

 普通高等教育“十二五”规划教材

# 仪器分析

YIQI FENXI

王元兰 主 编  
张君枝 副主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 仪 器 分 析

王元兰 主 编

张君枝 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分为十五章, 主要内容包括: 电化学分析法、极谱与伏安分析法、电解和库仑分析法、气相色谱分析法、高效液相色谱分析法、原子发射光谱法、原子吸收光谱法、紫外-可见吸收光谱分析法、红外吸收光谱分析法、激光拉曼光谱分析法、分子发光分析法、核磁共振波谱分析法、质谱分析法、热分析法。每章后面附有知识拓展, 反映了仪器分析化学的前沿和新成果。为方便教学, 本书配有多媒体教学课件及习题参考答案的电子版。

本书可作为高等院校农学、林学、水产、生物、食品、环境、医药、材料等专业的教材, 亦可供相关专业技术人员参考。



图书在版编目 (CIP) 数据

仪器分析 / 王元兰主编. — 北京: 化学工业出版社, 2014. 1

普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-122-19031-4

I. ①仪… II. ①王… III. ①仪器分析-高等学校-教材 IV. ①0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 275239 号

---

责任编辑: 旷英姿  
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 向东  
装帧设计: 王晓宇

---

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: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 474 千字 2014 年 3 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

## 编写人员名单

主 编 王元兰

副主编 张君枝

编 委 (按姓氏笔画为序)

王元兰 (中南林业科技大学)

邓 婷 (中南林业科技大学)

纪永升 (河南中医学院)

张君枝 (北京建筑工程学院)

郭 鑫 (中南林业科技大学)

黄自知 (中南林业科技大学)

谭 平 (湖南工业大学)

魏 玉 (河南中医学院)

# 前 言

仪器分析发展至今，形成了以电化学分析、光分析、色谱分析及质谱分析为支柱的现代仪器分析，其内涵和外延非常丰富，已成为研究各种化学理论和解决实际问题的重要手段。仪器分析对基础化学、环境化学、生物化学及材料化学等学科的发展所起到的促进作用已毋庸置疑，并已从分析化学的专业课程转变为林学、药学、生物学、环境及食品学等各专业的基础课，因而仪器分析教材和教学内容也需要适应这种变化。

目前，开设仪器分析课程的农、林、水、医等高校及专业越来越多，为适应农、林、水、医等高校对本科人才的科学素质和创新能力的要求，以及我国经济、科技发展和学生个性发展的需要，结合多年来对教材的使用及近年来农、林、水、医等各专业教学的实际情况和特点而编写。在本教材的编写过程中，强调基本知识、基本思维，注重科学性、先进性和适应性，力求使本教材适应农、林、水、医等高等院校相关专业的学生培养的特点，又能适应本课程的基本要求。

本书在内容选编方面，有以下几个特点。

1. 注重理论联系实际和专业需要。本书重点阐述了与农林、生物、环境、医药、食品等领域紧密相关的内容，如电化学分析法、极谱与伏安分析法、电解和库仑分析法、气相色谱法、高效液相色谱法、原子发射光谱分析法、原子吸收光谱分析法、紫外-可见吸收光谱法、红外光谱分析法、激光拉曼光谱分析法、分子发光分析法、核磁共振波谱分析法、质谱分析法、热分析法。

2. 为使学生深入了解学科发展动态，在知识拓展部分重点介绍了仪器分析与其他学科交叉领域的热点问题和最新发展动态，试图用这种方式将最新和最前沿的知识引进教材和课堂，有利于学生创新思维和创新能力的培养，为学生将来在学科交叉领域进行创新打下基础。

3. 为了便于学生自学，本书每章前附有提要，对各章节的学习提出了具体要求；为方便教学，本书还配有电子课件（PPT）和习题参考答案的电子版。本书还配套有《仪器分析实验》教材。

4. 本书根据 30~50 学时教学计划编写。各院校可以根据专业需要和教学学时，对相关内容进行取舍。

本书由王元兰教授主编，并负责全书的策划、编排、审定及最后的统稿、复核工作，张君枝任副主编。参加编写工作的有中南林业科技大学的王元兰（第 1、5 章）、邓

婷（第 2、3 章）、郭鑫（第 11、12 章）、黄自知（第 14、15 章），北京建筑工程学院的张君枝（第 7、8 章），河南中医学院的纪永升（第 10、13 章）、魏玉（第 6、9 章），湖南工业大学的谭平（第 4 章）。与本教材配套的电子课件由王元兰制作。

本书在编写过程中得到了中南林业科技大学、北京建筑工程学院、湖南工业大学和河南中医学院化学教研室同仁的支持，特别是中南林业科技大学教务处在 2013 年对本教材给予的立项支持以及中南林业科技大学化学教研室的陈学泽教授、胡云楚教授和赵芳副教授提供了不少素材和修改建议。在此谨向他们致以诚挚的谢意。

本书可作为农学、林学、水产、食品、医药、生物、环境、材料等专业的教材或参考书，也可供相关专业和科技人员参考。

本书在编写时力求做到开拓创新、尽善尽美，但我们水平有限，书中仍难免有不妥之处，敬请同行和读者批评指正。

**编 者**

2013 年 8 月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
一、分析化学的发展历史 .....	1
二、分析化学的分类 .....	1
三、仪器分析方法的分类 .....	2
四、仪器分析的特点 .....	2
五、仪器分析的发展趋势 .....	3
<b>第二章 电化学分析法</b> .....	4
第一节 电化学分析法概述 .....	4
第二节 电位分析法 .....	4
一、电位分析法基本原理 .....	4
二、电位分析法测定溶液的 pH .....	5
第三节 离子选择性电极 .....	8
一、离子选择性电极的概述 .....	8
二、离子选择性电极的测量原理 .....	9
三、离子选择性电极的选择性 .....	9
四、几种主要的离子选择性电极 .....	10
五、离子选择性电极的主要性能指标 .....	14
第四节 离子选择性电极分析的仪器 .....	15
一、对测试仪器的要求 .....	15
二、常用的测量仪器 .....	16
第五节 离子选择性电极测定离子活(浓)度的方法及影响因素 .....	16
一、离子选择性电极测定离子活(浓)度的方法 .....	16
二、影响测定的因素 .....	17
三、离子选择性电极分析的应用 .....	18
第六节 电位滴定法 .....	19
一、电位滴定法的原理 .....	19
二、电位滴定法终点的确定 .....	19
三、电位滴定法的应用 .....	21
【知识拓展】 离子敏感场效应晶体管电极 .....	22
思考题与习题 .....	22
参考文献 .....	23
<b>第三章 极谱与伏安分析法</b> .....	24
第一节 极谱与伏安分析概述 .....	24
第二节 极谱分析法的基本原理 .....	24
一、极谱分析的基本装置 .....	24
二、极谱分析的原理及特点 .....	25
三、极谱法的分类 .....	26
四、极谱波的形成 .....	27

第三节	极谱定量分析基础	28
一、	扩散电流方程式	28
二、	影响扩散电流的因素	29
三、	极谱分析的特点及其存在的问题	29
第四节	干扰电流及其消除方法	30
第五节	现代极谱分析方法	32
一、	线性扫描极谱法	32
二、	脉冲极谱法	33
三、	溶出伏安法	34
第六节	极谱定量分析及其应用	34
一、	底液的选择	34
二、	波高的测量	35
三、	定量分析方法	35
四、	极谱法的应用	36
【知识拓展】	示差脉冲伏安法检测痕量 $\text{Hg}^{2+}$ 的 DNA 电化学生物传感器	36
思考题与习题		37
参考文献		37
<b>第四章</b>	<b>电解和库仑分析法</b>	<b>38</b>
第一节	电解分析法	38
一、	电解现象	38
二、	电解分析法	41
第二节	库仑分析法	44
一、	法拉第电解定律	44
二、	控制电位库仑分析法	45
三、	恒电流库仑法	46
【知识拓展】	微库仑分析法	50
思考题与习题		51
参考文献		52
<b>第五章</b>	<b>气相色谱分析法</b>	<b>53</b>
第一节	概述	53
一、	色谱法分类	53
二、	气相色谱仪	54
三、	色谱流出曲线和有关术语	54
第二节	气相色谱分析理论基础	56
一、	气相色谱的基本原理	56
二、	分配平衡	57
三、	色谱分离的基本理论	58
第三节	色谱分离条件的选择	61
一、	分离度	61
二、	色谱分离基本方程	62
三、	分离操作条件的选择	64
第四节	气相色谱的固定相及其选择	66
一、	气-固色谱固定相	66
二、	气-液色谱固定相	66



第五节	气相色谱检测器	69
一、	热导检测器	69
二、	氢火焰离子化检测器	71
三、	电子俘获检测器	73
四、	火焰光度检测器	73
五、	检测器的主要性能指标	74
第六节	气相色谱定性方法	75
一、	利用已知物直接对照进行定性分析	75
二、	利用保留指数定性法	77
三、	与其他方法结合的定性分析	77
四、	利用检测器的选择性进行定性分析	78
第七节	气相色谱定量方法	78
一、	定量分析的依据	78
二、	峰面积测量法	78
三、	定量校正因子	79
四、	相对校正因子	79
五、	常用的几种定量方法	80
第八节	毛细管柱气相色谱法	82
一、	毛细管色谱柱的种类	82
二、	毛细管色谱柱的特点	82
三、	毛细管柱的色谱系统	83
第九节	气相色谱分析的特点及其应用	84
【知识拓展】	科学家及其思维方法简介——色谱学家马丁	84
思考题与习题		85
参考文献		86
<b>第六章</b>	<b>高效液相色谱分析法</b>	<b>87</b>
第一节	概述	87
一、	HPLC 与经典液相色谱	87
二、	HPLC 与气相色谱	88
第二节	高效液相色谱仪	88
一、	高压输液系统	88
二、	进样系统	90
三、	分离系统	90
四、	检测系统	91
第三节	影响高效液相色谱峰扩展及色谱分离的因素	94
第四节	高效液相色谱法的主要类型及其分离原理	96
一、	液-液分配色谱法及化学键合相色谱法	96
二、	液-固吸附色谱法	97
三、	离子对色谱法	98
四、	离子交换色谱法	99
五、	空间排阻色谱法	100
六、	离子色谱法	101
第五节	高效液相色谱法的应用	102
一、	在生物化学和生物工程中的应用	102

二、在医药研究中的应用 .....	103
三、在食品分析中的应用 .....	103
四、在环境污染分析中的应用 .....	103
五、在精细化工分析中的应用 .....	103
思考题与习题 .....	103
参考文献 .....	104
<b>第七章 原子发射光谱法 .....</b>	<b>105</b>
第一节 光学分析法概述 .....	105
第二节 原子发射光谱法 .....	106
一、原子发射光谱法基本原理 .....	106
二、谱线强度 .....	107
三、谱线的自吸与自蚀 .....	108
四、原子发射光谱的特点 .....	109
第三节 原子发射光谱仪 .....	109
一、光源 .....	109
二、光谱仪 .....	113
三、检测装置 .....	114
第四节 原子发射光谱分析方法 .....	116
一、光谱定性分析 .....	117
二、光谱定量分析 .....	118
第五节 原子发射光谱法的应用及进展 .....	121
一、大气颗粒物元素测定 .....	121
二、废水元素测定 .....	121
三、土壤中的稀土元素测定 .....	121
四、植物和食品分析 .....	121
五、元素性中毒快速诊断中的应用 .....	122
【知识拓展】 等离子体发射光谱仪 .....	122
思考题与习题 .....	125
参考文献 .....	125
<b>第八章 原子吸收光谱法 .....</b>	<b>127</b>
第一节 概述 .....	127
第二节 原子吸收光谱法的基本原理 .....	128
一、原子吸收光谱的产生 .....	128
二、谱线轮廓与谱线变宽 .....	128
三、原子吸收光谱的测量 .....	130
四、基态原子数与原子吸收定量基础 .....	131
第三节 原子吸收分光光度计 .....	132
一、光源 .....	133
二、原子化器 .....	133
三、光学系统 .....	136
四、检测系统 .....	137
第四节 原子吸收光谱法分析条件的选择 .....	137
一、分析线的选择 .....	138
二、空心阴极灯电流 .....	138

三、火焰温度 .....	138
四、燃烧器高度 .....	138
五、狭缝宽度 .....	139
六、试样用量 .....	139
第五节 原子吸收定量分析方法 .....	139
一、灵敏度、特征浓度及检出限 .....	139
二、定量分析方法 .....	140
第六节 原子吸收光谱分析中的干扰及其消除 .....	141
一、物理干扰及其消除 .....	141
二、化学干扰及其消除 .....	141
三、电离干扰及消除 .....	142
四、光谱干扰及其消除 .....	143
第七节 原子吸收光谱分析法的特点及其应用 .....	145
一、原子吸收光谱分析法的特点 .....	145
二、原子吸收光谱分析法的应用 .....	145
第八节 原子荧光光谱分析法 .....	148
一、原子荧光光谱分析法基本原理 .....	148
二、原子荧光的类型 .....	149
三、原子荧光分光光度计 .....	150
四、原子荧光光谱分析法的特点及应用 .....	151
【知识拓展】 连续光源原子吸收光谱仪——划时代的技术革命 .....	152
思考题与习题 .....	154
参考文献 .....	154
<b>第九章 紫外-可见吸收光谱分析法 .....</b>	<b>156</b>
第一节 概述 .....	156
一、紫外-可见吸收光谱分析法的分类 .....	156
二、紫外-可见吸收光谱分析法的特点 .....	156
第二节 分子吸收光谱 .....	157
第三节 有机化合物的紫外-可见吸收光谱 .....	158
一、有机化合物的电子跃迁类型 .....	158
二、常用术语 .....	159
三、有机化合物的紫外-可见吸收带 .....	160
四、各类有机化合物的紫外-可见特征吸收光谱 .....	161
五、影响紫外-可见吸收光谱的因素 .....	163
第四节 紫外-可见分光光度计 .....	164
一、紫外-可见分光光度计的基本构造 .....	164
二、紫外-可见分光光度计的类型 .....	165
第五节 紫外-可见吸收光谱法的应用 .....	166
一、有机化合物的定性及结构分析 .....	166
二、定量分析 .....	167
思考题与习题 .....	169
参考文献 .....	169
<b>第十章 红外吸收光谱分析法 .....</b>	<b>170</b>
第一节 红外吸收光谱分析法概述 .....	170

一、红外光谱区的划分 .....	170
二、红外吸收光谱的表示方法 .....	171
三、红外吸收光谱法的特点 .....	171
第二节 红外吸收光谱法的基本原理 .....	171
一、红外吸收光谱产生的条件 .....	171
二、分子振动的类型 .....	172
三、红外吸收峰的强度 .....	176
第三节 红外吸收光谱与分子结构的关系 .....	176
一、红外吸收光谱的特征吸频率 .....	176
二、官能团区 .....	177
三、指纹区 .....	178
四、常见化合物的特征基团频率 .....	178
五、影响基团频率变化的因素 .....	184
第四节 红外吸收光谱仪 .....	186
一、仪器的构造 .....	186
二、色散型双光束红外光谱仪 .....	186
三、傅里叶变换红外光谱仪 .....	187
第五节 试样的制备 .....	188
第六节 红外光谱法的应用 .....	189
一、红外吸收光谱的定性和结构分析 .....	189
二、红外吸收光谱定量分析 .....	190
【知识拓展】 光化学传感器 .....	191
思考题与习题 .....	191
参考文献 .....	192
<b>第十一章 激光拉曼光谱分析法 .....</b>	<b>193</b>
第一节 拉曼光谱原理 .....	193
一、拉曼散射的产生 .....	193
二、去偏振度 .....	194
三、共振拉曼效应 .....	195
第二节 拉曼光谱与红外光谱的关系 .....	196
第三节 激光拉曼光谱仪 .....	197
一、色散型激光拉曼光谱仪 .....	197
二、傅里叶变换近红外激光拉曼光谱仪 .....	198
第四节 激光拉曼光谱的应用 .....	199
【知识拓展】 表面增强拉曼理论 .....	201
思考题与习题 .....	202
参考文献 .....	203
<b>第十二章 分子发光分析法 .....</b>	<b>204</b>
第一节 概述 .....	204
第二节 荧光和磷光分析基本原理 .....	205
一、分子荧光和磷光的产生 .....	205
二、激发光谱和发射光谱 .....	206
三、荧光效率 .....	207
四、荧光与分子结构的关系 .....	207

五、荧光强度 .....	209
第三节 荧光和磷光分析仪 .....	210
一、荧光分析仪 .....	210
二、磷光分析仪 .....	210
第四节 荧光分析法和磷光分析法的特点与应用 .....	211
一、荧光和磷光分析法的特点 .....	211
二、荧光分析法和磷光分析法的应用 .....	211
第五节 化学发光分析法 .....	212
一、概述 .....	212
二、化学发光分析法的基本原理 .....	212
三、化学发光分析法的仪器 .....	214
四、化学发光分析法的应用 .....	214
【知识拓展】 荧光分析法新技术 .....	215
思考题与习题 .....	216
参考文献 .....	216
<b>第十三章 核磁共振波谱分析法 .....</b>	<b>218</b>
第一节 核磁共振基本原理 .....	218
一、原子核的自旋 .....	218
二、核磁共振现象 .....	220
三、弛豫过程 .....	221
第二节 核磁共振波谱仪 .....	222
一、连续波核磁共振波谱仪 .....	222
二、脉冲傅里叶变换核磁共振波谱仪 .....	223
第三节 化学位移和核磁共振图谱 .....	223
一、屏蔽效应与屏蔽常数 .....	223
二、化学位移的产生 .....	224
三、化学位移的表示 .....	224
四、影响化学位移的因素 .....	225
第四节 自旋偶合及自旋裂分 .....	227
一、自旋偶合与裂分 .....	227
二、偶合作用的一般规则 .....	227
三、核的等价性 .....	228
第五节 谱图解析 .....	229
一、一级谱图的解析 .....	229
二、高级谱图和简化谱图的方法 .....	229
三、 $^1\text{H}$ NMR 波谱法在结构分析中的应用 .....	232
第六节 $^{13}\text{C}$ 核磁共振谱法 .....	233
一、 $^{13}\text{C}$ 核磁共振谱法的特点 .....	233
二、 $^{13}\text{C}$ 的化学位移 .....	233
三、偶合常数 .....	234
四、弛豫 .....	235
五、NMR 谱解析示例 .....	235
【知识拓展】 核磁共振成像 (MRI) 在医学上的应用及其发展前景 .....	236
思考题与习题 .....	237

参考文献 .....	239
<b>第十四章 质谱分析法 .....</b>	<b>240</b>
第一节 质谱分析法概述 .....	240
第二节 质谱分析法的基本原理 .....	241
第三节 质谱仪 .....	242
一、真空系统 .....	242
二、进样系统 .....	242
三、离子源 .....	243
四、质量分析器 .....	246
五、离子检测器和记录系统 .....	248
第四节 质谱及主要离子峰类型 .....	249
一、质谱的表示方法 .....	249
二、质谱图中的主要离子峰 .....	249
第五节 质谱定性分析及谱图解析 .....	251
一、相对分子质量的测定 .....	251
二、确定化合物的分子式 .....	252
三、质谱解析与分子结构的确定 .....	254
第六节 质谱定量分析 .....	255
第七节 质谱的联用技术 .....	255
一、气相色谱-质谱 (GC-MS) 联用 .....	255
二、液相色谱-质谱 (LC-MS) 联用 .....	256
三、质谱-质谱 (MS-MS) 联用 .....	257
【知识拓展】 电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) .....	257
思考题与习题 .....	259
参考文献 .....	260
<b>第十五章 热分析法 .....</b>	<b>261</b>
第一节 差热分析 .....	262
一、差热分析的基本原理与差热分析仪 .....	262
二、差热曲线 .....	263
三、影响差热曲线的因素 .....	265
第二节 差示扫描量热法 .....	267
一、差示扫描量热仪 .....	267
二、影响差示扫描热量曲线的因素 .....	268
第三节 差热分析与差示扫描热量法的应用 .....	268
一、玻璃化转变温度 $T_g$ 的 DTA 或 DSC 测定 .....	269
二、熔融和结晶温度的 DTA 或 DSC 测定法 .....	269
三、确定水在化合物中的存在状态 .....	270
四、转变点的测定 .....	271
五、结晶度的测定 .....	272
六、二元相图的测绘 .....	272
第四节 热重法 .....	273
一、热重分析基本原理与热重分析仪 .....	273
二、影响热重曲线的因素 .....	273
三、热重分析的应用 .....	274
【知识拓展】 微商热重法 .....	275
思考题与习题 .....	276
参考文献 .....	276

## 绪论

### 本章提要

仪器分析是以物质的物理性质或物理化学性质及其在分析过程中所产生的分析信号与物质内在关系为基础，并借助于比较复杂或特殊的现代仪器，对待测物质进行定性、定量及结构分析和动态分析的一类分析方法。本章主要介绍了分析化学的发展历史、分类和仪器分析方法的分类及各类方法的特点与适用范围，并阐述了仪器分析的发展趋势。

分析化学是人们研究获取物质的组成、形态、结构等信息及其相关理论的科学，是人们用来认识、解剖自然的重要手段之一，是科学技术的眼睛，也是工农业生产和公共安全的眼晴。

### 一、分析化学的发展历史

分析化学的发展经历了三次重大变革。

第一次变革发生在 20 世纪初，基于物理化学和溶液理论（四大平衡理论）的发展，分析化学从一门技术发展成一门科学。

第二次变革发生在第二次世界大战前后（20 世纪 40 年代），物理学和电子学的发展促进了仪器分析方法的建立和发展，使分析化学从以化学分析为主的时代发展到以仪器分析为主的时代。

第三次变革从 20 世纪 70 年代末开始，基于数学、计算机和生物学的发展。这次变革的特点是在利用物质光、电、磁、热、声等现象的基础上，再加上采用数学、计算机、生物等尽可能多的手段，对物质作全面的纵深分析。第三次变革要求不仅能确定分析对象中的元素、基团和含量，而且能回答原子的价态、分子的结构和聚集态、固体的结晶形态和反应中间产物的状态，可作表面、内层和微区分析，尽可能快速、全面、准确地提供丰富的信息和有用的数据。

分析仪器的发展与分析化学的发展紧密相关，可概括为 20 世纪 50 年代仪器化、60 年代电子化、70 年代计算机化、80 年代智能化、90 年代信息化，21 世纪仿生化并进一步信息化和智能化。

### 二、分析化学的分类

分析化学一般可分为化学分析和仪器分析。仪器分析是在化学分析的基础上逐步发展起来的一类分析方法。通常，化学分析是利用化学反应及其计量关系进行分析的一类分析方法，而仪器分析则是以物质的物理性质或物理化学性质及其在分析过程中所产生的分析信号与物质的内在关系为基础，并借助于比较复杂或特殊的现代仪器，对待测物质进行定性、定

量及结构分析和动态分析的一类分析方法。

仪器分析和化学分析是分析化学相辅相成的两个重要的组成部分。化学分析历史悠久，设备简单，应用广泛，主要用于测定含量大于1%的常量组分，是比较经典的基本分析方法。它是分析化学的基础。有了这个坚实的基础，才能进一步学习和掌握仪器分析的各种分析方法和操作技术。

### 三、仪器分析方法的分类

根据分析方法的主要特征和作用，仪器分析可分为以下几大类别。

#### 1. 电化学分析法

电化学分析（也称电分析化学）法是依据物质在溶液中的电化学性质及其变化进行分析的方法。根据所测定的电参数的不同可分为电位分析、电导分析、库仑分析、极谱分析及伏安分析等。新型电极与微电极、原位及活体分析都是电化学分析十分活跃的研究领域。循环伏安法已成为研究电极反应、吸附过程、电化学与化学偶联反应的重要手段。

#### 2. 光分析法

光分析法是基于光作用于物质后所产生的辐射信号或所引起的变化来进行分析的方法，可分为光谱法和非光谱法两类。

光谱法是基于物质对光的吸收、发射和拉曼散射等作用。通过检测相互作用后光的波长和强度变化而建立的光分析方法。光谱法又可分为原子光谱法和分子光谱法两大类，主要包括：原子发射光谱法、原子吸收光谱法、X射线光谱法、分子荧光和磷光法、化学发光法、紫外-可见光谱法、红外光谱法、拉曼光谱法、核磁共振波谱法等。其中红外光谱法、拉曼光谱法、核磁共振波谱法常用于化合物的结构分析，其他多用于定量分析。非光谱法是指通过物质对光的反射、折射、干涉、衍射和偏振等变化所建立的分析方法，主要包括：折射法、干涉法、旋光法、X射线衍射法等。新型高强度、短脉冲、可调谐光源的研制及多物质同时测定等都是光分析法的前沿领域。

#### 3. 色谱分析法

色谱分析法是依据不同物质在固定相和流动相中分配系数的差异实现混合物分离的分析方法，特别适合于复杂有机混合物的快速高效分析。色谱分析包括气相色谱、液相色谱、离子色谱、超临界流体色谱、薄层色谱等。考虑到毛细管电泳等的混合物分离特性，故将其划分在这一类别中。生物大分子与手性化合物的分析是色谱分析法研究的活跃领域，色谱与其他分析仪器联用技术的发展也十分迅速。

#### 4. 其他分析法

质谱法是用电场和磁场将运动的离子（带电荷的原子、分子或分子碎片，有分子离子、同位素离子、碎片离子、重排离子、多电荷离子、亚稳离子、负离子和离子与分子相互作用产生的离子）按它们的质荷比分离后进行检测的方法。质谱分析与紫外、红外、核磁一起组成了化合物结构分析中最常用的四种波谱分析方法。

热分析法是依据物质的质量、体积、热导率或反应热与温度之间的变化关系而建立起来的分析方法，常见的有热重分析法、差热分析法、流动注射分析法等。

### 四、仪器分析的特点

(1) 高灵敏度、低检出限量 如试样用量由化学分析的 mL、mg 级降低到仪器分析的  $\mu\text{g}$ 、 $\mu\text{L}$  级，甚至更低。适合于微量、痕量和超痕量成分的测定。

(2) 选择性好 很多的仪器分析方法可以通过选择或调整测定的条件，使测定共存的组



分时，相互间不产生干扰。

(3) 操作简便，分析速度快，容易实现自动化。

(4) 相对误差较大 化学分析一般可用于常量和高含量成分分析，准确度较高，误差小于千分之几。多数仪器分析相对误差较大，一般为5%，不适用于常量和高含量成分分析。

(5) 需要价格比较昂贵的专用仪器。

## 五、仪器分析的发展趋势

信息时代的到来，给仪器分析带来了新的发展。信息科学主要是信息的采集和处理。信息的采集和变换主要依赖于各类的传感器。这又带动仪器分析中传感器的发展，出现了光导纤维的化学传感器和各种生物传感器。

计算机与分析仪器的结合，出现了分析仪器的智能化，加快了数据处理的速度。它使许多以往难以完成的任务，如实验室的自动化、图谱的快速检索、复杂的数学统计可轻而易举地完成。

联用分析技术已成为当前仪器分析的重要发展方向。将几种方法结合起来，特别是分离方法（如色谱法）和检测方法（红外光谱法、质谱法、核磁共振波谱法、原子吸收光谱法等）的结合，汇集了各自的优点、弥补了各自的不足，可以更好地完成试样的分析任务。

本课程以介绍仪器分析的基本理论及其对物质进行分析测定的基本原理、基本方法、基本技巧为主要内容，着重介绍各种现代仪器分析方法在农、林、水、医、轻工及其他各有关专业的实际应用。其主要任务是开拓学生的创新思维，教会学生仪器分析的测试手段，培养和提高学生的科学素质、创新意识、创新精神和获取知识的能力，以适应我国经济和科学技术发展对人才的需要和要求。在当今科学研究步入生物工程时代，人类开始从分子水平上认识和解决与生命科学有关的问题时，学习仪器分析课程，就具有更为重要的意义和作用。