

全国高等院校农科大学化学系列教材

无机及分析化学 II

周 杰 曲祥金 主编

尹洪宗 宋少芳 倪春林 副主编



科学出版社

www.sciencep.com

全国高等院校农科大学化学系列教材

无机及分析化学 II

周杰 曲祥金 主编

尹洪宗 宋少芳 倪春林 副主编

国际书号(CIP) 目录册在封底

| | |
|------------------|---------|
| 8002, 无机及分析化学 II | 8.103 |
| (第 2 版) | (第 2 版) |
| 1-1000 V.2 | (V.2) |
| 1-1000 V.2 | 3.1 |
| 1-1000 V.2 | 第 2 版 |
| 1-1000 V.2 | 第 2 版 |

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书包括三大部分内容,第一部分包括第1、2章,介绍分析化学基本知识和定量分析的误差理论;第二部分包括第3~7章,介绍化学分析方法:滴定分析和重量分析;第三部分包括第8~10章,介绍仪器分析方法:分光光度分析法、电势分析法、原子吸收分光光度法、色谱分析法和流动注射分析法。每章内容有两个层次:基本内容和知识扩展,基本内容介绍教学大纲规定的内容,知识扩展介绍与基本内容密切相关的、新近的研究成果或更加深入、广泛的知识。

本书既可作为高等农林院校农学、林学、食品科学、环境科学、生物科学等相关专业的本科生教材,也可供相关专业的教师、学生及科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学Ⅱ/周杰,曲祥金主编. —北京:科学出版社,2008

(全国高等院校农科大学化学系列教材)

ISBN 978-7-03-022204-6

I. 无… II. ①周…②曲… III. ①无机化学-高等学校-教材②分析化学-高等学校-教材 IV. O61 O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 079120 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>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年8月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008年8月第一次印刷 印张: 20 1/2 插页:1

印数: 1—4 000 字数: 391 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《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类专业本科培养计划,基础化学系列课程的学分占必修课总学分的比例均在 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,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

本书是《全国高等院校农科大学化学系列教材》的第二分册，也是山东农业大学无机及分析化学精品课程建设项目的一部分。

为适应我国高等教育结构发生的巨大变革和“厚基础、宽口径、高素质、广适应”的高校人才培养模式的需要，高等农业院校把无机化学和分析化学两门课合并成无机及分析化学一门课程的改革已逐步得到了认可。经过近几年开设无机及分析化学课程的尝试和从中得到的教学经验，我们结合全国高等农业院校教学内容和课程体系改革的研究成果，吸取近年来国内、外现有同类教材的优点，组织编写了《无机及分析化学 II》。本书具有以下特点：

(1) 将无机及分析化学课程中的“分析化学”部分独立成册为《无机及分析化学 II》。其内容既与该课程“无机化学”部分的《无机及分析化学 I》紧密联系，又保持了“无机化学”和“分析化学”不同学科分支的必要的相对独立性，有利于分阶段实施教学。

(2) 每章开头均有学习导航，介绍本章的教学重点、难点和学习方法。

(3) 本书内容与《无机及分析化学 I》紧密衔接。各种分析方法所需的基础知识如酸碱平衡、氧化还原反应、沉淀溶解平衡和配位化合物等避免了重复。

(4) 每章内容可分两部分，前一部分为基本内容，根据新修订的教学大纲，并参考全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考考试大纲编写而成；后一部分为知识扩展，介绍与基本内容密切相关的、新近的研究成果或更加深入、广泛的知识，供感兴趣或有余力的同学学习。不同的学校也可根据学时的不同选用。

(5) 采用国家标准规定的计量单位和符号。物理量的符号使用严谨，如所用平衡常数用标准平衡常数，平衡浓度用 c_e ，相对平衡浓度用 $c_{r,e}$ ，使许多计算或有关常数不再暗含单位。

(6) 书中编写了大量例题。各章末习题的题型及题量也相应地有所增加。帮助学生自学，并从多方面和多角度运用所学知识。

本书由周杰、曲祥金任主编，尹洪宗、宋少芳、倪春林任副主编。参加本书编写的有：山东农业大学侯菊英、华南农业大学倪春林（第 1、2 章），山东农业大学周杰和时伟杰（第 3 章）、时伟杰（第 4 章）、苗延虹（第 5 章）、包丽华（第 6 章）、宋少芳（第 7 章）、尹洪宗（第 8 章）、曲祥金（第 9 章）、周杰和宋少芳（第 10 章）。山东农业大学以及参加本书编写的各院校领导对编写工作给予了关

| | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-----------|
| SS | ..... | ..... | ..... |
| SS | ..... | ..... | ..... |
| LS | ..... | ..... | ..... |
| 14 | ..... | ..... | ..... |
| 22 | ..... | ..... | ..... |
| 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 分析化学概论 | | | 1 |
| 学习导航 | | | 1 |
| 1.1 分析化学的任务和作用 | | | 1 |
| 1.2 分析方法的分类 | | | 2 |
| 1.2.1 化学分析法 | | | 2 |
| 1.2.2 仪器分析法 | | | 2 |
| 1.2.3 其他分类方法 | | | 4 |
| 1.3 定量分析的一般过程 | | | 4 |
| 1.3.1 定量分析的一般过程 | | | 4 |
| 1.3.2 分析结果的表示方法 | | | 5 |
| 1.4 分析化学的发展趋势 | | | 6 |
| 知识扩展:溶胶-凝胶技术在分析化学中的应用进展 | | | 9 |
| 第 2 章 定量分析的误差和数据处理 | | | 12 |
| 学习导航 | | | 12 |
| 2.1 误差的种类和来源 | | | 12 |
| 2.1.1 系统误差..... | | | 12 |
| 2.1.2 随机误差..... | | | 13 |
| 2.2 准确度 and 精密度 | | | 14 |
| 2.2.1 准确度与误差 | | | 14 |
| 2.2.2 精密度与偏差 | | | 14 |
| 2.2.3 准确度与精密度的关系 | | | 17 |
| 2.3 提高分析结果准确度的方法 | | | 18 |
| 2.3.1 检验并消除系统误差 | | | 18 |
| 2.3.2 减小随机误差 | | | 19 |
| 2.3.3 减小测量的相对误差 | | | 19 |
| 2.4 分析数据的处理 | | | 19 |
| 2.4.1 置信区间与分析结果的报告 | | | 19 |
| 2.4.2 可疑值的取舍 | | | 21 |

| | |
|-----------------------|-----------|
| 2.5 有效数字及其运算规则 | 22 |
| 2.5.1 有效数字 | 22 |
| 2.5.2 有效数字的修约规则 | 23 |
| 2.5.3 有效数字的运算规则 | 24 |
| 知识扩展:化学计量学简介 | 25 |
| 习 题 | 27 |
| 第3章 滴定分析法概述 | 30 |
| 学习导航 | 30 |
| 3.1 滴定分析基本概念与方法 | 30 |
| 3.2 滴定分析对化学反应的要求及滴定方式 | 31 |
| 3.2.1 滴定分析对化学反应的要求 | 31 |
| 3.2.2 滴定方式 | 31 |
| 3.3 滴定分析的标准溶液 | 32 |
| 3.3.1 标准溶液和基准物质 | 32 |
| 3.3.2 标准溶液浓度的表示方法 | 34 |
| 3.4 滴定分析的计算 | 35 |
| 3.4.1 滴定分析计算的依据和基本公式 | 35 |
| 3.4.2 计算实例 | 37 |
| 知识扩展:几种滴定分析新方法介绍 | 42 |
| 习 题 | 44 |
| 第4章 酸碱滴定法 | 48 |
| 学习导航 | 48 |
| 4.1 水溶液中酸碱平衡的处理 | 48 |
| 4.1.1 物料平衡 | 48 |
| 4.1.2 电荷平衡 | 49 |
| 4.1.3 质子平衡 | 49 |
| 4.2 不同酸碱溶液中酸碱存在型体的分布 | 51 |
| 4.2.1 一元弱酸(碱)各型体的分布 | 51 |
| 4.2.2 多元弱酸(碱)各型体的分布 | 52 |
| 4.3 酸碱指示剂 | 53 |
| 4.3.1 酸碱指示剂的变色原理 | 54 |
| 4.3.2 酸碱指示剂的变色范围 | 54 |
| 4.3.3 影响酸碱指示剂变色范围的因素 | 56 |
| 4.3.4 混合指示剂 | 57 |
| 4.4 酸碱滴定曲线和指示剂的选择 | 59 |

| | | |
|------------|--------------------------|-----------|
| 4.4.1 | 强酸强碱的滴定 | 59 |
| 4.4.2 | 强碱滴定一元弱酸 | 63 |
| 4.4.3 | 强酸滴定一元弱碱 | 66 |
| 4.4.4 | 多元酸的滴定 | 68 |
| 4.4.5 | 多元碱的滴定 | 70 |
| 4.4.6 | CO ₂ 对酸碱滴定的影响 | 71 |
| 4.5 | 酸碱滴定法的应用 | 72 |
| 4.5.1 | 酸碱标准溶液的配制和标定 | 72 |
| 4.5.2 | 应用实例 | 74 |
| | 知识扩展:非水溶液中的酸碱滴定 | 79 |
| | 习题 | 81 |
| 第5章 | 配位滴定法 | 86 |
| | 学习导航 | 86 |
| 5.1 | EDTA 及其与金属离子的配位反应 | 86 |
| 5.1.1 | EDTA 的性质及其解离平衡 | 86 |
| 5.1.2 | EDTA 与金属离子配位反应的特点 | 88 |
| 5.2 | 配位反应的副反应系数和条件稳定常数 | 89 |
| 5.2.1 | 酸效应和酸效应系数 | 89 |
| 5.2.2 | 配位效应和配位效应系数 | 93 |
| 5.2.3 | 条件稳定常数 | 94 |
| 5.3 | 配位滴定法的基本原理 | 95 |
| 5.3.1 | 配位滴定曲线 | 95 |
| 5.3.2 | 影响滴定突跃的主要因素 | 97 |
| 5.3.3 | 直接准确滴定的判据和最高酸度 | 99 |
| 5.4 | 金属指示剂 | 101 |
| 5.4.1 | 金属指示剂的作用原理 | 101 |
| 5.4.2 | 金属指示剂应具备的条件 | 102 |
| 5.4.3 | 金属指示剂的选择 | 102 |
| 5.4.4 | 常用的金属指示剂 | 103 |
| 5.4.5 | 金属指示剂的封闭、僵化及氧化变质现象 | 105 |
| 5.5 | 提高配位滴定选择性的方法 | 106 |
| 5.5.1 | 控制溶液的酸度 | 106 |
| 5.5.2 | 利用掩蔽和解蔽 | 107 |
| 5.5.3 | 用其他配位剂滴定 | 109 |
| 5.5.4 | 预先分离 | 110 |

| | | |
|--------------|-------------------------|------------|
| 5.6 | 配位滴定法的应用 | 111 |
| 5.6.1 | EDTA 标准溶液的配制和标定 | 111 |
| 5.6.2 | 配位滴定方式及应用 | 111 |
| | 知识扩展:配位滴定的终点误差 | 116 |
| | 习题 | 120 |
| 第 6 章 | 氧化还原滴定法 | 124 |
| | 学习导航 | 124 |
| 6.1 | 条件电极电势 | 124 |
| 6.2 | 滴定分析对氧化还原电势差的要求 | 126 |
| 6.3 | 氧化还原滴定法的基本原理 | 127 |
| 6.3.1 | 滴定曲线 | 127 |
| 6.3.2 | 滴定突跃 | 131 |
| 6.4 | 氧化还原滴定的指示剂 | 131 |
| 6.5 | 高锰酸钾法 | 133 |
| 6.5.1 | 概述 | 133 |
| 6.5.2 | 高锰酸钾标准溶液的配制和标定 | 134 |
| 6.5.3 | 应用实例 | 135 |
| 6.6 | 重铬酸钾法 | 138 |
| 6.6.1 | 概述 | 138 |
| 6.6.2 | 应用实例 | 138 |
| 6.7 | 碘量法 | 139 |
| 6.7.1 | 概述 | 139 |
| 6.7.2 | 标准溶液的配制和标定 | 140 |
| 6.7.3 | 应用实例 | 141 |
| 6.8 | 氧化还原滴定法的预处理 | 143 |
| | 知识扩展:氧化还原滴定法在复杂样品测定中的应用 | 144 |
| | 习题 | 148 |
| 第 7 章 | 沉淀滴定法与重量分析法 | 151 |
| | 学习导航 | 151 |
| 7.1 | 沉淀滴定法 | 151 |
| 7.1.1 | 沉淀滴定曲线 | 151 |
| 7.1.2 | 莫尔法 | 154 |
| 7.1.3 | 福尔哈德法 | 155 |
| 7.1.4 | 法扬斯法 | 157 |
| 7.1.5 | 沉淀滴定法的应用 | 158 |

| | | |
|------------|-----------------------|------------|
| 7.2 | 重量分析法 | 159 |
| 7.2.1 | 重量分析法的分类 | 159 |
| 7.2.2 | 沉淀重量分析法 | 160 |
| 7.2.3 | 重量分析结果的计算 | 167 |
| | 知识扩展:沉淀滴定法在复杂样品测定中的应用 | 167 |
| | 习题 | 169 |
| 第8章 | 吸光光度法 | 173 |
| | 学习导航 | 173 |
| 8.1 | 概述 | 173 |
| 8.1.1 | 吸光光度法的基本属性 | 173 |
| 8.1.2 | 吸光光度法的特点 | 174 |
| 8.2 | 吸光光度法的基本原理 | 174 |
| 8.2.1 | 光的基本性质 | 174 |
| 8.2.2 | 溶液对光的选择性吸收与吸收曲线 | 176 |
| 8.2.3 | 光的吸收定律 | 179 |
| 8.2.4 | 吸光度的加合性 | 182 |
| 8.3 | 吸光光度法的测量误差 | 183 |
| 8.3.1 | 有色溶液偏离朗伯-比尔定律所引入的误差 | 183 |
| 8.3.2 | 仪器本身引入的误差 | 185 |
| 8.3.3 | 吸光度的测量误差所引起的浓度测量的误差 | 186 |
| 8.4 | 吸光光度法分析条件的选择 | 187 |
| 8.4.1 | 反应条件的选择 | 187 |
| 8.4.2 | 吸光度测量条件的选择 | 190 |
| 8.5 | 吸光光度法的测定方法和仪器 | 192 |
| 8.5.1 | 目视比色法与吸光光度法 | 192 |
| 8.5.2 | 吸光光度法的定量测定方法 | 194 |
| 8.5.3 | 分光光度计基本构造 | 195 |
| 8.5.4 | 分光光度计的类型 | 200 |
| 8.6 | 吸光光度法的应用 | 204 |
| 8.6.1 | 多组分含量的测定 | 204 |
| 8.6.2 | 示差分光光度法 | 205 |
| 8.6.3 | 配合物组成的测定 | 207 |
| 8.6.4 | 酸碱离解常数的测定 | 210 |
| 8.6.5 | 导数光谱法 | 211 |
| 8.6.6 | 其他方面的应用 | 213 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 8.7 紫外-可见吸收光谱 | 214 |
| 8.7.1 有机化合物的紫外-可见吸收光谱 | 214 |
| 8.7.2 无机化合物的紫外-可见吸收光谱 | 216 |
| 8.7.3 常用术语 | 217 |
| 8.7.4 影响紫外-可见吸收光谱的因素 | 219 |
| 知识扩展:紫外-可见分光光度法用于化合物的定性分析 | 221 |
| 习题 | 226 |
| 第9章 电势分析法 | 229 |
| 学习导航 | 229 |
| 9.1 电极及其分类 | 229 |
| 9.1.1 参比电极 | 229 |
| 9.1.2 指示电极 | 232 |
| 9.2 直接电势法 | 239 |
| 9.2.1 pH的测定 | 239 |
| 9.2.2 离子活(浓)度的测定 | 240 |
| 9.3 电势滴定法 | 243 |
| 9.3.1 基本原理 | 243 |
| 9.3.2 滴定终点的确定 | 243 |
| 9.4 电势分析法的应用 | 245 |
| 9.4.1 直接电势法的应用 | 245 |
| 9.4.2 电势滴定法的应用 | 247 |
| 知识扩展:导电聚合物固态离子选择电极 | 250 |
| 习题 | 257 |
| 第10章 几种仪器分析法简介 | 260 |
| 学习导航 | 260 |
| 10.1 原子吸收光谱法 | 260 |
| 10.1.1 基本原理 | 260 |
| 10.1.2 原子吸收分光光度计 | 261 |
| 10.1.3 测量条件的选择 | 265 |
| 10.1.4 定量分析方法 | 267 |
| 10.1.5 原子吸收光谱法的应用 | 267 |
| 10.2 色谱分析法 | 269 |
| 10.2.1 基本原理 | 269 |
| 10.2.2 定性分析与定量分析方法 | 277 |
| 10.2.3 气相色谱分析法 | 279 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 10.2.4 高效液相色谱分析法 | 284 |
| 10.3 流动注射分析法 | 289 |
| 10.3.1 分析过程及分析技术 | 289 |
| 10.3.2 流动注射分析仪 | 291 |
| 10.3.3 定量分析方法 | 293 |
| 10.3.4 流动注射分析法的应用 | 294 |
| 知识扩展:现代仪器分析技术在食品分析中的应用 | 296 |
| 习题 | 300 |
| 主要参考文献 | 304 |
| 附录 | 306 |

第1章 分析化学概论

位编列正去部台学出区代去衣消位群位,同本册表式群费味重副强副留游

学习导航

分析化学在科学研究和现代生活中发挥着越来越重要的作用,被视为科学研究的眼睛和工农业生产的助手。本章简要介绍分析化学的定义、任务和作用。通过本章的学习,了解分析化学的分类方法及分类依据;了解分析化学的发展历史和发展趋势;掌握定量分析的一般程序和分析结果的表示方法。

1.1 分析化学的任务和作用

分析化学的任务是鉴定物质中含有的组分(元素、原子团或化合物),测定各组分的含量以及化学结构(分子结构或晶体结构)。因此,分析化学可分为定性分析、定量分析和结构分析。

分析化学被视为科学研究的眼睛。涉及物质及其变化的研究都离不开分析化学。农业与生命科学相关专业的研究也离不开分析化学。例如,土壤肥力的测定;肥料、农药、饲料、农产品品质的分析与测定;作物生长过程中营养成分或有毒物质在生物体内及土壤中的迁移、转化、积累情况的研究;家畜、家禽的科学管理和临床诊断等都要借助分析化学。在生命科学中,为了揭示生命起源、生命过程、疾病及遗传奥秘等,需使用分析化学的手段研究糖类、蛋白质、脱氧核糖核酸、酶、维生素、各种抗原、抗体、激素及激素受体等的组成、结构、生物活性以及免疫功能。环境科学中,在追踪污染源,确定污染物种类、数量以及研究其转化规律和危害程度等方面,分析化学也起到了重要的作用。在工业方面,从原料的选择、工艺流程的控制到成品的质量检测,从资源勘探、矿山开发到三废的处理和综合利用,都要依靠分析化学。

现代化的分析化学与人们的日常生活的关系也越来越紧密,特别是人类的健康方面。首先,分析化学能够对人类的生存环境(如空气质量、水质)进行检测;其次,分析化学可以对人们饮食的营养成分或有害成分进行分析;再次,分析化学可以通过各种测试手段对人们的健康情况进行监测,这对于疾病的发现至关重要。新药的开发和研制也离不开分析化学。

分析化学是进行科学研究的基础。由于它在国民经济的发展、国防力量的壮大、自然资源的开发及科学技术的进步等方面起着举足轻重的作用,因此被认为是

衡量国家科学技术水平的重要标志。

1.2 分析方法的分类

依据测定原理和操作方法的的不同,可将分析方法分为化学分析法和仪器分析法。

1.2.1 化学分析法

化学分析法是利用物质的化学反应及其计量关系来确定被测物质的组分和含量的一类分析方法,又称经典分析法。它是分析化学的基础,主要有重量分析法和滴定分析法等。

通过化学反应及一系列操作使试样中的待测组分转化为另一种纯粹的、固定化学组成的化合物,再称量该化合物的质量,从而计算出待测组分的含量,这样的分析方法称为重量分析法。

将已知准确浓度的试剂溶液滴加到待测物质溶液中,使其与待测组分发生反应,利用合适的方法确定反应终点,根据加入试剂的准确体积和浓度,计算出待测组分的含量,这种分析方法称为滴定分析法。依据不同的反应类型,滴定分析法可分为酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法和氧化还原滴定法。

重量分析法和滴定分析法通常用于常量组分的测定,即待测组分的含量一般在1%以上。重量分析法的准确度比较高,至今还有一些样品中组分的测定是以重量分析法为标准方法的,但分析速率较慢。滴定分析法操作简便、快速,测定结果的准确度也较高(一般情况下相对误差约为 $\pm 0.2\%$),所用仪器设备简单,是重要的测试手段之一。因此,滴定分析法在生产实践和科学实验中都具有很大的实用价值。

1.2.2 仪器分析法

以物质的物理或物理化学性质为基础,并利用特殊仪器进行分析测定的方法称为仪器分析法。最主要的仪器分析法有光学分析法、电化学分析法、热分析法和色谱法等。

1. 光学分析法

光学分析法是利用物质的光学性质进行测定的方法,通常包括以下几种:

(1)吸光光度法。该法是根据物质对光的选择性吸收而进行测定的方法,如比色法、可见和紫外分光光度法、红外分光光度法。

(2)发射光谱分析法。该法是根据物质受到势能或电能激发后所发射的特征

光谱来进行定性和定量分析的方法,如原子发射光谱法、火焰分光光度法。

(3)原子吸收光谱法。该法是根据被测物质产生的原子蒸气对其特征谱线的吸收作用来进行分析的方法。

(4)荧光分析法。该法是根据在紫外线照射下某些物质产生荧光的强度大小来测定待测物质含量的方法,如分子荧光、磷光分析法等。

此外,还有激光拉曼光谱法、光声光谱法、化学发光分析法等。

2. 电化学分析法

利用物质的电学或电化学性质来测定物质组分含量的方法,称为电化学分析法,通常包括以下几种:

(1)电重量分析法。该法是通过称量电解后待测组分在已知质量的电极上以游离态或氧化物状态析出的量而求算含量的方法。

(2)容量分析法。该法是根据被测组分与标准滴定剂发生的化学反应导致溶液的电导、电流、电位发生变化而建立的方法,称为容量分析法,如电导滴定法、电流滴定法、电位滴定法。

(3)电位分析法。该法是通过测定无电流情况下两极间的电位差而确定被测物含量的方法。随着离子选择性电极的研制成功,该法发展迅速,应用前景广阔。

(4)极谱分析法。该法是在极谱仪上通过测定试液电解得到的电流-电压曲线而确定待测组分及含量的方法。

3. 色谱分析法

利用物质吸附性质的不同进行分离测定的方法称为色谱分析法,如薄层分析法、气相色谱法、高效液相色谱法、电泳分析法等。

随着科学技术的快速发展,近年来仪器分析的新方法、新技术层出不穷,发展日新月异,如质谱法、核磁共振波谱法、电子和离子探针微区分析法、色谱-库仑联用分析法、色谱-质谱联用分析法等。

仪器分析法的优点是灵敏度高且操作简便快速,最适用于生产过程中的控制分析,尤其在组分的含量很低时,仪器分析法显得更为重要。但是,仪器分析法的准确度低,相对误差大,所以一般高含量组分采用化学分析法,低含量的组分采用仪器分析法。并且,有的仪器价格较高,日常维护要求高,维修也比较困难。在实际工作中,一般在进行仪器分析之前,要用化学方法对试样进行预处理(如富集、除去干扰杂质等),因此化学分析法与仪器分析法是互为补充的。

1.2.3 其他分类方法

分析化学按分析任务分为定性分析、定量分析和结构分析。本书主要讨论定量分析。

根据分析对象不同,分析化学可分为无机分析和有机分析。无机分析的对象是无机化合物,由于组成无机化合物的元素种类繁多,因此在无机分析中通常要求鉴定物质的组成及测定成分的含量。有机分析的对象是有机化合物,在有机分析中,由于组成有机化合物的元素种类不多但结构复杂,分析的重点是官能团分析和结构分析。

根据试样的用量和操作规模的不同,可分为常量、半微量、微量和超微量分析,分类情况如表 1.1 所示。

表 1.1 定量分析按试样用量分类

| 分析方法 | 试样用量/mg | 试液体积/mL |
|-------|---------|---------|
| 常量分析 | >100 | >10 |
| 半微量分析 | 10~100 | 1~10 |
| 微量分析 | 0.1~10 | 0.01~1 |
| 超微量分析 | <0.1 | <0.01 |

如果按试样中被测组分的含量分类,又可分为常量(质量分数大于 1%)成分分析、微量(质量分数为 0.01%~1%)成分分析和痕量(质量分数小于 0.01%)成分分析。痕量成分分析不一定是微量分析,有时为了测定痕量成分,需取千克级以上的试样。

1.3 定量分析的一般过程

1.3.1 定量分析的一般过程

在明确分析目的、了解样品性质和分析的基本要求的基础上,完成一项分析工作通常包括以下步骤:

(1) 取样。取样是非常关键的步骤。从大批材料中获得的样品必须具有代表性,否则分析工作将毫无意义,甚至得出错误结论。因此,应根据分析物是固体、液体或气体而采用不同的取样方法,取样方法将在专业课程中介绍(也可参阅有关专著)。实际工作中,分析化学研究的对象具有多样性和复杂性,故取样往往需要专业的技术人员,特别是一些特殊样品,如血液、文物等。

(2) 试样分解。液体样品经常要稀释或富集,固体样品经常要进行样品分解,再进行测定。正确的分解方法应使试样分解完全,分解过程中待测组分不损失,尽