



全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材  
(第二轮规划教材)

供药学类、中药学类、制药工程及相关专业使用

# 分析化学

(第2版)

主编◎张梅 池玉梅



中国健康传媒集团  
中国医药科技出版社



医药学堂  
WWW.YIYAOXT.COM

全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

# 分析化学

（第2版）

（供药理学类、中药学类、制药工程及相关专业使用）

主 编 张 梅 池玉梅  
副主编 彭晓霞 吴 萍 陈 丽 贺吉香  
编 者 （以姓氏笔画为序）

任 波（成都中医药大学）

池玉梅（南京中医药大学）

李阳春（浙江中医药大学）

张 梅（成都中医药大学）

吴 萍（湖南中医药大学）

陈 丽（福建中医药大学）

陈美玲（天津中医药大学）

贺吉香（山东中医药大学）

唐尹萍（湖北中医药大学）

彭晓霞（甘肃中医药大学）

韩疏影（南京中医药大学）

廖夫生（江西中医药大学）

薛 璇（安徽中医药大学）



中国健康传媒集团  
中国医药科技出版社

## 内容提要

本教材系“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”之一，内容简明扼要，重点突出，理论联系实际。全书分为十章，包括绪论、定量分析的一般步骤、分析误差和数据处理、重量分析法、滴定分析概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电位分析法及双指示电极电流滴定法。每章首尾处分别设置了“要点导航”和“重点小结”，章末附有习题及参考答案，方便复习与练习。

本教材为书网融合教材，即纸质教材有机融合电子教材、教学配套资源和数字化教学服务（在线教学、在线作业、在线考试），可更好地满足大数据时代读者的阅读习惯。可作为全国普通高等医药院校药学类、中药学类、制药工程及相关专业学生使用，也可供相关科研单位或药品食品质量检验部门科研技术人员参阅。

### 图书在版编目（CIP）数据

分析化学/张梅，池玉梅主编.—2版.—北京：中国医药科技出版社，2018.8  
全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）  
ISBN 978-7-5214-0254-4

I. ①分… II. ①张… ②池… III. ①分析化学—中医学院—教材 IV. ①065

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第097918号

美术编辑 陈君杞

版式设计 诚达誉高

出版 中国健康传媒集团 | 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行：010-62227427 邮购：010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 889×1194mm  $\frac{1}{16}$

印张 14

字数 292千字

初版 2014年8月第1版

版次 2018年8月第2版

印次 2018年8月第1次印刷

印刷 三河市双峰印刷装订有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5214-0254-4

定价 36.00元

版权所有 盗版必究

举报电话：010-62228771

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

## 编写委员会

主任委员 彭 成（成都中医药大学）

副主任委员 朱 华（广西中医药大学）

杨 明（江西中医药大学）

冯卫生（河南中医药大学）

刘 文（贵阳中医学院）

彭代银（安徽中医药大学）

邱智东（长春中医药大学）

委 员（以姓氏笔画为序）

王 建（成都中医药大学）

文红梅（南京中医药大学）

邓 赟（成都中医药大学）

池玉梅（南京中医药大学）

严 琳（河南大学）

杨 云（云南中医学院）

杨武德（贵阳中医学院）

李小芳（成都中医药大学）

吴 虹（安徽中医药大学）

吴啟南（南京中医药大学）

何 宁（天津中医药大学）

张 梅（成都中医药大学）

张朔生（山西中医药大学）

陈振江（湖北中医药大学）

周长征（山东中医药大学）

郑里翔（江西中医药大学）

胡 明（四川大学）

郭 力（成都中医药大学）

容 蓉（山东中医药大学）

巢建国（南京中医药大学）

蒋桂华（成都中医药大学）

傅超美（成都中医药大学）

裴 瑾（成都中医药大学）

王诗源（山东中医药大学）

尹 华（浙江中医药大学）

史亚军（陕西中医药大学）

许 军（江西中医药大学）

严铸云（成都中医药大学）

杨怀霞（河南中医药大学）

李 峰（山东中医药大学）

李学涛（辽宁中医药大学）

吴培云（安徽中医药大学）

吴锦忠（福建中医药大学）

张 丽（南京中医药大学）

张师愚（天津中医药大学）

陆兔林（南京中医药大学）

金传山（安徽中医药大学）

周玖瑶（广州中医药大学）

赵 骏（天津中医药大学）

夏厚林（成都中医药大学）

郭庆梅（山东中医药大学）

康文艺（河南大学）

彭 红（江西中医药大学）

韩 丽（成都中医药大学）

曾 南（成都中医药大学）

# 全国普通高等中医药院校药学类专业“十三五”规划教材（第二轮规划教材）

## 出版说明



“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材”于2014年8月至2015年初由中国医药科技出版社陆续出版，自出版以来得到了各院校的广泛好评。为了更新知识、优化教材品种，使教材更好地服务于院校教学，同时为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》《“十三五”国家药品安全规划》《中医药发展战略规划纲要（2016-2030年）》等文件精神，培养传承中医药文明，具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才，在教育部、国家药品监督管理局的领导下，在“十二五”规划教材的基础上，中国健康传媒集团·中国医药科技出版社组织修订编写“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”。

本轮教材建设，旨在适应学科发展和食品药品监管等新要求，进一步提升教材质量，更好地满足教学需求。本轮教材吸取了目前高等中医药教育发展成果，体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准；旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式，形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制，最终打造我国普通高等中医药院校药学类专业核心教材、精品教材。

本轮教材包含47门，其中39门教材为新修订教材（第2版），《药理学思维导图与学习指导》为本轮新增加教材。本轮教材具有以下主要特点。

### 一、教材顺应当前教育改革形势，突出行业特色

教育改革，关键是更新教育理念，核心是改革人才培养体制，目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设，发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教材建设以服务人才培养为目标，以提高教材质量为核心，以创新教材建设的体制机制为突破口，以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。为适应不同类型高等学校教学需要，需编写、出版不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养，有鲜明的行业特点，符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材，有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才，是高等医药院校教育教学改革的体现，是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》的体现。

### 二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；对上版教材中不合理的内容框架进行适当调整；内容（含法律法规、食品药品标准及相关学科知识、方法与技术等）上吐故纳新，实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标。编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足21世纪复合型人才培养的需要。

参与教材编写的专家以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设质量。

### 三、坚持“三基、五性、三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本轮教材修订编写将培养高等中医药院校应用型、复合型药学类专业人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现教材的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航”“重点小结”模块对其加以明确；使“三基、五性、三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展”“药师考点”等模块，与《国家执业药师资格考试考试大纲》和新版《药品生产质量管理规范》(GMP)、《药品经营管理质量规范》(GSP)紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

### 四、创新教材呈现形式，书网融合，使教与学更便捷、更轻松

本轮教材全部为书网融合教材，即纸质教材与数字教材、配套教学资源、题库系统、数字化教学服务有机融合。通过“一书一码”的强关联，为读者提供全免费增值服务。按教材封底的提示激活教材后，读者可通过PC、手机阅读电子教材和配套课程资源，并可在线进行同步练习，实时反馈答案和解析。同时，读者也可以直接扫描书中二维码，阅读与教材内容关联的课程资源（“扫码学一学”，轻松学习PPT课件；“扫码练一练”，随时做题检测学习效果），从而丰富学习体验，使学习更便捷。教师可通过PC在线创建课程，与学生互动，开展在线课程内容定制、布置和批改作业、在线组织考试、讨论与答疑等教学活动，学生通过PC、手机均可实现在线作业、在线考试，提升学习效率，使教与学更轻松。此外，平台尚有数据分析、教学诊断等功能，可为教学研究与管理提供技术和数据支撑。

本套教材的修订编写得到了教育部、国家药品监督管理局相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好地为药学教育事业发展和保障人民用药安全有效服务！

中国医药科技出版社  
2018年6月

# 前言

## PREFACE

本教材系“全国普通高等中医药院校药学类专业‘十三五’规划教材（第二轮规划教材）”之一。本教材编写遵循“三基、五性、三特定”的基本原则，力求体现医药行业特点，适应高素质应用型、复合型、技术技能型人才培养需要。

为适应我国高等中医药教育事业发展的新形势、新目标和新要求，更好地满足中医药院校药学类专业教育教学需求和复合型药学人才培养需求，对上版教材的编写体系及内容进行了修订完善，如对内容框架结构进行适当调整，对部分不合理的内容进行完善修改等。全书共分十章，系统阐述了各种化学分析方法的基本原理、基础知识和基本应用。为了体现教材的适用性和完整性，本书将“定量分析的一般步骤”单独成章，系统介绍试样定量分析的全过程，强化学生对定量分析各环节特点及相互联系的整体把握；为突出行业特点，奠定学生学习药物分析等专业课的必要基础，在第一章中补充了“定性分析简介”，使学生对定性分析的基本理论和基本方法有所了解；为便于教学和学生自主学习，在每章开头设置了“要点导航”，按照掌握、熟悉和了解三个层次提出每章学习要求，章末设有“重点小结”，帮助学生梳理该章节主要内容，掌握重点和难点。

本教材为书网融合教材，即纸质教材有机融合电子教材、教学配套资源和数字化教学服务（在线教学、在线作业、在线考试），可更好地满足大数据时代读者的阅读习惯。可作为全国普通高等医药院校药学类、中药学类、制药工程及相关专业学生使用，也可供相关科研单位或药品食品质量检验部门科研技术人员参阅。

本教材由全国十一所普通高等中医药院校长期从事分析化学教学工作的一线教师编写，各编委分章节独立编写，经主编、副主编初审及修改，由主编整理定稿。修订编写具体分工如下：张梅负责第一章，任波负责第二章，唐尹萍负责第三章，李锦负责第四章，薛璇负责第五章，池玉梅、韩疏影负责第六章，贺吉香负责第七章，吴萍负责第八章，彭晓霞负责第九章，廖夫生负责第十章，张梅、李阳春负责附录。

在编写本教材过程中得到各编者所在院校的大力支持，在此表示最诚挚的感谢。同时，在编写过程中，编者参阅了相关书籍和资料，在此向有关作者表示深深的谢意。限于编者水平和经验，书中可能存在疏漏和不足，恳请有关专家、同行和同学批评指正。

编者  
2018年6月

# 目录

## CONTENTS

## 第一章 ● 绪论

第一节	分析化学的任务与作用 .....	1
第二节	分析化学的方法分类 .....	2
	一、定性分析、定量分析、结构分析和形态分析 .....	2
	二、无机分析和有机分析 .....	2
	三、化学分析和仪器分析 .....	2
	四、常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析 .....	3
	五、例行分析和仲裁分析 .....	3
第三节	定性分析简介 .....	3
	一、分析反应及反应条件 .....	4
	二、反应的灵敏度与选择性 .....	4
	三、空白试验和对照试验 .....	6
第四节	分析化学的发展与趋势 .....	6
第五节	分析化学文献 .....	7
	一、专著 .....	7
	二、丛书和手册 .....	8
	三、分析化学核心期刊 .....	8
	四、常用化学网络数据库 .....	8

## 第二章 ● 定量分析的一般步骤

第一节	分析试样的采集与制备 .....	10
	一、气体试样的采集 .....	10
	二、液体试样的采集 .....	11
	三、固体试样的采集与制备 .....	11
第二节	试样的分解 .....	12

	一、无机试样的分解 .....	12
	二、有机试样的分解 .....	13
第三节	常用分离、富集方法 .....	14
	一、分离与富集定义 .....	14
	二、方法简介 .....	15
第四节	测定方法的选择 .....	18
	一、测定的具体要求 .....	18
	二、试样组分的性质 .....	18
	三、试样组分的含量 .....	18
	四、共存组分的影响 .....	19
	五、实验室条件 .....	19
第五节	分析结果的计算及评价 .....	19

### 第三章 ● 分析误差和数据处理

第一节	分析化学中的误差 .....	21
	一、系统误差和偶然误差 .....	21
	二、准确度与精密度 .....	22
	三、误差的传递 .....	25
第二节	有效数字及其运算规则 .....	26
	一、有效数字 .....	26
	二、有效数字的修约规则 .....	27
	三、有效数字的运算规则 .....	28
第三节	分析数据的统计处理 .....	28
	一、偶然误差的正态分布 .....	28
	二、 $t$ 分布 .....	30
	三、平均值的置信区间 .....	31
	四、离群值的取舍 .....	33
	五、显著性检验 .....	34
	六、相关与回归 .....	37
第四节	提高分析结果准确度的方法 .....	39
	一、选择合适的分析方法 .....	39
	二、减小测量误差 .....	39
	三、减小偶然误差的影响 .....	39

四、检验并消除测量过程中的系统误差 .....	39
-------------------------	----

## 第四章 ● 重量分析法

第一节 概述 .....	44
第二节 挥发重量法 .....	44
一、挥发重量法的分类 .....	45
二、挥发重量法的应用 .....	45
第三节 萃取重量法 .....	46
第四节 沉淀重量法 .....	46
一、沉淀重量法的过程 .....	46
二、沉淀的制备 .....	47
三、沉淀的过滤、洗涤、干燥和灼烧 .....	54
四、分析结果的计算 .....	55
五、沉淀重量法的应用 .....	58

## 第五章 ● 滴定分析法概论

第一节 概述 .....	61
一、滴定分析法的特点和分类 .....	61
二、滴定分析对滴定反应的要求 .....	62
三、滴定方式 .....	62
第二节 基准物质与标准溶液 .....	63
一、基准物质 .....	64
二、标准溶液 .....	64
第三节 滴定分析的计算 .....	66
一、滴定分析的计算基础 .....	66
二、滴定分析中的计算 .....	66

## 第六章 ● 酸碱滴定法

第一节 水溶液中的酸碱平衡 .....	72
一、酸碱质子理论 .....	72
二、水溶液中酸碱各型体的分布 .....	75
三、酸碱水溶液中 $[H^+]$ 的计算 .....	77
第二节 酸碱指示剂 .....	79

一、酸碱指示剂的变色原理 .....	79
二、指示剂变色范围 .....	80
三、影响指示剂变色范围的因素 .....	82
四、混合酸碱指示剂 .....	82
第三节 酸碱滴定曲线 .....	83
一、强酸(碱)的滴定 .....	83
二、一元弱酸(碱)的滴定 .....	85
三、多元酸(碱)的滴定 .....	88
四、滴定误差 .....	89
第四节 酸碱滴定的应用 .....	91
一、酸碱标准溶液的配制与标定 .....	91
二、应用示例 .....	92
第五节 非水酸碱滴定法 .....	94
一、非水酸碱滴定基本原理 .....	94
二、非水溶液中酸和碱的滴定 .....	98

## 第七章 ● 沉淀滴定法

第一节 概述 .....	104
第二节 沉淀滴定原理 .....	104
一、滴定曲线 .....	104
二、分步滴定 .....	106
第三节 银量法 .....	106
一、铬酸钾指示剂法(莫尔法) .....	106
二、铁铵矾指示剂法(佛尔哈德法) .....	108
三、吸附指示剂法(法扬司法) .....	109
第四节 标准溶液和基准物质 .....	110
一、0.1mol/L AgNO <sub>3</sub> 标准溶液的配制与标定 .....	110
二、0.1mol/L NH <sub>4</sub> SCN标准溶液的配制与标定 .....	111
第五节 应用示例 .....	111
一、无机卤化物和有机氢卤酸盐的测定 .....	111
二、有机卤化物的测定 .....	112

## 第八章 ● 配位滴定法

第一节 概述 .....	115
--------------	-----

一、配位滴定法	115
二、配位滴定中常用配位剂	115
第二节 EDTA 的性质及其配合物	116
一、EDTA 在水溶液中的离解平衡	116
二、金属 - EDTA 配合物的分析特性	117
第三节 配合物在溶液中的离解平衡	118
一、EDTA 与金属离子形成配合物的稳定性	118
二、影响 EDTA 配合物稳定性的因素	119
第四节 配位滴定的基本原理	124
一、滴定曲线	124
二、影响滴定突跃大小的因素	126
三、配位滴定中酸度的控制	127
第五节 金属离子指示剂	129
一、金属指示剂的作用原理及应具备的条件	129
二、金属指示剂的选择	130
三、指示剂的封闭、僵化及变质现象	130
四、常用金属指示剂	131
第六节 提高配位滴定的选择性	132
一、消除干扰离子影响的条件	132
二、提高配位滴定选择性的措施	133
第七节 配位滴定方式及其应用	137
一、配位滴定方式	137
二、标准溶液和基准物质	138
三、应用示例	139

## 第九章 ● 氧化还原滴定法

第一节 概述	144
第二节 氧化还原平衡	144
一、条件电极电位及影响因素	144
二、氧化还原反应进行的程度	148
三、氧化还原反应的速度	149
第三节 氧化还原滴定	150
一、滴定曲线	150

二、指示剂的选择 .....	153
第四节 常用氧化还原滴定法 .....	154
一、碘量法 .....	154
二、高锰酸钾法 .....	158
三、重铬酸钾法 .....	159
四、其他氧化还原滴定法简介 .....	160
第五节 氧化还原滴定计算 .....	161

## 第十章 ● 电位分析法与双指示电极电流滴定法

第一节 概述 .....	167
第二节 基本原理 .....	168
一、化学电池 .....	168
二、液接电位 .....	168
第三节 参比电极与指示电极 .....	169
一、参比电极 .....	169
二、指示电极 .....	171
三、复合电极 .....	172
第四节 直接电位法 .....	173
一、氢离子活度的测定 .....	173
二、其他阴、阳离子活(浓)度的测定 .....	176
三、直接电位法的测量误差 .....	179
第五节 电位滴定法 .....	179
一、原理及装置 .....	179
二、终点确定方法 .....	180
三、应用 .....	181
第六节 双指示电极电流滴定法 .....	182
一、原理及装置 .....	182
二、终点确定方法 .....	183
三、应用示例 .....	183
● 附录 .....	188
● 参考文献 .....	207

# 第一章 绪 论



扫码“学一学”

## 要点导航

本章学习分析化学的任务、分类、主要研究内容及所涉及领域等内容。要求：

1. 掌握分析化学的定义、任务及分类方法。
2. 熟悉定性分析一般方法。
3. 了解分析化学发展进程。

## 第一节 分析化学的任务与作用

分析化学 (analytical chemistry) 是研究获取物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法及相关理论的一门科学。欧洲化学联合会分析化学部定义分析化学为：“发展和应用各种方法、仪器和策略获取有关物质在空间和时间方面的组成和性质的信息的一门科学”。分析化学以化学基本理论和实验技术为基础，广泛吸收融合物理学、生物学、数学、计算机学、统计学、信息学等学科知识，为科学与技术发展提供其所必需的物质信息数据源。

分析化学的主要任务是通过各种方法与手段，获取图像、数据等相关信息用于鉴定物质体系的化学组成、测定其中有关成分的含量和确定体系中物质的结构与形态。主要内容包括定性分析 (qualitative analysis)、定量分析 (quantitative analysis)、结构分析 (structural analysis) 和形态分析 (speices analysis)。

作为化学学科的重要分支，分析化学不仅对化学学科本身的发展起着重要作用，而且在国民经济、科学技术、医药卫生、学校教育等各方面均起着举足轻重的作用。

在化学学科发展中，元素的发现、各种化学基本定律 (质量守恒定律、定比定律等) 的确立；相对原子质量的测定；元素周期律的建立及元素特征光谱线的发现等各种化学现象的揭示，都与分析化学的卓越贡献密不可分。“人类有科技就有化学，化学从分析化学开始”。

在国民经济建设中，从资源勘探，天然气、油田、矿藏的储量确定；煤矿、钢铁基地的选址；工业生产中原材料选择，中间体、成品和有关物质的检验；农业生产中土壤成分检定、农作物营养诊断、农产品与加工食品质量检验；建筑业中各类建筑与装饰材料的品质、机械强度和建筑物质量评判；以及在商业流通领域中所有商品的质量监控等等，都需要分析化学提供相关数据和信息，分析化学在国民经济建设中起着不可替代的作用。

在科学技术研究中，分析化学已跨越化学领域，在生命科学、材料科学、环境科学及能源科学等方面发挥着重要的作用。例如，对细胞内容物 DNA、蛋白质及糖类等进行定量



分析, 可以实现对癌症等疾病的早发现、早诊断和早治疗; 对人类生存环境的各组成部分, 特别是对某些危害大的污染物的性质、来源、含量及其分布状态, 进行细致的监测和分析, 是认识、评价和保护环境的重要基础。因此, 可以说, 凡是涉及化学现象的任何一种科学研究领域, 分析化学都是其不可或缺的研究工具与手段。实际上分析化学已成为“从事科学研究的科学”, 是现代科学技术的“眼睛”。

在医药卫生事业中, 临床疾病诊断, 病理检验; 药品质量控制、新药研究; 天然药物有效成分分离、鉴定; 药物构效、量效关系研究; 药物体内过程研究; 药物制剂稳定性研究; 以及突发公共卫生事件的处理等都离不开分析化学。分析化学不仅用于发现问题, 而且参与实际问题的解决。

在中药学、药学等相关专业的学校教育中, 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不仅在后续专业课(中药化学、中药分析学、天然药物化学、药物分析学等)中普遍应用, 而且为学生专业能力的培养奠定重要的基础。

## 第二节 分析化学的方法分类

根据分析任务、分析对象、测定原理、试样用量与待测组分含量的不同以及工作性质等, 可将分析化学的方法进行多种分类。

### 一、定性分析、定量分析、结构分析和形态分析

根据分析任务进行分类, 分析化学可分为定性分析、定量分析、结构分析和形态分析。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、离子、基团或化合物组成。定量分析的任务是测定物质中有关成分的含量。结构分析的任务是研究物质的分子结构(包括构型与构象)、晶体结构。形态分析的任务是研究物质的价态、晶态、结合态等存在状态及其含量。

### 二、无机分析和有机分析

根据分析对象的不同分析化学可分为无机分析(inorganic analysis)和有机分析(organic analysis)。针对不同的分析对象, 相应的分析要求和使用的的方法也有较大差异。无机分析的对象是无机物, 由于组成无机物的元素种类较多, 通常要求鉴定物质的组成(元素、离子、原子团或化合物)和测定各成分的含量。有机分析的对象是有机物, 构成有机物的主要有碳、氢、氧、氮、硫和卤素等有限的几种元素, 但自然界有机物的种类有数百万之多且结构复杂, 故分析的重点是官能团分析和结构分析。

### 三、化学分析和仪器分析

根据分析方法测定原理的不同进行分类, 分析化学的方法可分为化学分析(chemical analysis)和仪器分析(instrumental analysis)。

以物质的化学反应及其计量关系为基础的分析方法称为化学分析法。化学分析法是分析化学的基础, 其历史悠久, 常称为经典分析法, 主要有重量分析(gravimetric analysis)(称量分析)法和滴定分析(titrimetric analysis)(容量分析)法等。重量分析法和滴定分析法主要用于常量组分(待测组分在试样中的含量大于1%)测定。重量分析法准确度高,



至今仍是一些组分测定的标准方法，但其操作繁琐，分析速度较慢。滴定分析法特点是仪器设备简单，操作简便，省时快速结果准确（相对误差  $\pm 0.2\%$ ），是重要的例行分析方法。

仪器分析法是以物质的物理性质和物理化学性质为基础的分析方法，故又称为物理分析法（physical analysis）和物理化学分析法（physicochemical analysis）。这类方法常通过测量物质的物理或物理化学参数来进行，需要较特殊的仪器，所以常称为仪器分析。

#### 四、常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

根据分析过程中需要试样量的多少分类，分析化学的方法可分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析。各种方法的试样用量情况如表 1-1 所示。

表 1-1 各种分析方法的试样用量

方法	试样质量	试液体积
常量分析	>0.1g	>10ml
半微量分析	0.01~0.1g	1~10ml
微量分析	0.1~10mg	0.01~1ml
超微量分析	<0.1mg	<0.01ml

化学分析中一般采用常量分析或半微量分析，微量分析和超微量分析常在仪器分析中使用。

此外，根据试样中待测组分相对含量多少，又可粗略分为常量组分（>1%）分析，微量组分（0.01%~1%）分析，痕量组分（<0.01%）分析和超痕量组分（约 0.0001%）分析。须注意待测组分的含量和取样量属于不同的概念，痕量组分的分析不一定是微量分析，不能混淆。

#### 五、例行分析和仲裁分析

根据工作性质的不同分类，分析化学的方法可分为例行分析（routine analysis）和仲裁分析（arbitral analysis）。例行分析是指日常工作中所进行的常规分析，如制药厂按照药品质量标准对每批生产药品的检验。仲裁分析是指不同企业部门对某一产品的分析结果有争议时，要求权威的分析测试部门进行裁判的分析。

### 第三节 定性分析简介

定性分析的任务是鉴定物质的组成，可采用化学分析法和仪器分析法进行分析。有机定性分析的重点是官能团分析和结构分析，常采用仪器分析法，应用紫外光谱、红外光谱、质谱及核磁共振波谱等方法鉴定有机化合物中元素组成，测定分子式和分子量，确定化合物中含有的官能团及相对位置，最终确定化合物的基本结构。无机定性分析的内容主要是确定化合物中元素或离子的组成，多用化学分析法，依据物质间的化学反应进行鉴定。在固体间进行的分析称为干法分析，如焰色反应、熔珠试验等，这类方法只能提供初步判断依据，一般作为辅助试验方法。在溶液中进行的分析称为湿法分析，是无机定性分析的主要方法。它是基于离子间的反应，直接鉴定的是离子。反应多在离心管、点滴板上进行，



属于半微量分析。本节主要讨论湿法分析相关问题。

## 一、分析反应及反应条件

### (一) 分析反应

用于分离或鉴定的化学反应称为分析反应。作为分析反应必须具备明显的外观特征(如溶液颜色的变化,沉淀的生成或溶解,产生气体等);反应必须迅速、灵敏,否则无实用价值;为确保分离的彻底和有明显的鉴定反应现象产生,要求分析反应尽可能进行完全。

### (二) 分析反应的条件

和其他化学反应一样,分析反应只有在一定的外界条件下才能进行,否则反应不能发生或得不到预期的结果。

**1. 反应物的浓度** 根据化学平衡原理,只有当反应物浓度足够大时才能进行反应并产生明显的易于观察的现象。例如,在  $\text{Ag}^+$  与  $\text{Cl}^-$  反应生成  $\text{AgCl}$  沉淀的反应中,要求  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] > K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ , 否则沉淀反应不会发生,而且还需要沉淀析出的量足够多,以便于观察现象。

**2. 溶液的酸度** 酸度是影响分析反应的重要因素。例如  $\text{Pb}^{2+}$  的鉴定,可采用  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  试剂与  $\text{Pb}^{2+}$  作用生成黄色的  $\text{PbCrO}_4$  沉淀进行鉴别。此反应只能在中性或微酸性溶液中进行,当酸度高时由于  $\text{CrO}_4^{2-}$  大部分转化为  $\text{HCrO}_4^-$ , 降低了溶液中  $\text{CrO}_4^{2-}$  浓度,以致得不到  $\text{PbCrO}_4$  沉淀。若在碱性溶液中,则可能析出  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  沉淀,甚至转化为  $\text{PbO}_2$ , 也不能得到  $\text{PbCrO}_4$  沉淀。

适宜的酸度条件可以通过加入酸、碱进行调节,有时还需要采用缓冲溶液来维持一定的酸度。

**3. 溶液的温度** 温度对反应的速度或某些沉淀的溶解度有比较大的影响。例如,  $\text{PbCl}_2$  沉淀的溶解度随温度的升高而迅速增大,  $100^\circ\text{C}$  时的溶解度是室温 ( $20^\circ\text{C}$ ) 时的3倍多,因此用稀盐酸沉淀分离或鉴定  $\text{Pb}^{2+}$  必须在低温下进行。

**4. 溶剂的影响** 溶剂影响反应物的溶解度和稳定性。如果在水溶液中反应物溶解度较大或不够稳定时常需加入有机溶剂以减小溶解度或增加稳定性。例如,以生成过氧化铬  $\text{CrO}_5$  的反应鉴定  $\text{Cr}^{2+}$  时,需在溶液中加入乙醚或戊醇,使  $\text{CrO}_5$  溶解在有机层中,观察其特征蓝色。如果在水中  $\text{CrO}_5$  将生成极不稳定的过铬酸  $\text{H}_2\text{CrO}_6$  迅速分解而无法观察到蓝色出现。

**5. 干扰离子的影响** 当有共存的其他离子干扰待检离子鉴定时,应将干扰离子的影响消除,否则会得出错误的结论。例如,当利用  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  与  $\text{Ba}^{2+}$  反应生成黄色的  $\text{BaCrO}_4$  沉淀来鉴定  $\text{Ba}^{2+}$  时,若溶液中有  $\text{Pb}^{2+}$  存在,  $\text{Pb}^{2+}$  与  $\text{CrO}_4^{2-}$  反应也生成黄色的  $\text{PbCrO}_4$  沉淀而干扰  $\text{Ba}^{2+}$  的鉴定。因此,需采用  $\text{H}_2\text{S}$  将  $\text{Pb}^{2+}$  沉淀分离后再用  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  鉴定  $\text{Ba}^{2+}$ 。

此外,有些鉴定反应需要加入催化剂才能快速进行。例如,采用过硫酸铵  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  氧化  $\text{Mn}^{2+}$  为紫色的  $\text{MnO}_4^-$  鉴定  $\text{Mn}^{2+}$  时,必须加入  $\text{Ag}^+$  催化剂并在加热条件下进行,否则  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  只能将  $\text{Mn}^{2+}$  氧化到  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ 。

## 二、反应的灵敏度与选择性

当有多种鉴定反应可用于某种离子的鉴定时,选择何种鉴定反应才能得到可靠的分析

