



规划精品教材

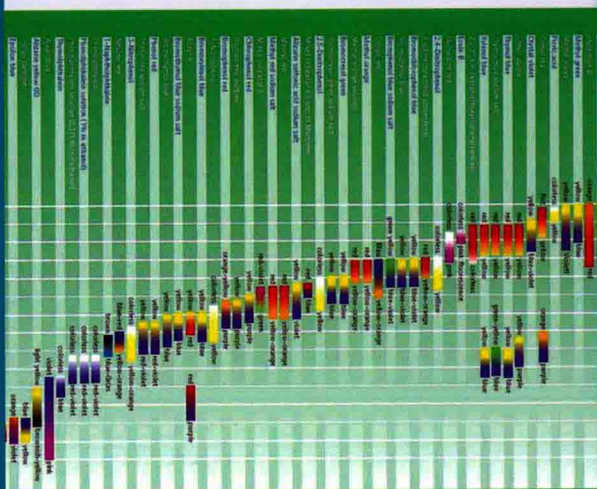
全国普通高等院校工科化学

分析化学

(第二版)

Analytical Chemistry

◎ 廖力夫
◎ 刘晓庚 主编
◎ 邱凤仙



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

QGP TGDYXGKHXGHJPJC

分 析 化 学

(第二版)

主 编	廖力夫	刘晓庚	邱凤仙	
副主编	肖锡林	王冬梅	陈立新	欧玉静
	景伟文	罗杨合	李 晶	曹崇江
参 编	刘文娟	刘新玲	刘 红	郑先君
	范伟强	杨文建	王 平	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书根据工科类本科化学教学的要求编写,着眼于培养有创新能力、高素质的工科人才。全书分为 13 章,主要内容包括定量分析的误差与数据处理、各类滴定分析法(酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法)、重量分析法、电位分析法、分光光度法、原子吸收光谱分析法、气相色谱分析法、分离与富集方法、定量分析步骤和复杂体系的定量分析等。力求突出重点,将基本理论叙述清楚。书中有例题、小结和习题,便于教学。

本书适合于作为高等院校化工、轻工、石油、环境、制药、生物工程等工科类专业的本科教材,也可作为其他专业的分析化学教学参考书,还可供从事相关工作的专业人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/廖力夫,刘晓庚,邱凤仙主编. —2 版. —武汉:华中科技大学出版社,2015. 5
全国普通高等院校工科化学规划精品教材
ISBN 978-7-5680-0921-8

I. ①分… II. ①廖… ②刘… ③邱… III. ①分析化学-高等学校-教材
IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 120099 号

分析化学(第二版)

廖力夫 刘晓庚 邱凤仙 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:王新华

封面设计:原色设计

责任校对:何 欢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:22.75

字 数:563 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

定 价:48.00 元



华中师大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第二版前言

随着我国国民经济的高速发展,分析化学作为高等学校中理工科专业的基础课程,必须适应形势的新变化,尽力满足新形势下对人才的培养要求。因此,结合分析化学的学科进展、本书第一版的使用情况与反馈意见,根据各兄弟院校在教学中提出的要求,对第一版进行修订。

本次修订在第一版基础上主要做了以下的工作:根据部分院校的教学要求,增加了两章,即“原子吸收光谱分析法”和“气相色谱分析法”;将原第2章中“定量分析的一般步骤”的内容与原第11章“复杂体系的定量分析”的内容合并,组成新的第13章,并增加了“食品安全分析”的内容,以适应形势的发展;第3章“滴定分析”中,增加了滴定度与物质的量浓度的换算关系式,以方便学生更熟练掌握滴定度的概念;为扩展学生的知识面,增加了阅读材料部分等。新增章节为选讲内容。

参加本次修订工作的有:廖力夫(南华大学)、刘晓庚(南京财经大学)、邱凤仙(江苏大学)、肖锡林(南华大学)、王冬梅(山东科技大学)、陈立新(湖南工程学院)、欧玉静(兰州理工大学)、景伟文(新疆农业大学)、罗杨合(贺州学院)、李晶(辽宁科技大学)、曹崇江(南京财经大学)、刘文娟(南华大学)、刘新玲(湖南工程学院)、刘红(石河子大学)、郑先君(郑州轻工业学院)、范伟强(江苏大学)、杨文建(南京财经大学)、王平(南华大学)。全书由廖力夫统稿、修改和定稿,由华中科技大学博士生导师陆晓华教授主审。

期盼关心本书的读者对书中的不足之处提出批评、建议,不胜感激。

编 者

2015年5月

第一版前言

分析化学是高等院校化工、轻工、石油、环境、制药等工科类专业学生的一门极其重要的专业基础课。为了贯彻教育部全面提高教育质量、培养与造就高素质的人才及加强教材建设的精神,我们根据 2006 年全国普通高等院校工科化学规划精品教材建设研讨会的要求,编写了这本具有思想性、科学性、先进性、启发性和适用性的分析化学教材。

本书的编写成员来自国内多所高校,且均是长期从事分析化学教学和科研的教师,具有较高的学术水平和丰富的教学实践经验。

本书对工科相关专业学生必须掌握的分析化学的基础理论、基本知识和基本技能进行了精选和整合。全书分为 11 章,主要包括定量分析的误差与数据处理、各类滴定分析法(酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法)、重量分析法、电位分析法、分光光度法、分离与富集方法、复杂体系的定量分析等。全书注重对学生分析问题、综合解决问题和创新思维能力的培养与提高,在编写过程中力求做到重点突出,基本原理叙述清楚,概念准确,语言简练。另外,书中有例题、小结和习题,便于教学。

参加本书编写的有南华大学廖力夫(第 1、7 章)、郑州轻工业学院谢冰(第 2 章)、山东科技大学王冬梅(第 3 章)、郑州轻工业学院郑先君(第 4 章)、湖南工程学院刘新玲(第 5 章)、石河子大学刘红(第 6 章)、辽宁科技大学李晶(第 8 章)、山东科技大学李春露(第 9 章)、湖南工程学院陈立新(第 10 章)、江苏大学邱凤仙和曹永林(第 11 章)。全书由廖力夫统稿、修改和定稿,由华中科技大学博士生导师陆晓华教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 分析化学的任务和作用	(1)
1.2 分析方法的分类	(1)
1.3 分析化学的进展	(4)
阅读材料:分析化学与诺贝尔化学奖	(6)
第 2 章 定量分析的误差与数据处理	(8)
2.1 定量分析中的误差	(8)
2.1.1 误差的分类及表示方法	(8)
2.1.2 随机误差的正态分布	(12)
2.1.3 误差的传递	(13)
2.1.4 提高分析准确度的方法	(15)
2.2 分析结果的数据处理	(16)
2.2.1 可疑数据的取舍	(16)
2.2.2 有限次测定随机误差的 t 分布	(17)
2.2.3 平均值的精密度和置信区间	(18)
2.2.4 显著性检验	(19)
2.3 有效数字及其运算规则	(22)
2.3.1 有效数字	(22)
2.3.2 修约规则	(23)
2.3.3 运算规则	(23)
2.4 回归分析法	(24)
2.4.1 一元线性回归方程	(25)
2.4.2 回归方程的检验	(27)
本章小结	(28)
阅读材料:化学信息学	(29)
习题	(30)
第 3 章 滴定分析	(32)
3.1 滴定分析法概述	(32)
3.1.1 滴定分析法的基本概念和术语	(32)
3.1.2 滴定分析的操作程序	(32)
3.1.3 滴定分析法的分类和滴定反应条件	(33)
3.1.4 滴定方式	(34)
3.2 物质组成的标度方法	(35)
3.2.1 不同试样组成的表示方法	(35)
3.2.2 溶液组成的表示方法	(36)
3.3 基准物质和标准溶液	(38)

3.3.1 基准物质	(38)
3.3.2 标准溶液的配制	(39)
3.3.3 标准溶液浓度的计算示例	(42)
3.4 滴定分析的计算	(42)
3.4.1 滴定分析计算的依据	(42)
3.4.2 滴定分析计算示例	(43)
本章小结	(44)
阅读材料:滴定分析法的发展史	(44)
习题	(45)
第4章 酸碱滴定法	(47)
4.1 酸碱质子理论	(47)
4.1.1 酸碱质子理论的基本概念	(47)
4.1.2 水溶液中的酸碱平衡	(48)
4.2 酸碱溶液有关浓度的计算	(49)
4.2.1 溶液中酸碱组分的分布	(50)
4.2.2 酸碱溶液 pH 值的计算	(53)
4.3 缓冲溶液	(61)
4.3.1 缓冲溶液的组成和作用机制	(61)
4.3.2 缓冲溶液 pH 值的计算	(61)
4.3.3 缓冲容量	(62)
4.3.4 缓冲溶液的配制	(64)
4.4 酸碱指示剂	(65)
4.4.1 酸碱指示剂的变色原理	(65)
4.4.2 酸碱指示剂的变色范围	(66)
4.4.3 影响指示剂变色范围的因素	(67)
4.4.4 混合酸碱指示剂	(67)
4.5 酸碱滴定法的基本原理	(68)
4.5.1 强碱滴定强酸	(68)
4.5.2 强碱滴定一元弱酸	(72)
4.5.3 多元酸、碱和混合酸的滴定	(75)
4.6 滴定终点误差	(77)
4.6.1 强酸的滴定终点误差	(77)
4.6.2 弱酸的滴定终点误差	(78)
4.7 酸碱滴定法的应用	(79)
4.7.1 酸碱标准溶液的配制与标定	(79)
4.7.2 直接滴定法的应用与示例	(80)
4.7.3 间接滴定法的应用与示例	(83)
4.8 非水溶液中的酸碱滴定	(83)
4.8.1 非水酸碱滴定中的溶剂	(84)
4.8.2 非水酸碱滴定条件的选择	(87)

4.8.3 非水酸碱滴定的应用	(88)
本章小结	(88)
阅读材料:卡尔·费休与卡尔·费休滴定法	(89)
习题	(89)
第5章 配位滴定法	(93)
5.1 配合物与配位反应概述	(93)
5.1.1 分析化学中常用的配合物	(93)
5.1.2 配合物的配位平衡	(94)
5.2 EDTA与金属离子的配位平衡及影响因素	(97)
5.2.1 EDTA的性质	(97)
5.2.2 EDTA与金属离子的配合物	(98)
5.2.3 副反应系数	(99)
5.2.4 条件稳定常数	(102)
5.3 金属指示剂	(103)
5.3.1 金属指示剂的作用原理	(103)
5.3.2 金属指示剂应具备的条件	(104)
5.3.3 使用金属指示剂应注意的问题	(105)
5.3.4 常用金属指示剂	(105)
5.4 配位滴定法的基本原理	(107)
5.4.1 配位滴定曲线	(107)
5.4.2 配位滴定终点误差	(109)
5.4.3 配位滴定中酸度的控制	(111)
5.5 提高配位滴定选择性的方法	(112)
5.5.1 在不同酸度下的分步滴定	(112)
5.5.2 掩蔽法	(114)
5.5.3 用其他配位剂滴定	(116)
5.5.4 化学分离法	(117)
5.6 配位滴定的方式和应用	(118)
5.6.1 直接滴定法	(118)
5.6.2 返滴定法	(118)
5.6.3 置换滴定法	(118)
5.6.4 间接滴定法	(119)
本章小结	(120)
阅读材料:手性药物分析	(120)
习题	(121)
第6章 氧化还原滴定法	(123)
6.1 氧化还原反应	(123)
6.1.1 电极电位和条件电位	(123)
6.1.2 影响电极电位的因素	(125)
6.1.3 氧化还原平衡	(128)
6.1.4 在化学计量点时反应进行的程度	(129)

6.1.5 氧化还原反应速率及影响因素	(130)
6.2 氧化还原滴定法的基本原理	(132)
6.2.1 氧化还原滴定指示剂	(132)
6.2.2 氧化还原滴定曲线	(134)
6.3 氧化还原滴定的预处理	(137)
6.3.1 预氧化	(137)
6.3.2 预还原	(138)
6.4 常用氧化还原滴定法及应用	(139)
6.4.1 高锰酸钾法	(139)
6.4.2 重铬酸钾法	(143)
6.4.3 碘量法	(145)
6.4.4 其他氧化还原滴定法	(150)
本章小结	(152)
阅读材料:抗氧化及其测定技术	(153)
习题	(153)
第7章 重量分析法与沉淀滴定法	(156)
7.1 溶解-沉淀平衡及影响因素	(156)
7.1.1 沉淀的溶解度和溶度积	(156)
7.1.2 影响沉淀溶解度的因素	(157)
7.2 沉淀的形成和沉淀条件的选择	(161)
7.2.1 沉淀的类型和形成过程	(161)
7.2.2 影响沉淀纯度的主要因素	(162)
7.2.3 沉淀条件的选择	(164)
7.3 重量分析法及应用	(166)
7.3.1 重量分析法的类型和特点	(166)
7.3.2 重量分析法对沉淀的要求	(167)
7.3.3 重量分析法的计算	(167)
7.3.4 重量分析法的应用	(168)
7.4 沉淀滴定法及应用	(169)
7.4.1 沉淀滴定法概述	(169)
7.4.2 银量法的原理及应用	(169)
本章小结	(174)
阅读材料:纳米材料的制备与沉淀法	(174)
习题	(175)
第8章 电位分析法	(178)
8.1 参比电极与指示电极	(178)
8.1.1 参比电极	(178)
8.1.2 指示电极	(181)
8.1.3 电极电位的测量	(192)
8.2 直接电位法及应用	(193)
8.2.1 pH值的电位测定	(193)

8.2.2 其他离子活(浓)度的测定	(195)
8.3 电位滴定法及应用	(198)
8.3.1 电位滴定的装置和方法	(198)
8.3.2 电位滴定终点的确定方法	(198)
8.3.3 电位滴定法的应用	(200)
本章小结	(202)
阅读材料:电化学工作站	(203)
习题	(204)
第9章 分光光度法	(206)
9.1 分光光度法的基本原理	(206)
9.1.1 物质对光的选择性吸收	(206)
9.1.2 朗伯-比尔定律	(207)
9.1.3 偏离朗伯-比尔定律的原因	(208)
9.2 分光光度计	(209)
9.2.1 分光光度计的基本结构	(209)
9.2.2 分光光度计的光学性能与类型	(211)
9.2.3 使用分光光度计的一些注意事项	(211)
9.3 分光光度法实验条件的选择	(211)
9.3.1 显色反应的选择	(211)
9.3.2 显色条件的选择	(212)
9.3.3 测定波长的选择	(213)
9.3.4 参比溶液的选择	(214)
9.3.5 吸光度范围的选择	(214)
9.4 分光光度法的应用	(215)
9.4.1 标准曲线法对单组分含量的测定	(215)
9.4.2 酸碱离解常数的测定	(215)
9.4.3 配合物组成和稳定常数的测定	(216)
9.4.4 示差分光光度法	(216)
9.4.5 多组分的同时测定	(218)
9.4.6 光度滴定法	(218)
本章小结	(219)
阅读材料:光污染	(220)
习题	(220)
第10章 原子吸收光谱分析法	(222)
10.1 原子吸收光谱分析法概述	(222)
10.2 原子吸收光谱分析的基本原理	(223)
10.2.1 共振线与吸收线	(223)
10.2.2 基态原子数与激发态原子数的分布	(223)
10.2.3 谱线轮廓及变宽	(224)
10.2.4 原子吸收与原子浓度的关系	(225)
10.3 原子吸收分光光度计	(227)

10.3.1	光源	(227)
10.3.2	原子化系统	(228)
10.3.3	光学系统	(232)
10.3.4	检测系统	(233)
10.3.5	原子吸收分光光度计的类型	(233)
10.3.6	原子吸收分光光度计与紫外-可见分光光度计构造原理的比较	(234)
10.4	干扰的类型及其抑制方法	(235)
10.4.1	物理干扰	(235)
10.4.2	化学干扰	(235)
10.4.3	电离干扰	(236)
10.4.4	光谱干扰	(236)
10.5	测定条件的选择	(237)
10.5.1	分析线选择	(237)
10.5.2	狭缝宽度选择	(237)
10.5.3	灯电流选择	(237)
10.5.4	火焰原子化条件选择	(237)
10.5.5	石墨炉原子化条件选择	(238)
10.6	定量分析方法	(238)
10.6.1	标准曲线法	(238)
10.6.2	标准加入法	(238)
10.7	原子吸收光谱分析法的灵敏度及检出限	(239)
10.7.1	灵敏度	(239)
10.7.2	检出限	(240)
10.8	原子吸收光谱分析法的应用	(240)
10.8.1	直接原子吸收法	(241)
10.8.2	间接原子吸收法	(241)
	本章小结	(242)
	习题	(242)
第11章	气相色谱分析法	(244)
11.1	气相色谱分析法概述	(244)
11.1.1	色谱法概述	(244)
11.1.2	色谱法分类	(244)
11.1.3	气相色谱法的特点	(245)
11.2	气相色谱分析理论基础	(245)
11.2.1	气相色谱分析的基本原理	(245)
11.2.2	色谱分离的基本理论	(247)
11.2.3	分离度 R	(251)
11.2.4	色谱分离基本方程式	(252)
11.3	气相色谱仪	(253)
11.3.1	气相色谱流程	(253)
11.3.2	气相色谱仪的结构	(254)

11.3.3 气相色谱固定相	(255)
11.3.4 气相色谱检测器	(257)
11.4 色谱分离操作条件的选择	(262)
11.5 气相色谱分析方法	(263)
11.5.1 气相色谱定性鉴定方法	(263)
11.5.2 气相色谱定量分析方法	(264)
本章小结	(266)
阅读材料:高效液相色谱法简介	(268)
习题	(268)
第12章 分析化学中的分离与富集方法	(270)
12.1 概述	(270)
12.2 沉淀分离法	(271)
12.2.1 常量组分的沉淀分离	(271)
12.2.2 微量组分的共沉淀分离	(273)
12.3 萃取分离法	(273)
12.3.1 萃取分离的基本原理	(273)
12.3.2 萃取体系的分类和萃取条件的选择	(275)
12.4 层析法	(280)
12.4.1 纸层析法	(280)
12.4.2 薄层色谱法	(281)
12.5 离子交换分离法	(283)
12.5.1 离子交换树脂	(283)
12.5.2 离子交换分离操作	(286)
12.5.3 离子交换分离法应用示例	(287)
12.6 挥发和蒸馏分离法	(288)
12.6.1 挥发分离	(289)
12.6.2 蒸馏分离	(289)
12.7 分离新技术	(289)
12.7.1 固相微萃取法	(289)
12.7.2 液膜分离法	(291)
12.7.3 超临界流体萃取分离法	(292)
12.7.4 其他分离新技术	(294)
本章小结	(294)
阅读材料:生物分离技术	(295)
习题	(296)
第13章 定量分析步骤和复杂体系的定量分析	(297)
13.1 定量分析的一般步骤	(297)
13.1.1 试样的采取与制备	(297)
13.1.2 试样的分解	(301)
13.1.3 测定方法的选择	(306)
13.1.4 分析结果的质量评价	(306)

13.2 硅酸盐分析	(307)
13.2.1 概述	(307)
13.2.2 硅酸盐经典分析系统	(309)
13.2.3 硅酸盐矿物和岩石中主要成分的测定方法	(310)
13.2.4 硅酸盐矿物和岩石全成分分析结果的表示方法和计算	(311)
13.3 合金分析	(312)
13.3.1 钢铁中合金元素分析	(312)
13.3.2 铝及铝合金分析	(319)
13.4 水样分析	(320)
13.4.1 概述	(320)
13.4.2 水质指标和标准	(320)
13.4.3 水样的采集和预处理	(320)
13.4.4 水样的物理性质检验	(321)
13.4.5 水样中常见金属元素的测定	(322)
13.4.6 水样中常见非金属元素的测定	(324)
13.4.7 化学需氧量的测定	(325)
13.5 食品安全分析	(325)
13.5.1 概述	(325)
13.5.2 食品中重金属的测定	(326)
13.5.3 药物残留和农药残留的测定	(327)
13.5.4 毒素的测定	(329)
13.5.5 防伪/掺假分析	(331)
13.5.6 食品安全的标志	(332)
本章小结	(332)
阅读材料:生物分析技术	(333)
习题	(334)
附录	(335)
附录 A 弱酸在水中的离解常数(25℃)	(335)
附录 B 弱碱在水中的离解常数(25℃)	(337)
附录 C 金属配合物的稳定常数(25℃)	(337)
附录 D 金属离子的 $\lg\alpha_{M(OH)}$ 值	(339)
附录 E EDTA 配合物的条件稳定常数	(340)
附录 F 标准电极电位(25℃)	(340)
附录 G 条件电位	(342)
附录 H 一些难溶化合物的溶度积(25℃)	(343)
附录 I 相对原子质量	(344)
附录 J 相对分子质量	(345)
参考文献	(347)
索引	(348)

第 1 章 绪 论

1.1 分析化学的任务和作用

分析化学(analytical chemistry)是研究获取物质化学组成和结构信息的方法及有关理论的一门科学,是化学的一个分支学科。分析化学的主要任务是确定物质的化学组成、测量各组成的含量和表征物质的化学结构,它们分别属于分析化学的定性分析、定量分析和结构分析。

分析化学要完成其承担的任务,就需要吸取化学、物理学、数学、信息学、电子学、生命科学等各方面的成果,研究物质的各种物理和化学性质,创建并运用各种方法、仪器、技术及有关理论,以最大限度地获取物质的化学组成和结构信息。因此,分析化学是一门多学科交叉的化学信息学科。

在工业生产中,资源和能源的勘探、生产原料的成分分析、工艺条件的选择、生产过程的质量监控、生产技术的改革与创新、中间体和产品的质量检验,以及环境污染的防治等都离不开分析化学。在农业生产中,水土成分的调查、肥料和农药的质量控制、新型农业生产技术的开发、农产品的质量检验、农产品深加工过程的质量监控等同样离不开分析化学。

在国家安全中,国防核武器燃料的质量保障、新型武器材料和航天材料的研制、核污染和生化污染的预警与防范、出入境检验等都离不开分析化学。

在医药卫生中,病因的调查、疾病的临床检验诊断和疗效跟踪、新药的开发研究、药物作用机制研究、药物的质量检验、药物生产工艺条件选择和生产过程的质量监控、疾病预防中的食品检验和环境检测等都需要分析化学。

分析化学的理论与技术已经应用于物理学、电子学、生物学、医药学、天文学、材料学、地质学、海洋学等领域。尤其是在能源与资源科学、信息科学、生命科学与环境科学等学科的发展中,分析化学更是发挥着不可替代的作用。

在高等教育中,分析化学是化学、化工、制药、轻工、材料、生物工程、资源与环境等许多专业的基础课程。通过分析化学课程的学习,学生不仅可以掌握各种分析方法的理论和技术,而且可以培养观察与判断的能力、掌握科学实验的技能和科学的研究方法、形成实事求是的科学态度,从而培养科学技术工作者应具备的基本素质。

在学习分析化学课程时,要注意理论联系实际,深入理解所学的知识,培养分析问题和解决问题的能力,为后续课程的学习及以后从事科学研究和生产等实际工作打下良好的基础。

1.2 分析方法的分类

分析化学中有多种分析方法,这些分析方法可以按照分析任务、分析对象、分析原理等

进行分类。

1. 根据分析任务划分

根据分析任务的不同,可将分析方法分为定性分析(qualitative analysis)、定量分析(quantitative analysis)和结构分析(structural analysis)三类。

定性分析的任务是确定物质的化学组成,即确定样品中是否含有某种或某几种化学成分,化学成分可以是元素、离子、原子团、化合物等。定量分析的任务是确定物质中有关化学成分的含量。结构分析的任务是确定物质中原子间的结合方式,包括化学结构、晶体结构、空间分布等。例如,要鉴定某矿石中是否含有铀元素,这属于定性分析的范畴;要确定矿石中含有多少铀,则属于定量分析的范畴;要了解矿石中铀的晶形,则属于结构分析的范畴。

定性分析、定量分析和结构分析既有不同的分工,又相互关联。一般来说,对于一个成分已知的样品,可以直接进行定量分析;对于一个成分未知的样品,要先进行定性分析,再进行定量分析;对于一个新发现的未知化合物,则要先进行结构分析,然后才能进行定性分析和定量分析。例如,对于一个天然有机化合物,在经过结构分析得知其分子结构后,就可根据其分子结构信息,鉴定该物质在某样品中是否存在,以及确定其具体含量。

本书主要介绍定量分析的有关理论和技术。

2. 根据分析对象划分

根据分析对象的不同,可将分析方法分为无机分析(inorganic analysis)和有机分析(organic analysis)两类。

无机分析的对象是无机物。无机分析包括无机定性分析、无机定量分析和无机结构分析。无机定性分析主要是鉴定样品中的无机成分,无机定量分析主要是对样品中的无机成分进行定量测定,无机结构分析则主要是测定无机物的晶形结构。

有机分析的对象是有机物。有机分析包括有机定性分析、有机定量分析和有机结构分析。虽然组成有机物的元素不多,但有机化合物非常多且往往分子结构复杂,因此有机结构分析在有机分析中占有非常重要的地位。有机物一般只有在弄清结构后,才能有效地进行定性分析和定量分析。

本书主要介绍无机分析的有关理论和技术。

3. 根据分析原理划分

根据分析原理的不同,可将分析方法分为化学分析(chemical analysis)和仪器分析(instrumental analysis)两类。

化学分析是以物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析的历史悠久,是分析化学的基础,故又称为经典分析方法。

化学分析又分为化学定性分析和化学定量分析两类。化学定性分析是根据化学反应的现象和特征来鉴定物质化学组成的定性分析方法。化学定量分析则是根据化学反应中各物质之间的计量关系来测定各组分相对含量的定量分析方法。化学定量分析又有多种方法,其中最常用的有滴定分析法和重量分析法。滴定分析法是通过滴定的方式将已知准确浓度的试剂定量地加到被测试液中,使其与被测组分按化学计量关系刚好反应完全,从而计算出被测组分含量的方法。重量分析法是使被测组分经过化学反应生成固定组成的产物,再通过称量产物的质量来计算被测组分含量的方法。

化学分析所用的仪器设备简单,操作简便,分析结果准确,因而得到广泛应用。但化学

分析也存在着对低含量物质的分析不够灵敏、分析速度较慢等局限性。

仪器分析是以特殊的仪器测定物质的物理或物理化学性质的分析方法。这些性质有光学性质(如吸光度、发射光谱强度、旋光度、折光率等)、电学性质(如电流、电势、电导、电容等)、热学性质、磁学性质等。由于仪器分析要用到物质的物理或物理化学性质,故仪器分析法又称为物理分析法或物理化学分析法。

仪器分析法又可分为电化学分析法、光谱分析法、质谱分析法、色谱分析法、热分析法、放射化学分析法、流动注射分析法等,它们测量的物理或物理化学性质各不相同,其中每种方法又可进一步细分。例如,光谱分析法可分为吸收光谱法、发射光谱法、散射光谱法等,而吸收光谱法又可分为紫外-可见光谱法、红外光谱法、原子吸收光谱法等。表 1-1 列出了常用仪器分析法的分类。

表 1-1 常用仪器分析法的分类

电化学分析法	电位分析法	直接电位法、电位滴定法
	伏安分析法	极谱分析法、溶出分析法、电流滴定法
	电导分析法	直接电导法、电导滴定法
	电解分析法	库仑分析法、电重量分析法、库仑滴定法(恒电流库仑法)
	电化学传感器	化学修饰电极、生物传感器、压电传感器
光谱分析法	吸收光谱法	紫外-可见光谱法、红外光谱法、原子吸收光谱法
	发射光谱法	原子发射光谱法、分子荧光法、化学发光法
	散射光谱法	拉曼光谱法、共振光散射法
	波谱分析法	顺磁共振谱法、核磁共振谱法
	放射分析法	活化分析法、质子荧光法
色谱分析法	气相色谱法	填充柱气相色谱法、毛细管柱气相色谱法
	液相色谱法	柱色谱法、薄层色谱法、纸色谱法
	毛细管电泳法	毛细管电泳法
质谱分析法	质谱分析法	无机质谱法、有机质谱法
热分析法	热分析法	热重法、差热法、测温滴定法

仪器分析法既可用于定性分析和定量分析,又可用于结构分析。不过不同的仪器分析方法侧重的方面不同。例如,紫外-可见光谱法主要用于定量分析,而红外光谱法则主要用于结构分析。

仪器分析法具有灵敏、快速、准确的优点,因此特别适用于含量低的组分的分析和要求快速得到结果的分析。当组分的含量非常低时,一般只能用仪器分析法而不能用化学分析法进行测定。在一些生产过程的控制分析中,要求在非常短的时间内即得到分析结果,此时也可以用仪器分析法而不用化学分析法。仪器分析法发展很快,应用非常广。但仪器分析法也存在着仪器价格高、分析成本高等局限性。

本书主要介绍化学分析中的滴定分析法和重量分析法,并适当介绍仪器分析法中的电位分析法、分光光度法和气相色谱法。

4. 根据试样用量划分

根据试样用量的多少,可将分析方法分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析。这些分析方法所需的试样用量见表 1-2。

表 1-2 分析方法按试样用量分类

方 法	试样质量/mg	试样体积/mL
常量分析	>100	>10
半微量分析	$10\sim100$	$1\sim10$
微量分析	$0.1\sim10$	$0.01\sim1$
超微量分析	<0.1	<0.01

在化学分析中一般采用常量分析或半微量分析,其中化学定量分析常采用常量分析,化学定性分析则常采用半微量分析。微量分析和超微量分析一般需采用仪器分析法。

也可将分析方法根据试样中被测组分的含量分为常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析等。常量组分是指该组分在试样中的含量大于 1%,微量组分是指该组分在试样中的含量为 0.01%~1%,痕量组分是指该组分在试样中的含量小于 0.01%。这种按试样中被测组分含量分类的方法与按试样用量分类的方法是不同的。在分析时具体采用哪种取样量的分析方法,一般还应该考虑试样中被测组分的含量,但并没有一一对应的关系。例如,常量组分分析既可用常量分析法进行,也可用微量分析法进行。微量分析法既可用于常量组分分析,也可用于痕量组分分析。

5. 根据分析结果的用途划分

根据分析结果的用途,可将分析方法分为常规分析与仲裁分析。常规分析是指一般实验室在日常工作中的分析,又称为例行分析。例如,某工厂化验室进行的日常分析就属于常规分析。仲裁分析是指某仲裁单位用法定的方法对某产品进行的准确分析。当不同单位对某产品的分析结果有争议时,就需经过仲裁分析裁定原分析结果是否正确。

1.3 分析化学的进展

1. 分析化学的发展简史

分析化学是最早发展起来的化学分支学科,对人类的进步和科学技术的发展作出了巨大的贡献。早在古代的炼金术中就已经包含了分析化学的一些技术。在早期化学的一个很长历史阶段中,化学的前沿一直是对新元素和新化合物的发现、合成、鉴定及研究,因此分析化学在早期化学的发展中一直处于前沿和主要的地位。但直到 19 世纪末,分析化学还只是处于没有系统理论指导的技术阶段。

进入 20 世纪以来,生产和科学技术及其理论的发展促进了分析化学的不断发展,其间分析化学曾经历了三次大的变革。

第一次变革起源于 20 世纪初。此时随着物理化学中溶液化学理论的发展,建立了溶液的四大平衡(溶解-沉淀平衡、酸碱平衡、氧化还原平衡、配位平衡)理论,从而为以溶液化学反应为基础的经典分析化学(化学分析法)奠定了理论基础,使分析化学从单纯的技术发展