱方式 .....       | (252) |
| 一、气相色谱法的分离原理 .....                    | (213) | <b>第四节 高效液相色谱仪</b> .....           | (254) |
| 二、气相色谱图的基本概念 .....                    | (214) | 一、输液系统 .....                       | (255) |
| 三、气相色谱法的基本理论 .....                    | (216) | 二、进样系统 .....                       | (255) |
| <b>第三节 色谱柱</b> .....                  | (221) | 三、分离系统——色谱柱 .....                  | (256) |
| 一、气-液填充色谱柱 .....                      | (221) | 四、检测系统 .....                       | (256) |
| 二、气-固填充色谱柱 .....                      | (223) | 五、附属系统 .....                       | (258) |
| 三、毛细管色谱柱 .....                        | (224) | <b>第五节 分离方法的选择与应用<br/>示例</b> ..... | (258) |
| <b>第四节 检测器</b> .....                  | (226) | 一、分离方法的选择 .....                    | (258) |
| 一、检测器的性能要求 .....                      | (227) | 二、应用示例 .....                       | (258) |
| 二、常用检测器 .....                         | (228) | <b>第十四章 电化学分析法</b> .....           | (262) |
| <b>第五节 分离条件的选择</b> .....              | (231) | 第一节 概述 .....                       | (262) |
| 一、分离度 .....                           | (231) | 一、电化学分析法的分类 .....                  | (262) |
| 二、分离条件的选择 .....                       | (233) | 二、化学电池及其类型 .....                   | (263) |
| 三、气相色谱仪的维护与故障<br>排除 .....             | (234) | 三、指示电极和参比电极 .....                  | (265) |
| <b>第六节 定性分析与定量分析方法</b><br>.....       | (238) | <b>第二节 直接电位法</b> .....             | (267) |
| 一、定性分析 .....                          | (238) | 一、电位法测定溶液的 pH 值<br>.....           | (267) |
| 二、定量分析 .....                          | (239) | 二、电位法测定其他离子浓度<br>.....             | (269) |
| 三、色谱系统适用性试验 .....                     | (242) | <b>第三节 电位滴定法</b> .....             | (270) |
| <b>第七节 应用示例</b> .....                 | (243) | 一、方法原理和特点 .....                    | (270) |
| 一、药物制剂中乙醇含量的测定<br>.....               | (243) |                                    |       |
| 二、中成药中挥发性成分的含量                        |       |                                    |       |

|                              |       |                                                                                    |       |
|------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 二、确定终点的方法 .....              | (271) | 三、实验报告 .....                                                                       | (303) |
| 第四节 永停滴定法 .....              | (273) | 第十七章 实验指导 .....                                                                    | (305) |
| 一、原理 .....                   | (273) | 第一节 分析化学实验基本知识 .....                                                               | (305) |
| 二、应用示例 .....                 | (274) | 一、实验操作规则 .....                                                                     | (305) |
| 第十五章 其他仪器分析方法 ..             | (277) | 二、实验室安全知识 .....                                                                    | (306) |
| 第一节 荧光分析法 .....              | (277) | 三、化学试剂使用与保管规则 .....                                                                | (307) |
| 一、基本原理 .....                 | (277) | 四、分析化学实验数据记录和实验报告基本要求 .....                                                        | (308) |
| 二、荧光分光光度计 .....              | (280) | 第二节 分析化学实验 .....                                                                   | (309) |
| 三、定量方法及应用 .....              | (280) | 实验一 分析天平的结构、使用与称量练习 .....                                                          | (309) |
| 第二节 核磁共振波谱法 .....            | (281) | 实验二 滴定分析仪器的基本操作及滴定练习 .....                                                         | (320) |
| 一、基本原理 .....                 | (281) | 实验三 0.1mol/L NaOH 标准溶液的配制和标定 .....                                                 | (329) |
| 二、核磁共振波谱仪 .....              | (283) | 实验四 0.1mol/L HCl 标准溶液的配制和标定 ..                                                     | (331) |
| 三、 $^1\text{H}$ 波谱图与分子结构 ..  | (283) | 实验五 药用氢氧化钠的含量测定 .....                                                              | (333) |
| 四、应用示例 .....                 | (286) | 实验六 硼砂样品中 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的含量测定 ..... | (335) |
| 第三节 质谱法 .....                | (287) | 实验七 食醋中总酸量的测定 .....                                                                | (336) |
| 一、概述 .....                   | (287) | 实验八 高氯酸标准溶液的配制和标定 .....                                                            | (337) |
| 二、质谱仪及工作原理 .....             | (287) | 实验九 枸橼酸钠的含量测定 ..                                                                   | (339) |
| 三、质谱图与离子类型 .....             | (289) | 实验十 EDTA 标准溶液的配制和标定及水的总硬度的测定 .....                                                 | (340) |
| 四、质谱图在有机化合物分析中的应用 .....      | (290) | 实验十一 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定 .....                                                         | (343) |
| 第十六章 定量分析的一般步骤 ..            | (294) | 实验十二 间接碘量法测定硫酸铜的含量 .....                                                           | (344) |
| 第一节 样品的采集 .....              | (294) | 实验十三 直接碘量法测定维生                                                                     |       |
| 一、固体样品的采集 .....              | (294) |                                                                                    |       |
| 二、气体样品的采集 .....              | (296) |                                                                                    |       |
| 三、液体样品的采集 .....              | (296) |                                                                                    |       |
| 第二节 样品的预处理 .....             | (297) |                                                                                    |       |
| 一、固体样品的初步处理 ..               | (297) |                                                                                    |       |
| 二、样品的溶解与熔解 .....             | (297) |                                                                                    |       |
| 三、有机试样的分解 .....              | (299) |                                                                                    |       |
| 第三节 干扰物质的分离、掩蔽与测定方法的选择 ..... | (300) |                                                                                    |       |
| 一、干扰物质的分离和掩蔽 .....           | (300) |                                                                                    |       |
| 二、测定方法的选择原则 ..               | (300) |                                                                                    |       |
| 三、测定方法的选择示例 ..               | (301) |                                                                                    |       |
| 第四节 分析结果的计算与评价 .....         | (302) |                                                                                    |       |
| 一、实验数据的记录 .....              | (302) |                                                                                    |       |
| 二、分析数据的处理 .....              | (303) |                                                                                    |       |

|       |                                                 |       |                                    |
|-------|-------------------------------------------------|-------|------------------------------------|
|       | 素 C 的含量 ····· (346)                             |       | 贝诺酯的含量 ··· (358)                   |
| 实验十四  | 高锰酸钾标准溶液的配制与标定 ····· (347)                      | 实验二十三 | 直接电位法测定溶液的 pH 值 ····· (360)        |
| 实验十五  | 高锰酸钾法测定亚硝酸钠的含量 ····· (349)                      | 实验二十四 | 永停滴定法测定磺胺嘧啶的含量 ··· (363)           |
| 实验十六  | 硝酸银标准溶液的配制和标定 ····· (350)                       | 附录    | ····· (365)                        |
| 实验十七  | 氯化钠注射液的含量测定 ····· (352)                         | 附录一   | 常用化合物相对分子质量表 ····· (365)           |
| 实验十八  | 高锰酸钾吸收曲线的绘制 ····· (353)                         | 附录二   | 弱酸、弱碱的电离常数 ····· (367)             |
| 实验十九  | 紫外分光光度法测定维生素 B <sub>12</sub> 注射液的含量 ····· (354) | 附录三   | 难溶化合物的溶度积 ( $K_{sp}$ ) ····· (369) |
| 实验二十  | 薄层色谱法检测琥珀氯霉素中游离氯霉素 ····· (355)                  | 附录四   | 标准电极电位表(25 °C) ····· (370)         |
| 实验二十一 | 几种氨基酸的纸色谱 ····· (357)                           | 附录五   | 常用氧化还原电对的条件电位表 ····· (374)         |
| 实验二十二 | 高效液相色谱法测定                                       | 附录六   | 常用溶剂的物理性质表 ····· (375)             |
|       |                                                 | 参考文献  | ····· (377)                        |

# 第一章 绪 论

## 学习要点

---

熟悉：分析方法的分类。

了解：分析化学的任务、作用以及与专业的关系、分析化学的发展趋势。

## 第一节 分析化学的任务与作用

分析化学是研究物质化学组成的分析方法、有关理论和技术的一门学科。它是化学领域的一个重要分支，包括定性分析、定量分析和结构分析等三方面的内容。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、原子或离子、原子团、官能团或化合物组成；定量分析的任务是测定试样中各组分的相对含量；结构分析的任务是确定物质的分子结构。在实际工作中，首先要分析确定物质含有哪些组分，然后根据测定要求，选择恰当的定量分析方法确定该组分的相对含量。对于新发现的化合物，则首先需要进行结构分析，确定物质的分子结构。在一般的定量分析中，样品中的待测组分是已知的，直接进行定量分析即可。

分析化学是一门应用性科学，作为一种检测手段，在各个领域中都占有重要地位。它不仅对化学本身的发展起着重大的作用，而且对国民经济、科学研究、医药卫生、学校教育等方面都起着十分重要的作用。

国民经济建设中，分析化学有着广泛的意义。如工业生产中的原料、中间体、成品的分析；农业生产中的土壤、肥料、粮食和农药分析；天然资源勘探中的矿物分析以及原子能材料、半导体材料、超纯物质中的微量杂质分析等，都要应用分析化学的知识、方法和技术。所以，分析化学已经渗透到工业、农业、国防以及科学技术等各个领域，成为工农业生产的“眼睛”，是产品质量的可靠保证。

在科学研究中，分析化学一直都占有重要地位。如原子、分子学说的创立，相对原子质量的测定，化学基本定理的建立等都是用分析化学的方法确证的。在当今以生物科学技术和生物工程为基础的“绿色革命”中，分析化学在细胞工程、基因工程、发酵工程及纳米技术等研究方面也发挥着重要作用。因此，分析化学的发展已成为衡量一个国家科学技术发展水平的重要标志之一。现在，分析化学实际上已成为“从事科学研究的科学”。

在医药卫生事业中，临床检验、疾病诊断、病因调查、新药研制、药品质量控制、中草药有效成分的分离和测定、药物代谢和药物动力学研究等，都离不开分析化学。同时在

药学专业教育中,分析化学是一门重要的专业基础课,其理论知识和实验技能在药物分析学、药物化学、天然药物化学、药剂学、药理学和中药学等各个学科都有广泛应用。并且学生通过学习分析化学,不仅能掌握各种物质的分析方法及有关理论,而且还将学到科学研究的方法,提高学生观察、判断问题和分析、解决问题的能力,建立“量”的概念,培养和提高学生精密地进行科学实验的技能,对学生素质的全面发展起到较好的促进作用。

## 第二节 分析方法的分类

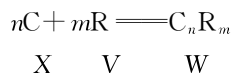
分析化学内容丰富,按不同的分类原则,其分析方法归属于不同的类别。通常根据分析任务(目的)、分析对象、测定原理、操作方法和试样用量的不同,分析方法可分为许多种类。

### 一、依据测定原理和操作方法不同分类

依据测定原理和操作方法不同,分析方法可分为化学分析法和仪器分析法。

#### (一) 化学分析法

化学分析法是以物质的化学性质为基础的分析方法,历史悠久,所以又称经典分析法,是分析化学的基础。化学分析法主要包括定性分析和定量分析两部分:定性分析是根据试样中待测组分与试剂发生化学反应时的现象和特征来鉴定物质的化学组成;定量分析则是利用试样中待测组分与试剂发生化学的定量反应来测定该组分的含量。根据采用的测定方法不同,定量分析又可分为滴定分析与质量分析。例如,某定量反应:



式中,C为被测组分,R为试剂。根据生成物 $C_nR_m$ 的量“W”,或与组分C反应所需的试剂R的量“V”,求出待测组分C的含量“X”。

1. 滴定分析法 依据与被测组分反应的试剂R(通常称标准溶液)的浓度和所消耗的体积求得组分C的含量,这种方法称为滴定分析法。滴定分析法主要有:酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法和沉淀滴定法等。

2. 质量分析法 通过称量得到的生成物 $C_nR_m$ 的质量,从而求出组分C的含量的方法称为质量分析法。质量分析法主要有挥发法、萃取法和沉淀法。

#### (二) 仪器分析法

化学分析法应用范围广,所用仪器简单,结果准确,相对误差一般小于0.2%。但对于试样中微量成分的定性与定量分析往往不够灵敏,也不适用于快速分析,须与仪器分析法配合。

仪器分析法又称物理或物理化学分析法。根据待测组分的某种物理性质(如相对密度、相变温度、折射率、旋光度、色谱及光谱特征等)与组分的关系,不经化学反应直接进行定性、定量或结构分析的方法,称为物理分析法。根据待测组分在化学变化中的某种物理性质与组分之间的关系,进行定性、定量或结构分析的方法,称为物理化学分析法。仪器分析法灵敏、快速、准确,发展很快,应用日趋广泛。由于这类方法大都需要精密仪器,



故又称为仪器分析法。根据仪器性质的不同,仪器分析法又可分为:

1. 色谱分析法 依据被测组分在两相间(固定相和移动相)分配系数的不同而进行分析的一种分析方法。主要有液相色谱法(包括柱色谱法、薄层色谱法、纸色谱法、高效液相色谱法)和气相色谱法等。

2. 光学分析法 依据被测组分与光的相互作用而进行分析的一种分析方法。光学分析法又可分为光谱分析法和非光谱分析法。光谱分析法主要有吸收光谱分析法(包括紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、原子吸收分光光度法、核磁共振波谱法等)、发射光谱分析法(如荧光分光光度法、火焰分光光度法等)。非光谱分析法主要有旋光分析法、折光分析法等。

3. 电化学分析法 依据被测组分在溶液中电化学性质的变化来进行的分析方法。按电化学原理不同可分为电导分析、电位分析、电解分析与伏安法等。

4. 质谱法 依据被测组分经离子化后质荷比不同而进行分析的一种分析法。

仪器分析法常常是在化学分析法的基础上进行的。如样品的溶解,干扰组分的分离、掩蔽等,都要应用化学分析的基本操作。同时,仪器分析大都需要化学纯品作标准品,而这些化学纯品,多数需用化学分析方法来确定。所以,化学分析法与仪器分析法是相辅相成,互相配合的。

## 二、根据试样用量的多少分类

根据样品用量(质量或体积)的多少可分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析。其用量与分析方法之间关系见表 1-1。

表 1-1 各种分析方法的样品用量

| 分析方法  | 试样质量                   | 试液体积                  |
|-------|------------------------|-----------------------|
| 常量分析  | $>0.1\text{ g}$        | $>10\text{ mL}$       |
| 半微量分析 | $0.1\sim0.01\text{ g}$ | $10\sim1\text{ mL}$   |
| 微量分析  | $10\sim0.1\text{ mg}$  | $1\sim0.01\text{ mL}$ |
| 超微量分析 | $<0.1\text{ mg}$       | $\leq 0.01\text{ mL}$ |

在无机定性分析中,采用半微量分析;在化学定量分析中,一般采用常量分析;在进行微量和超微量分析时,多采用仪器分析法。

## 三、根据被测组分的含量高低分类

根据被测组分的含量高低可分为常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析。其分析方法与含量关系见表 1-2。

表 1-2 各种分析方法的组分含量

| 分析方法 | 常量组分分析 | 微量组分分析          | 痕量组分分析    |
|------|--------|-----------------|-----------|
| 组分含量 | $>1\%$ | $0.01\%\sim1\%$ | $<0.01\%$ |

除了上述几种主要分类方法外,还可按要求不同分为例行分析和仲裁分析:例行分析