

普通高等教育“十二五”规划教材



分析化学

刘金龙 主编

ANALYTICAL
CHEMISTRY



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

分析化学

刘金龙 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教育部高等学校农林基础教学指导委员会修订的“普通高等农林院校非化学专业教学基本要求和化学教学基本内容”的指导精神,结合山西省高等教育教学改革项目“高等农林院校化学课程体系、教学内容改革与实践”的研究成果而编写的。本书列入化工教育协会的普通高等教育“十二五”规划教材。

全书共分十五章,第一章为绪论,介绍了分析化学的任务和作用、分类、发展趋势;第二章至十五章介绍了定量分析误差和分析数据的处理、滴定分析法概论、酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、分析化学中的常用分离方法、电势分析法、吸光光度分析法、原子吸收分光光度法、气相色谱分析法和高效液相色谱法、现代仪器分析简介以及样品分析的一般过程等内容。

本书从目前各非化学专业人才培养方案的基础化学教学实际出发,立足于分析化学的基础知识点,优化经典内容,加强基础,适当扩充知识面、增加适量新内容,注重基本原理、基本知识和基本技能,注重联系当前农业、资源、环境、材料、生物技术、生命科学等实际问题。内容充实、体系完整、重点突出,概念清晰准确。为了便于教学和自学,各章均附有本章小结和足量的与内容密切相关的思考题和习题。

本书适用于与化学关系密切的,如生命科学类、动植物检验类、资源与环境保护类、食品安全、制药工程等专业所开设的较高层次基础化学课程使用,也可作为相关科技人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/刘金龙主编. —北京:化学工业出版社, 2012.6
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-13877-4

I. 分… II. 刘… III. 分析化学-高等学校-教材 IV. O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 057361 号

责任编辑:刘俊之
责任校对:边 寿

文字编辑:杨欣欣
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 445 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010 64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 33.00 元

版权所有 违者必究

编写委员会

主 编 刘金龙

副 主 编 段云青 武 鑫 荆小院 张天宝

编写人员 (按姓氏汉语拼音排序)

程原生 段云青 范丽华 冀 华 荆小院

刘红霞 刘金龙 温 琳 武 鑫 薛霖莉

张 丽 张天宝

主 审 张金桐

前 言

分析化学是高等农林院校各相关专业的一门十分重要的化学基础课程。为适应高等学校本科教学质量与教学改革工程的需要,全面提高教学质量,根据教育部高等学校农林基础教学指导委员会修订的“普通高等农林院校非化学专业教学基本要求和化学教学基本内容”的指导精神,结合山西省高等教育教学改革项目“高等农林院校化学课程体系、教学内容改革与实践”的研究成果,围绕人才培养模式转变,汲取了近年来国内外分析化学教材的许多优点,并融合多年来的教学体会,我们组织编写了这本教材,并列入化工教育协会的普通高等教育“十二五”规划教材。

目前高等农林院校在教育体制改革的推动下,优化专业结构,打破了学科专业设置单一的固有模式,出现了多元化、多层次的局面。因此,为适应各专业培养目标的需求,我们调整了基础化学的教学计划和教学大纲,针对不同专业特点,设置不同层次的教学内容,本书就是这方面探索的结果之一。从目前各非化学专业人才培养方案的基础化学教学实际出发,立足于分析化学的基础知识点,优化经典内容,加强基础,适当扩充知识面、增加适量新内容,尽力使本教材具有较高的科学性、先进性、系统性、实用性,力求做到适合新世纪对本科生人才化学素质、知识结构和创新能力的要求。因此,在编写内容上注重基本原理、基本知识和基本技能,注重联系当前农业、资源、环境、材料、生物技术、生命科学等实际问题,强化应用,有利于培养学生的分析问题、解决问题能力和严谨的科学态度,注重分析化学知识的覆盖面以及与后续课程的衔接,有利于学生从整体上把握分析科学的全貌和后续课程的学习。

本书特别适用于与化学关系密切的,如生命科学类、动植物检验类、资源与环境保护类、食品安全、制药工程等专业所开设的较高层次化学课程使用,也可作为其他高等院校非化学专业本科生的参考书。

本书在编写过程中,查阅了大量的相关资料,汲取了近年来国内外出版的同类教材的优点,在内容的选择和编排上具有以下特点:

1. 教材内容和结构安排合理,充分考虑到农、林、水产各高校的现状与实际。既有本门课程自身的独立性、系统性和科学性,又照顾到与各有关化学课程及其他专业课程的联系与衔接。

2. 立足于本课程的基本要求,根据农林院校学生的特点,结合分析化学学科的发展,增加新的科技信息和扩大学生的知识面。本书在涵盖化学分析与仪器分析基本内容的基础上,加强了仪器分析的内容。将原子吸收分光光度法、气相色谱分析法和高效液相色谱法均各设一章,在内容上进行了补充和修改。

3. 为配合设计性实验和综合性实验的需要,在酸碱滴定法中增加了酸碱溶液中各种型体的分布、极稀强酸强碱水溶液以及两性物质和混合酸碱物质的处理等内容。根据农业生产和生物学科研究的实际需要,将“分析化学中的常用分离方法”和“样品分析的一般过程”各专设一章,重点介绍农业和生物样品的采集、分离及提纯。

4. 对于一些使用频率极高的物理量或参数的符号,例如,有关平衡浓度和平衡常数的表示方法,我们参照国内理、工、医以及师范类等大学的权威教材,仍沿用人们习惯的方法,例如,平衡浓度使用方括号 $[\]$ 表示,平衡常数使用简洁明了的经验平衡常数 K 等。

极大地方便了师生在教学中的应用。

5. 各章后均设置“本章小结”和足量的与教材内容密切相关的思考题与习题，使学生学习时目标明确，便于学生预习和复习。书末附录部分摘选了化学手册中一些常用的内容，便于学生使用，使得教材除了满足正常教学所用外，扩大了其使用价值。

6. 全书计量单位均采用 SI 单位制。

本书由山西农业大学刘金龙担任主编。参加本书编写的有山西农业大学刘金龙（第一章）、温琳（第二章）、段云青（第三章、第四章）、武鑫（第五章、第六章）、山西农业大学信息学院薛霖莉（第七章）、山西农业大学张天宝（第八章、第九章）、刘红霞（第十章）、程原生（第十一章）、荆小院（第十二章）、范丽华（第十三章）、张丽（第十四章）、冀华（第十五章）。全书由主编修改统稿完成，由段云青、温琳、张天宝、荆小院校对。山西农业大学张金桐教授主审并提出了许多宝贵意见。在本书的编写和出版过程中得到了山西农业大学各级领导、山西农业大学教务处以及化学工业出版社的大力支持，在此特致谢意。

本书旨在为高等农林院校提供一本适用于教与学的分析化学教材，但限于编者水平，书中一定还会有不当之处，我们恳切希望使用本书的同行专家和读者提出批评和指正。

编 者
2012 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务和作用	1
第二节 分析方法的分类	2
一、定性分析、定量分析和结构分析	2
二、无机分析和有机分析	2
三、常量、半微量、微量、超微量分析	2
四、化学分析和仪器分析	2
五、例行分析、仲裁分析和快速分析	3
第三节 分析化学的发展趋势	4
一、分析理论与其他学科相互渗透	4
二、分析技术的发展趋势	4
本章小结	5
思考题与习题	5
第二章 定量分析误差和分析数据的处理	6
第一节 定量分析误差的种类和来源	6
一、系统误差	6
二、随机误差	7
第二节 准确度与精密度	7
一、准确度与误差	7
二、精密度与偏差	8
三、准确度与精密度的关系	10
第三节 随机误差的正态分布	10
一、频率分布	10
二、正态分布	11
三、随机误差的区间概率	12
第四节 有限测定数据的统计处理	13
一、置信度与 μ 的置信区间	13
二、可疑测定值的取舍	15
三、显著性检验	17
第五节 提高分析结果准确度的方法	19
一、选择适当的分析方法	19
二、减小测量的相对误差	20
三、检验和消除系统误差	20
四、减小随机误差	21
第六节 有效数字及其运算规则	21
一、有效数字的意义和位数	21
二、数字修约规则	22
三、有效数字的运算规则	22

本章小结	23
思考题与习题	23
第三章 滴定分析法概论	25
第一节 滴定分析法的分类及滴定方式	25
一、滴定分析法的分类	25
二、滴定分析法对化学反应的要求	26
三、滴定方式	26
第二节 滴定分析的标准溶液	27
一、标准溶液浓度的表示方法	27
二、化学试剂的规格与基准物质	28
三、标准溶液的配制	30
第三节 滴定分析的有关计算	31
一、滴定分析计算的理论依据	31
二、滴定分析计算示例	31
本章小结	36
思考题与习题	36
第四章 酸碱滴定法	38
第一节 酸碱反应及其平衡常数	38
一、酸碱反应及其实质	38
二、酸碱反应的平衡常数以及共轭酸碱对 K_a 与 K_b 的关系	39
第二节 酸碱溶液中各型体的分布系数与分布曲线	41
一、一元弱酸(碱)溶液中各型体的分布系数与分布曲线	41
二、多元酸(碱)溶液中各型体的分布系数与分布曲线	42
第三节 酸碱溶液 pH 的计算	44
一、质子等衡式(质子条件式)	44
二、酸碱溶液 pH 的计算	46
第四节 酸碱指示剂	54
一、酸碱指示剂的作用原理	54
二、影响酸碱指示剂变色范围的因素	56
三、混合酸碱指示剂	57
第五节 酸碱滴定原理及指示剂选择	58
一、强碱与强酸的滴定	58
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	61
三、多元酸(碱)的滴定	64
四、酸碱滴定中 CO_2 的影响	68
第六节 酸碱滴定法的应用	70
一、酸(碱)标准溶液的配制及标定	70
二、酸碱滴定法应用实例	70
本章小结	73
思考题与习题	73
第五章 配位滴定法	75
第一节 概述	75
第二节 EDTA 及其配合物	76
一、乙二胺四乙酸(EDTA)的结构与性质	76
二、EDTA 在水溶液中各存在型体的分布系数	76

三、EDTA 与金属离子形成整合物的特点	77
第三节 EDTA 与金属离子的配位平衡	78
一、配合物的稳定常数	78
二、溶液中各级配合物浓度的计算	79
第四节 影响配位平衡的主要因素	79
一、酸效应及酸效应系数	80
二、配位效应及配位效应系数	80
三、配合物的条件稳定常数	81
第五节 配位滴定原理	82
一、配位滴定曲线	82
二、影响配位滴定突跃范围的主要因素	83
三、准确滴定金属离子的判据	84
四、配位滴定中适宜 pH 范围	84
第六节 金属指示剂	86
一、金属指示剂的作用原理	86
二、金属指示剂应具备的条件	86
三、金属指示剂的选择	86
四、金属指示剂的封闭、僵化和氧化变质现象	87
五、常用的金属指示剂	88
第七节 提高配位滴定选择性的方法	89
一、控制溶液酸度	89
二、利用掩蔽和解蔽作用	90
三、采用其他配位剂	90
四、分离干扰离子	91
第八节 配位滴定法的应用	91
一、EDTA 标准溶液的配制、标定	91
二、各种配位滴定方式	91
三、配位滴定法应用实例	92
本章小结	93
思考题与习题	94
第六章 氧化还原滴定法	95
第一节 氧化还原反应的特点	95
一、标准电极电势和条件电极电势	95
二、氧化还原反应进行的方向	96
三、氧化还原反应进行的程度	98
四、氧化还原反应速率	100
第二节 氧化还原滴定原理	101
一、氧化还原滴定曲线	101
二、化学计量点时溶液电势的计算	103
三、影响氧化还原滴定突跃范围的因素	104
第三节 氧化还原滴定的指示剂	104
一、自身指示剂	105
二、特殊指示剂	105
三、氧化还原指示剂	105
第四节 常见氧化还原滴定法及其应用	107

一、高锰酸钾法	107
二、重铬酸钾法	109
三、碘量法	110
本章小结	112
思考题与习题	113
第七章 沉淀滴定法	114
第一节 沉淀滴定法基本原理	114
第二节 银量法	116
一、莫尔法	116
二、佛尔哈德法	117
三、法扬司法	118
第三节 沉淀滴定法的应用	119
一、标准溶液的配制与标定	119
二、应用示例	120
本章小结	120
思考题与习题	120
第八章 分析化学中的常用分离方法	122
第一节 沉淀分离法	122
一、无机沉淀剂分离	122
二、有机沉淀剂分离	123
三、共沉淀分离	124
第二节 液-液萃取分离法	125
一、萃取分离法的基本原理	125
二、萃取体系的分类和萃取条件的选择	127
三、萃取分离技术	128
四、溶剂萃取在分析化学中的应用	129
第三节 离子交换分离法	129
一、离子交换剂的种类和性质	129
二、离子交换树脂的亲合力	132
三、离子交换分离操作技术	132
四、离子交换分离法的应用	134
第四节 常规色谱法	135
一、柱色谱法	135
二、纸色谱法	136
三、薄层色谱法	138
本章小结	139
思考题与习题	139
第九章 电势分析法	141
第一节 电势分析法基本原理	141
一、直接电势法	141
二、电势滴定法	142
三、电池电动势的测量	142
第二节 参比电极和指示电极	142
一、参比电极	142
二、指示电极	144

第三节 直接电势法及应用	149
一、溶液 pH 值的测定	149
二、离子活度(浓度)的测定	151
三、直接电势法的应用	152
第四节 电势滴定法	153
一、电势滴定法的原理	153
二、电势滴定终点的确定	153
三、电势滴定法的应用	155
本章小结	156
思考题与习题	156
第十章 吸光光度分析法	157
第一节 吸光光度法的基础知识	157
一、光的基本性质	157
二、光的互补作用与溶液的颜色	158
三、光的吸收曲线	158
第二节 光的吸收定律	158
一、朗伯-比耳定律	158
二、朗伯-比耳定律的推导	159
三、吸光度与透光度	159
四、吸光系数、摩尔吸光系数及桑德尔灵敏度	160
第三节 显色反应及影响因素	161
一、吸光光度法对显色反应的要求	161
二、影响显色反应的主要因素	161
三、显色剂	163
第四节 吸光光度分析法及仪器	164
一、吸光光度分析的类型	164
二、吸光光度分析的定量分析方法	165
三、分光光度计的构造	165
四、分光光度计的类型	167
第五节 吸光光度法测量误差及测量条件的选择	168
一、吸光光度法的测量误差	168
二、测量条件的选择	171
第六节 吸光光度法的应用	171
一、示差吸光光度法	171
二、多组分的分析	172
三、配合物组成的测定	173
本章小结	174
思考题与习题	174
第十一章 原子吸收分光光度法	176
第一节 基本原理	176
一、共振发射线与吸收线	176
二、基态原子与激发态原子的关系	176
三、原子吸收线的宽度	177
四、原子吸收的测量	177
五、灵敏度和检出限	178

第二节 原子吸收分光光度计	179
一、光源	179
二、原子化器	180
三、分光系统	182
四、检测系统	182
五、读数装置	182
六、原子吸收分光光度计的类型	182
第三节 仪器测量条件的选择	183
一、分析线的选择	183
二、灯电流的选择	183
三、原子化条件的选择	184
四、燃烧器高度的选择	184
五、进样量	184
六、单色器狭缝宽度与光谱通带的选择	184
第四节 定量分析方法	185
一、标准工作曲线法	185
二、标准加入法	185
第五节 干扰及消除方法	186
一、光谱干扰	186
二、化学干扰、物理干扰及电离干扰	186
第六节 原子吸收分光光度法的应用	187
一、测定生物样品中的化学元素	187
二、有机物分析	187
本章小结	188
思考题与习题	188
第十二章 气相色谱分析法	189
第一节 色谱法概述	189
一、色谱法原理介绍	189
二、色谱法的分类	189
第二节 气相色谱法的特点及基本原理	190
一、气相色谱法的特点	190
二、气相色谱法的基本原理	190
第三节 气相色谱的实验技术	192
一、色谱系统	192
二、实验技术要点	193
三、程序升温 and 衍生物制备	196
第四节 气相色谱法的应用	197
一、定性分析	197
二、定量分析	198
三、气相色谱分析误差产生的原因	200
第五节 气相色谱法的新进展	200
一、顶空气相色谱	200
二、气相色谱-质谱联用技术	201
三、气相色谱-红外光谱联用技术	203
本章小结	205

思考题与习题	205
第十三章 高效液相色谱法	206
第一节 高效液相色谱法的技术参数	206
一、速率理论	206
二、柱外效应	207
三、分离度	207
四、系统适应性实验	208
第二节 高效液相色谱法的色谱系统	208
一、高压泵	208
二、梯度洗脱装置	209
三、进样器	209
四、色谱柱	209
五、检测器	210
六、数据处理系统和结果处理	211
第三节 高效液相色谱法的分离方式	211
一、吸附色谱法	211
二、分配色谱法	212
三、离子色谱法	213
四、尺寸排阻色谱法	213
五、亲和色谱法	214
第四节 样品预处理与色谱柱的保护	214
一、样品预处理	214
二、色谱柱的保护	215
第五节 液相色谱分析技术的新进展	215
一、液相色谱-质谱联用技术概述	215
二、超临界流体色谱法概述	216
三、高效毛细管液相色谱法概述	217
本章小结	219
思考题与习题	219
第十四章 现代仪器分析简介	220
第一节 光分析法导论	220
一、电磁波的辐射能特性	220
二、光分析法的分类	221
第二节 原子发射光谱法	222
一、基本原理	223
二、原子发射光谱仪	224
三、应用	226
第三节 原子荧光光谱法	227
一、基本原理	227
二、原子荧光光谱仪	228
三、应用	228
第四节 分子荧光和磷光分析法	228
一、荧光和磷光的产生	228
二、荧光和磷光强度的影响因素	229
三、荧光/磷光分析仪器	229

四、荧光/磷光分析法应用	230
第五节 红外分光光度法	230
一、分子的红外吸收	230
二、红外光谱解析程序	232
第六节 核磁共振波谱法	233
一、基本原理	234
二、 ^1H NMR 谱的解析	234
三、 ^{13}C NMR 谱的特点与解析	235
第七节 流动注射分析	236
本章小结	236
思考题与习题	236
第十五章 样品分析的一般过程	237
第一节 试样采集和制备	237
一、试样的采集	237
二、试样的制备	239
第二节 试样的分解与处理	241
一、无机试样的分解处理	241
二、有机试样的分解处理	243
三、试样分解处理方法的选择	244
四、干扰组分的处理	245
第三节 测定方法的选择	245
一、测定的具体要求	245
二、被测组分的性质	245
三、被测组分的含量	245
四、共存组分的影响	246
五、实验室条件	246
第四节 分析结果的计算和数据评价	246
一、分析结果的计算及表示方法	246
二、分析结果的报告与评价	247
本章小结	247
思考题与习题	247
附录	248
附录一 相对原子质量表 (2001 年国际原子量)	248
附录二 化合物的相对分子质量表	249
附录三 弱酸在水中的离解常数 (25℃)	250
附录四 弱碱在水中的离解常数 (25℃)	252
附录五 常用浓酸浓碱的密度和浓度	253
附录六 几种常用缓冲溶液的配制	253
附录七 常用标准缓冲溶液不同温度下的 pH 值	253
附录八 金属离子与 EDTA 配合物的 $\lg K_f$ (25℃)	254
附录九 标准电极电势表 (25℃)	255
附录十 部分氧化还原电对的条件电极电势 (25℃)	256
附录十一 难溶化合物的溶度积常数 (25℃)	257
参考文献	259

第一章 绪 论

分析化学 (analytical chemistry) 是研究物质化学组成和结构的分析方法、分析原理及分析技术的一门科学,是化学学科重要的二级学科。随着其理论、方法以及技术的发展,分析化学现在已成为一门与数学、物理学、生物学以及计算科学相结合的综合性学科。也可以说,分析化学是研究关于获取物质系统化学信息的方法和理论的科学。

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学的研究对象是物质的化学组成和结构,它所要回答的问题是物质中有哪些化学组分,各化学组分的相对含量有多少,这些组分在物质中是以什么形式存在的。也就是说,分析化学的主要任务是获取物质化学组成、含量以及结构等方面的信息。分析化学可根据这三个方面的任务分为定性分析、定量分析和结构分析三个部分。

定性分析的任务是鉴定物质含有哪些组分,这些组分可以是元素、离子、基团、官能团或化合物等;定量分析的任务是测定物质中各组分的相对含量;结构分析的任务是确定物质的化学结构、晶体结构和空间分布等。分析化学的这三部分既相互联系又互有区别。如果对物质不进行定性分析,不清楚物质的组成,则无法进行定量分析。而定量分析方法或分析方案的选定,则离不开对物质组成的了解。为进一步获得物质的全面信息,甚至需要通过结构分析来确定化学结构、晶体结构和空间分布。因此,应先做定性分析,再进行定量分析。对于已经知道化学组分的试样,则可以直接选择合适的分析方法测定其组分含量。

分析化学作为化学学科的一个重要分支,应用非常广泛。只要涉及化学现象的任何科研领域,都需要分析化学提供各种化学信息来解决有关问题。例如,化学学科的发展过程中的一些化学基本定律的发现,相对原子质量的测定以及各类化学平衡常数的测定等很多内容,都与分析化学密切相关。

分析化学是一门工具学科。在工农业生产和科学研究中,由于分析化学所建立的各种分析方法,可以帮助人们扩大或加深对自然界的认知,因而它几乎与工业、农业、商业等所有行业都有着密切的联系,不论是在生产实践中还是在科学研究中都有着非常重要的实用意义。在工业生产方面,例如资源勘探、原料选择、生产控制、产品检验、三废处理和利用、环境的检测和保护等都要靠分析化学提供的信息进行判断;在农业生产方面,例如土壤肥力测定、灌溉用水水质化验、植株营养诊断、农牧产品品质鉴定、农药残留分析以及土壤改良、新品种的选育、食品和饲料添加剂分析、复合肥料、生物农药和农业生态等问题都广泛地需要用到分析化学提供的化学信息;在科学研究方面,分析化学已渗透到许多与化学有关的学科领域,如材料科学、资源环境、生物学、医药学、农林科学、环境科学以及生命科学等等。可以说,任何研究课题,都要以分析化学为研究手段,或者通过分析化学获得信息,去分析问题,解决问题。因此分析化学有着工农业生产的“眼睛”、科学研究的“参谋”之称,也就成为应用最为广泛的学科之一。当然,工农业生产的发展和科学技术现代化的进程都与分析化学发展水平有着密切相关的相关性,使得分析化学发展水平已经成为衡量科技与经济发展水平的标志之一。另一方面,各个领域中的新问题和新成果也促进了分析化学本身的发展。

由于分析化学是指导生产实践、从事科学研究不可缺少的工具和手段,因此它是高等农

林院校中应用化学、生物科学、生物检验和检疫、食品工程以及资源环境和环境科学等多专业的重要基础课程之一。这些专业的相关课程学习都要涉及分析化学的理论知识 and 操作技术。通过对分析化学的学习，不仅可以帮助同学们掌握分析化学的方法及有关理论，而且还可以培养严谨、认真和实事求是的科学作风；不仅能够掌握分析化学的基本操作，而且能够提高分析问题和解决问题的能力；不仅能够锻炼创新能力，也能为后续课程的学习乃至今后从事科学研究和生产工作打下良好的基础。

分析化学是一门实践性很强的学科，在全部课程学习中实验教学占了很大的比例。学习者除需掌握各种基本原理和操作技能外，还应着力培养观察、思考、推理、辨别、表达等能力。因此，学习分析化学必须在理论联系实践的基础上加强基本操作的训练，养成科学的工作态度和良好的工作习惯。既要注重基本理论和原理的学习，更要加强基本操作技能的培养训练。

第二节 分析方法的分类

分析化学所研究的内容十分丰富，所采用的方法手段也是多种多样。根据分析任务、分析对象、分析原理和具体要求的不同，可以将分析方法分为许多种类。

一、定性分析、定量分析和结构分析

分析化学按分析任务的不同可以分为定性分析、定量分析和结构分析。

二、无机分析和有机分析

分析化学按分析对象的不同可以分为无机分析和有机分析。前者分析对象是无机物，后者分析对象是有机物。无机物所含元素多种多样，因而无机分析一般要求分析鉴定试样由哪些元素、离子、原子团或化合物组成，进而测定各组分的相对含量，有时也要求确定某些组分的存在形式等。有机物的组成元素虽为数不多，但结构复杂，化合物种类繁多，因而有机分析不仅要求鉴定组成元素和测定相对含量，而且更重要的是要进行官能团分析和结构分析。虽然两者所依据的分析原理差不多，但分析对象不同，因此在分析要求和手段上各有不同的特点。此外，随着相关学科领域的交叉渗透，结合不同的分析对象，相继出现了诸如环境分析、生物分析、药物分析等更为专业的分析方法。

三、常量、半微量、微量、超微量分析

分析化学按分析时所需试样量的多少可以分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析，如表 1-1 所示。

表 1-1 各种分析方法的试样用量

分析方法	试样用量	试液体积
常量分析	$>0.1\text{g}$	$>10\text{mL}$
半微量分析	$0.01\text{g}\sim 0.1\text{g}$	$1\sim 10\text{mL}$
微量分析	$0.1\text{mg}\sim 0.01\text{g}$	$0.01\sim 1\text{mL}$
超微量分析	$<0.1\text{mg}$	$<0.01\text{mL}$

这种分类方法是人为的划分，相互之间没有严格的界限。应该指出的是常量、半微量、微量分析并不表示被测组分的相对含量。有时也可以根据被测组分相对含量的多少，将分析方法粗略地分为常量组分分析 ($>1\%$)、微量组分分析 ($0.01\%\sim 1\%$) 和痕量组分分析 ($<0.01\%$)。这是两种完全不同的分类，注意不要混淆。

四、化学分析和仪器分析

分析化学中的分析方法按照所依据的性质和原理的不同，分为化学分析法和仪器分析法。这是最常用的分类方法，其实就是分析化学学科中各个分支的分类依据。

1. 化学分析

以物质化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。例如利用组分在化学反应中生成沉淀、

气体或有色物质而进行的组分分离和鉴定,即定性分析;根据化学反应中试剂和试样的用量来测定物质组成中各组分的相对含量,即定量分析。就定量分析而言,化学分析法主要有滴定分析法(也叫容量分析法)、重量分析法和气体分析法。这些化学分析方法历史悠久,是分析化学的基础,所以又称为经典化学分析法。经典化学分析的测定结果可靠,准确度好,所用仪器设备简单,应用范围比较广泛,是例行测试的主要手段之一。化学分析多适用于常量组分的测定。

2. 仪器分析

仪器分析法是以物质的某种物理性质或物理化学性质为基础,并用特殊仪器进行测量的分析方法,故又称为物理化学分析法。仪器分析法大多具有灵敏度高、选择性好、试样用量少、简便快速、自动化程度高等特点,且具有较高的准确度,适于测定微量或痕量组分,也能适合生产过程中的控制分析,其应用十分广泛。因此,仪器分析是分析化学的发展方向。

按照仪器分析所依据的原理不同,仪器分析法又可以分为光化学分析、电化学分析、色谱分析、质谱分析等多种分析方法。

(1) 光化学分析 光化学分析法是基于物质对光(电磁波)的选择性吸收或发射而建立的一类分析方法。光化学分析法又包括吸光光度分析和发射光谱分析两大类。其中吸光光度分析主要包括可见分光光度法、紫外分光光度法、红外分光光度法以及原子吸收分光光度法等;发射光谱分析主要包括火焰光度计、原子发射光谱法、荧光光度法以及电感耦合等离子火焰炬光谱法等。

(2) 电化学分析 电化学分析法是基于物质在溶液中的电化学性质及其变化而建立起来的分析方法。电化学分析法具有仪器简单、灵敏度和准确度高、分析速度快、易与计算机联用,可实现自动化或连续分析等优点。电化学分析法根据测量的电参量不同又可分为电势分析法、电解分析法、电导分析法、库仑分析法等。

(3) 色谱分析 色谱分析法是一种物理或物理化学的分离分析方法。在有机化学、生物化学等领域有着非常广泛的应用。色谱法是基于物质的吸附和溶解性能的差别,通过反复分配使不同组分达到分离和分析的。由于色谱法同时具有分离和分析能力,因而适用于混合组分的分析。主要有气相色谱、液相色谱等分析方法。

(4) 质谱分析 质谱分析是待测物在离子源中被电离成带电离子,经质量分析器按离子的质荷比的大小进行分离,并以谱图形式记录下来,根据记录的质谱图确定待测物的组成和结构的分析方法。

仪器分析法除了上述几大类,还包括有核磁共振波谱法、放射化学分析、流动注射分析法、生物传感器以及各种联用技术等,种类很多。

随着近代科学技术的迅速发展,各种新的仪器分析方法还在不断出现。各种分析方法各有其利弊。仪器分析法固然优点很多,但有的仪器价格高,使用条件苛刻,维护修理比较困难,有时需要专门操作人员才能使用。另外,在进行仪器分析前,需要对样品进行预处理,例如组分的富集、杂质的分离、方法的校准、标准的确定等,仍需要化学分析的支持。因此,化学分析是仪器分析的基础,仪器分析离不开化学分析,二者相辅相成,共同构成分析科学。作为一门基础课,还要从化学分析学起。

五、例行分析、仲裁分析和快速分析

在实际应用中,根据分析要求的不同或方法本身的性质,分析方法可分为例行分析、仲裁分析和快速分析。

例行分析又叫常规分析,是指一般化验室和日常生产所进行的分析。仲裁分析又叫裁判分析,是指不同单位对某一样品的分析结果有争议时,要求有关权威部门或单位用指定的方法进行准确的分析,以判断原分析结果是否正确或评价准确度的高低。快速分析主要用于控制生产,如田间植株的营养诊断、炉前的水质分析等。

以上各分类分析方法之间并没有什么绝对的界限,仅为人为划分。其实在实际工作中,经常