

Sheng Wu 高职高专
生物技术类专业系列规划教材

仪器分析技术

主 编 张俊霞 王 利

YIQI FENXI JISHU



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

高职高专生物技术类专业系列规划教材

仪器分析技术

主 编 张俊霞 王 利
副主编 牛红军 达林其木格
参 编 李利花 闫宁怀
范 静 王 馥
顾 问 刘 峰 范文斌

重庆大学出版社



内容提要

本书是编者根据高职高专生物技术专业要求,结合高职教育人才培养的特点编写而成。本书共5篇,由9个项目组成,每个项目又分为仪器分析技术理论基础和仪器分析检测实训项目两个部分,第9个项目为综合实训任务。重点介绍了光学分析技术、电化学分析技术、色谱分析技术及其他重要分析技术的基本原理、仪器的构造、实验技术和经典的分析检测项目。为了增强学生对各类仪器分析技术的综合应用能力和理解分析技术的先进性、前沿性,本书设置了项目小结、知识链接、练习题等内容。

本书可供高职高专院校生物技术类、制药技术类、化工类、食品类、环境类等相关专业师生使用,也可供相关从业者参考。

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析技术/张俊霞,王利主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.8
高职高专生物技术类专业系列规划教材
ISBN 978-7-5624-9331-0

I. ①仪… II. ①张… III. ①仪器分析—高等职业教
育—教材 IV. ①O657

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第160689号

仪器分析技术

主 编 张俊霞 王 利

副主编 牛红军 达林其木格

策划编辑:袁文华

责任编辑:袁文华 姜 凤 版式设计:袁文华

责任校对:谢 芳 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:20 字数:474千

2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-9331-0 定价:39.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

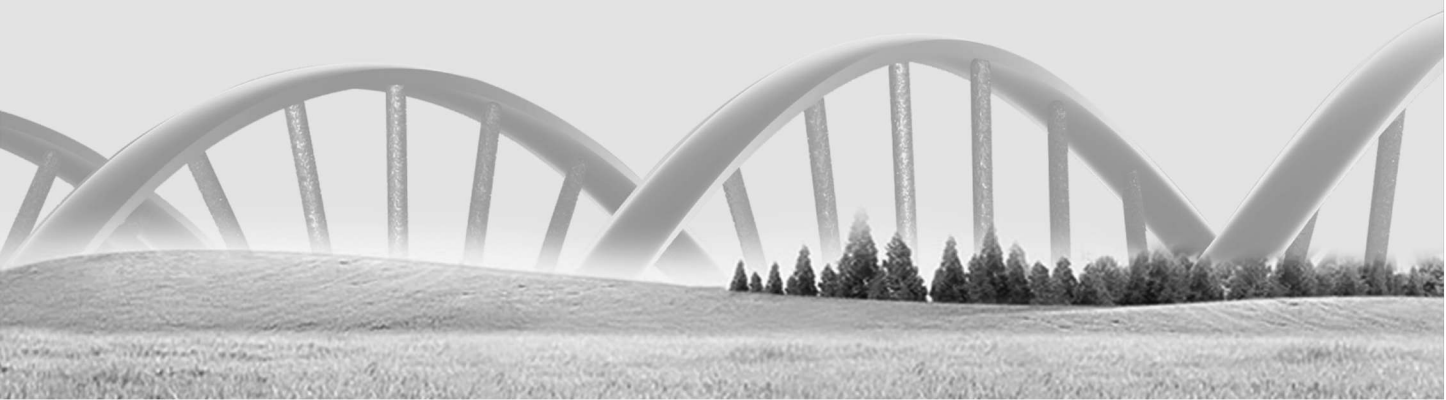
高职高专生物技术类专业系列规划教材

※ 编委会 ※

(排名不分先后,以姓名拼音为序)

总 主 编 王德芝

编委会委员	陈春叶	池永红	迟全勃	党占平	段鸿斌
	范洪琼	范文斌	辜义洪	郭立达	郭振升
	黄蓓蓓	李春民	梁宗余	马长路	秦静远
	沈泽智	王家东	王伟青	吴亚丽	肖海屹
	谢必武	谢 昕	袁 亮	张俊霞	张 明
	张媛媛	郑爱泉	周济铭	朱晓立	左伟勇



高职高专生物技术类专业系列规划教材

※ 参加编写单位 ※

(排名不分先后,以单位拼音为序)

北京农业职业学院

重庆三峡医药高等专科学校

重庆三峡职业学院

甘肃酒泉职业技术学院

甘肃林业职业技术学院

广东轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

河南漯河职业技术学院

河南三门峡职业技术学院

河南商丘职业技术学院

河南信阳农林学院

河南许昌职业技术学院

河南职业技术学院

黑龙江民族职业学院

湖北荆楚理工学院

湖北生态工程职业技术学院

湖北生物科技职业学院

江苏农牧科技职业学院

江西生物科技职业学院

辽宁经济职业技术学院

内蒙古包头轻工职业技术学院

内蒙古大学鄂尔多斯学院

内蒙古呼和浩特职业学院

内蒙古医科大学

山东潍坊职业学院

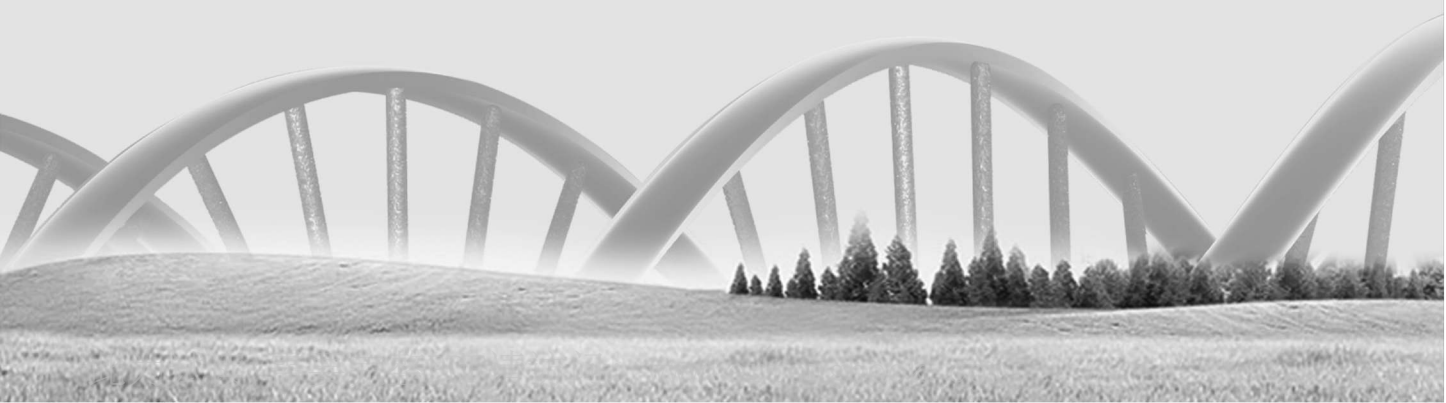
陕西杨凌职业技术学院

四川宜宾职业技术学院

四川中医药高等专科学校

云南农业职业技术学院

云南热带作物职业学院



总 序



大家都知道,人类社会已经进入了知识经济的时代。在这样一个时代中,知识和技术比以往任何时候都扮演着更加重要的角色,发挥着前所未有的作用。在产品(与服务)的研发、生产、流通、分配等任何一个环节,知识和技术都居于中心位置。

那么,在知识经济时代,生物技术前景如何呢?

有人断言,知识经济时代以如下六大类高新技术为代表和支撑,它们分别是电子信息、生物技术、新材料、新能源、海洋技术、航空航天技术。是的,生物技术正是当今六大高新技术之一,而且地位非常“显赫”。

目前,生物技术广泛地应用于医药和农业,同时在环保、食品、化工、能源等行业也有着广阔的应用前景,世界各国无不非常重视生物技术及生物产业。有人甚至认为,生物技术的发展将为人类带来“第四次产业革命”;下一个或者下一批“比尔·盖茨”们,一定会出在生物产业中。

在我国,生物技术和生物产业发展异常迅速,“十一五”期间(2006—2010年)全国生物产业年产值从6 000亿元增加到16 000亿元,年均增速达21.6%,增长速度几乎是我国同期GDP增长速度的2倍。到2015年,生物产业产值将超过4万亿元。

毫不夸张地讲,生物技术和生物产业正如一台强劲的发动机,引领着经济发展和社会进步。生物技术与生物产业的发展,需要大量掌握生物技术的人才。因此,生物学科已经成为我国相关院校大学生学习的重要课程,也是从事生物技术研究、产业产品开发人员应该掌握的重要知识之一。

培养优秀人才离不开优秀教师,培养优秀人才离不开优秀教材,各个院校都无比重视师资队伍和教材建设。多年的生物学科经过发展,已经形成了自身比较完善的体系。现已出版的生物系列教材品种也较为丰富,基本满足了各层次各类型的教学需求。然而,客观上也存在一些不容忽视的不足,如现有教材可选范围窄,有些教材质量参差不齐、针对性不强、缺少行业岗位必需的知识技能等,尤其是目前生物技术及其产业发展迅速,应用广泛,知识更新快,新成果、新专利急剧涌现,教材作为新知识、新技术的载体应与时俱进,及时更新,才能满足行业发展和企业用人提出的现实需求。

正是在这种时代及产业背景下,为深入贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《教育部 农业部 国家林业局关于推动高等农林教育综合改革的若干意见》(教高[2013]9号)等有关指示精神,重庆大学出版社结合高职高专的发展及专业教学基本要求,组织全国各地的几十所高职院校,联合编写了这套“高职高专生物技术类专

业系列规划教材”。

从“立意”上讲,本套教材力求定位准确、涵盖广阔,编写取材精炼、深度适宜、分量适中、案例应用恰当丰富,以满足教师的科研创新、教育教学改革和专业发展的需求;注重图文并茂,深入浅出,以满足学生就业创业的能力需求;教材内容力争融入行业发展,对接工作岗位,以满足服务产业的需求。

编写一套系列教材,涉及教材种类的规划与布局、课程之间的衔接与协调、每门课程中的内容取舍、不同章节的分工与整合……其中的繁杂与辛苦,实在是“不足为外人道”。

正是这种繁杂与辛苦,凝聚着所有编者为本套教材付出的辛勤劳动、智慧、创新和创意。教材编写团队成员遍布全国各地,结构合理、实力较强,在本学科专业领域具有较深厚的学术造诣及丰富的教学和生产实践经验。

希望本套教材能体现出时代气息及产业现状,成为一套将新理念、新成果、新技术融入其中的精品教材,让教师使用时得心应手,学生使用时明理解惑,为培养生物技术的专业人才,促进生物技术产业发展做出自己的贡献。

是为序。

全国生物技术职业教育教学指导委员会委员 王德芝
高职高专生物技术类专业系列规划教材总主编

2014 年 5 月





前言

在科学技术和生产快速发展的今天,仪器分析技术在诸多领域的分析检测工作中发挥着越来越重要的作用。本书是编者根据高职高专生物技术类专业要求,结合高职教育人才培养的特点编写而成。

本书紧紧围绕“工学结合”的教育理念,理论知识贯彻“实用、必须、够用”的原则,密切结合专业实际和岗位需求,注重实际问题的解决和技能的培养,编写时力求内容准确、条理清晰、方法合理、技术先进、分析科学。本书共分5个篇,篇下设有9个项目,每个项目又分为仪器分析技术理论基础和仪器分析检测实训项目两部分,第9个项目为综合实训任务。仪器分析的特点是理论抽象而实践性又非常强,为了使抽象理论与具体实践紧密联系,每一项仪器分析技术安排了针对性强的实际工作任务操作实训,学生通过实训操作可加深对仪器分析技术基本原理的理解,做到理论与实践的有机结合。重点介绍了光学分析技术、电化学分析技术、色谱分析技术及其他重要分析技术的基本原理、仪器的构造、实验技术和经典的分析检测项目。为了增强学生对各类仪器分析技术的综合应用能力和理解分析技术的先进性、前沿性,本书设置了项目小结、知识链接、练习题等内容。本书可供高职高专院校生物技术类、制药技术类、化工类、食品类、环境类等相关专业师生使用,也可供相关从业者参考。

本书由张俊霞(呼和浩特职业学院,项目4、项目7)和王利(内蒙古医科大学,绪论、项目6)担任主编;牛红军(天津现代职业技术学院,项目5)和达林其木格(呼和浩特职业学院,项目2)担任副主编;李利花(广东食品药品职业学院,项目1)、闫宁怀(内蒙古化工职业学院,项目3)、范静(内蒙古化工职业学院,项目8、综合实训)、王馥(信阳农林学院,绪论)参与了编写;全书由张俊霞和王利统稿。

本书在编写过程中,由内蒙古伊利实业集团股份有限公司刘峰和呼和浩特职业学院范文斌对实训项目给予了技术指导,同时也得到了编者所在院校和重庆大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。本书所引用的资料和参考的文献均已列入书后参考文献中,在此向原著作者表示诚挚的谢意。

由于计算机技术和分析仪器自动化的快速发展,仪器分析技术的发展日新月异,如仪器分析技术新仪器、分析仪器的联用技术等难免有疏漏。

由于编者水平有限,书中错误和欠妥之处恳请读者提出宝贵意见。

编者

2015年5月

目 录 CONTENTS

绪 论

0.1 仪器分析的特点和任务	(2)
0.2 仪器分析方法的分类	(3)
0.3 分析仪器的构成	(4)
0.4 分析仪器的性能指标	(5)
0.5 仪器分析法的应用及发展趋势	(6)

第 1 篇 光学分析技术

项目 1 紫外-可见光谱分析技术

任务 1.1 紫外-可见光谱分析法基本原理	(10)
任务 1.2 紫外-可见分光光度计	(14)
任务 1.3 紫外-可见分光光度分析实验技术	(17)
任务 1.4 紫外分光光度分析实验技术	(24)
【项目小结】	(29)
实训项目 1.1 邻二氮菲分光光度法测微量铁	(30)
实训项目 1.2 水杨酸含量的测定	(32)
实训项目 1.3 紫外分光光度法测定水中总酚含量	(33)
实训项目 1.4 紫外-可见分光光度法测定饮料中的防腐剂	(35)
实训项目 1.5 甲硝唑片的含量测定	(36)
实训项目 1.6 发酵食品中还原糖和总糖的测定	(37)
【练习题 1】	(39)

项目 2 原子光谱分析技术

任务 2.1 原子吸光谱法(AAS)	(43)
任务 2.2 原子荧光光谱分析技术	(53)
任务 2.3 原子发射光谱分析技术	(54)

【项目小结】	(60)
实训项目 2.1 原子吸收光谱法测定最佳实验条件的选择	(60)
实训项目 2.2 原子吸收光谱法测定自来水中钙和镁	(62)
实训项目 2.3 原子吸收光谱法测定黄酒中铜含量(标准加法)	(63)
实训项目 2.4 石墨炉原子吸收光谱法测定食品中铅的含量(标准曲线法)	(65)
实训项目 2.5 冷原子荧光法测定废水中痕量汞	(67)
【练习题 2】	(68)

项目 3 红外吸收光谱技术

任务 3.1 红外吸收光谱法的基本原理	(71)
任务 3.2 傅里叶变换红外光谱仪	(88)
任务 3.3 红外吸收光谱分析实验技术	(91)
【项目小结】	(94)
实训项目 3.1 未知样品的定性分析	(94)
实训项目 3.2 正丁醇-环己烷溶液中正丁醇含量的测定	(95)
实训项目 3.3 聚苯乙烯的红外光谱测定与谱图解析	(97)
实训项目 3.4 苯甲酸的红外光谱测定与谱图解析	(98)
实训项目 3.5 顺、反丁烯二酸的区分	(100)
【练习题 3】	(101)

第 2 篇 电化学分析技术

项目 4 核磁共振波谱技术

任务 4.1 核磁共振现象的产生	(106)
任务 4.2 核磁共振波谱仪	(115)
任务 4.3 核磁共振波谱分析实验技术	(117)
【项目小结】	(119)
实训项目 4.1 已基苯核磁共振氢谱测绘和谱峰归属	(120)
实训项目 4.2 根据 ¹ HNMR 推出有机化合物 C ₉ H ₁₀ O ₂ 的分子结构式	(121)
实训项目 4.3 核磁共振波谱法研究乙酰乙酸乙酯的互变异构现象	(123)
【练习题 4】	(124)

项目 5 电化学分析技术

任务 5.1 电化学分析技术概述	(126)
任务 5.2 电位分析技术	(127)
任务 5.3 电位滴定法	(136)

任务 5.4 极谱分析法	(140)
任务 5.5 库仑滴定法	(151)
【项目小结】	(158)
实训项目 5.1 水溶液 pH 的测定	(159)
实训项目 5.2 用离子选择性电极测定牙膏中的氟含量	(160)
实训项目 5.3 极谱分析法测定水中镉含量	(162)
实训项目 5.4 AgNO_3 标准溶液自动电位滴定法测定溶液中的氯化物含量	(167)
实训项目 5.5 库仑滴定法测定维生素 C 药片中抗坏血酸含量	(169)
【练习题 5】	(171)

第 3 篇 色谱分析技术

项目 6 气相色谱分析技术

任务 6.1 色谱分析技术概述	(176)
任务 6.2 气相色谱仪	(192)
任务 6.3 气相色谱实验技术	(201)
【项目小结】	(209)
实训项目 6.1 白酒中微量成分含量分析	(210)
实训项目 6.2 气相色谱法分析苯系物	(211)
实训项目 6.3 血液中乙醇含量的测定	(213)
实训项目 6.4 饮料中挥发有机物的测定	(214)
实训项目 6.5 气相色谱法测无水乙醇中水的含量	(216)
【练习题 6】	(218)

项目 7 液相色谱分析技术

任务 7.1 高效液相色谱分析技术概述	(221)
任务 7.2 高效液相色谱仪	(225)
任务 7.3 液相色谱实验技术	(234)
任务 7.4 液相色谱仪的日常维护与使用技术	(240)
【项目小结】	(243)
实训项目 7.1 葡萄酒中有机酸的定性定量分析	(243)
实训项目 7.2 高效液相色谱法测定饮料中的咖啡因	(246)
实训项目 7.3 奶粉中三聚氰胺的分析检测	(247)
实训项目 7.4 HPLC 法测定食品中苏丹红染料	(250)
实训项目 7.5 高效液相色谱法分析果汁中的苯甲酸和山梨酸	(253)
实训项目 7.6 柱前衍生化反相 HPLC 法测定多维氨基酸片氨基酸的含量	(254)

【练习题 7】	(257)
---------------	-------

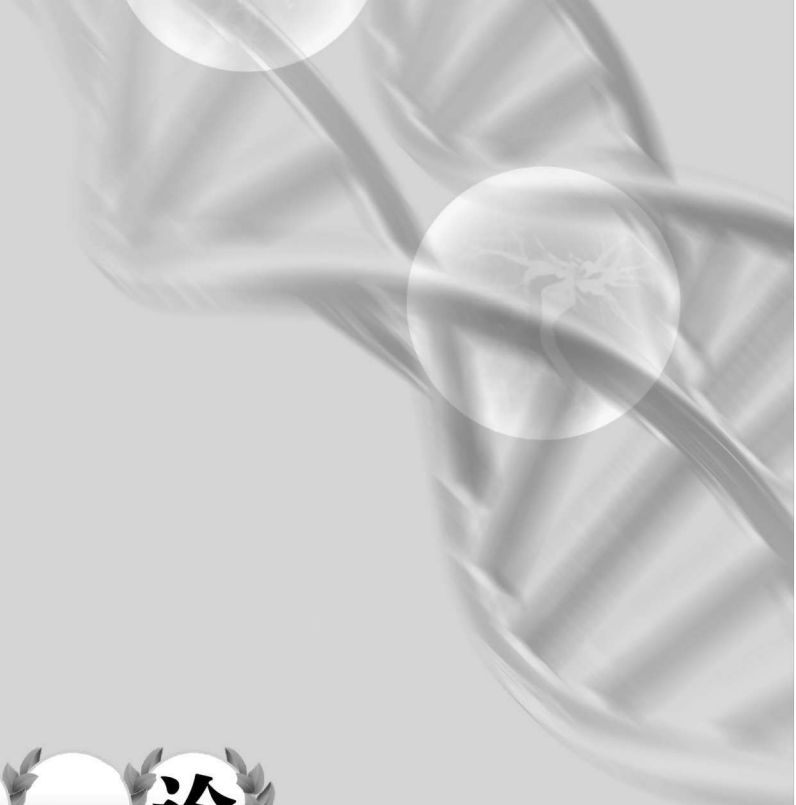
第 4 篇 其他分析技术

项目 8 质谱分析技术

任务 8.1 质谱分析技术概述	(261)
任务 8.2 质谱仪	(263)
任务 8.3 质谱分析实验技术	(267)
任务 8.4 GC-MS 分析技术	(273)
任务 8.5 LC-MS 分析技术	(276)
任务 8.6 MS-MS 串联质谱	(279)
【项目小结】	(282)
实训项目 8.1 GC-MS 法测定奶粉中三聚氰胺	(282)
实训项目 8.2 LC-MS 法测定牛乳中三聚氰胺	(284)
实训项目 8.3 皮革及其制品中残留五氯苯酚的检测	(286)
实训项目 8.4 质谱法测定固体阿司匹林试样	(288)
实训项目 8.5 GC-MS 法测定植物油中的不饱和脂肪酸的含量	(290)
【练习题 8】	(292)

第 5 篇 仪器分析综合实训

综合实训项目 1 地面水中污染物的分析	(295)
综合实训项目 2 穿心莲药材与制品中有效成分的富集及含量测定	(298)
综合实训项目 3 化妆品中性激素的测定	(300)
综合实训项目 4 家畜肉中土霉素、四环素、金霉素残留量测定	(303)
参考文献	(305)



绪论



0.1 仪器分析的特点和任务

分析化学(analytical chemistry)是研究物质组成和结构信息的科学。作为化学学科的一个重要分支,分析化学的任务主要是鉴别物质的化学性质、测定物质组分的相对含量,以及确定物质的化学结构。

分析化学方法包括化学分析和仪器分析两大类。近代化学分析起源于17世纪,而仪器分析则在19世纪后期才开始出现。化学分析是基于化学反应及其计量关系进行分析的方法。仪器分析是以测量物质的物理性质或物理化学性质为基础来确定物质的化学组成、含量以及化学结构的一类分析方法,由于这类方法需要比较复杂或特殊的仪器设备,故称为仪器分析。

仪器分析是从化学分析发展起来的一门学科,仪器分析作为分析化学的重要组成部分,采用各种先进的分析方法和手段,可对复杂试样进行准确、快速分析。随着现代仪器分析技术与各种专业技术的结合,特别是计算机技术在仪器分析中的应用,使仪器分析理论和方法得到迅猛发展,并广泛应用于生物、医药、食品、环境等诸多领域,已成为各种专业研究工作中不可或缺的重要组成部分。由于仪器分析理论和方法涉及化学、物理、数学、计算机及自动化等方面的相关知识,因此在学习过程中对学生综合知识运用能力和分析解决问题能力的提高具有十分重要的意义。仪器分析法与化学分析法相比主要具有以下特点:

1) 灵敏度高,试样用量少

仪器灵敏度的提高,使试样用量由化学分析的mL、mg级下降到 μL 、 μg 级,甚至ng级,更适用于试样中微量、半微量乃至超微量组分的分析。

2) 重现性好,分析速度快

飞速发展的计算机技术在分析仪器上的应用,使仪器的自动化程度大大提高,不仅操作更加简便,而且随着仪器体量的不断减小,更方便携带,易于实现在线分析和远程分析。

3) 用途广泛,能适应各种分析要求

仪器分析方法众多、功能各不相同,不仅可以进行定性、定量分析,还能进行分子结构分析、形态分析、微区分析、化学反应有关参数测定等。这使仪器分析不仅是重要的分析测试方法,而且是强有力的科学研究手段,这是一般化学分析难以实现的。

4) 可实现对复杂样品的成分分离和分析

化学分析通常要对试样进行溶解或分离等繁复的处理;而仪器分析则可以在试样的原始状态下进行,实现对试样的无损分析以及表面、微区、形态等的分析。

虽然仪器分析比化学分析具有显著的优点,但也有不足之处,比如,大型精密仪器的价格昂贵,构造复杂。仪器分析是一种相对分析方法,需要与标准物质或标准数据进行比对。另外,仪器分析的相对误差较大,一般在3%~5%,不适合样品中常量及以上成分的测定。

应该清楚的是,仪器分析方法的发展和分析仪器的更新是非常迅猛的,在学习过程中,不能只注重现有仪器的使用操作,而是应该注重对分析方法原理和应用的理解与掌握,这样才能跟上仪器分析的发展速度。

0.2 仪器分析方法的分类

根据仪器的分析原理,仪器分析方法主要分为:光学分析法、电化学分析法、分离分析法、热分析法和质谱法等。

1) 光学分析法

光学分析法是基于被分析组分和电磁辐射相互作用产生辐射的信号与物质组成和结构的关系所建立的分析方法。根据物质和电磁辐射作用性质的不同,光学分析法又分为光谱法和非光谱法两大类。光谱法是通过测定物质与电磁辐射作用时,物质内部发生量子化能级跃迁产生的吸收或发射电磁波的性质或强度的方法;非光谱法是基于物质与辐射相互作用时,测量辐射的某些性质(如折射、散射、干涉、衍射、偏振等)变化的分析方法。

2) 电化学分析法

电化学分析法是应用电化学原理和技术,利用化学电池内被分析溶液的组成及含量与其电化学性质的关系而建立起来的一类分析方法。根据测量的电信号不同,电化学分析法可分为电位法、电解法、电导法和伏安法等。

3) 分离分析法

分离分析法是指组分分离和测定一体化的仪器分离分析方法或分离分析仪器的方法,主要是以气相色谱、高效液相色谱、毛细管电泳等为代表的分离分析方法及其与上述仪器联用的分离分析技术。

4) 其他仪器分析法

其他仪器分析法主要包括质谱法、热分析法和放射化学分析法等。质谱法是将样品转化为运动的带电气态离子碎片,根据磁场中质荷比不同进行分析的一种方法;热分析法是基于物质的质量、体积、热导或反应热等与温度的关系的分析方法;放射化学分析法是利用放射性同位素进行分析的方法。主要的仪器分析方法和相应的测量参数见表 0.1。

表 0.1 仪器分析方法的分类

方法分类	测量参数或相关性质	分析方法举例
光学分析法	辐射的散射	比浊法;浊度测定法;拉曼光谱法
	辐射的折射	折射法;干涉衍射法
	辐射的衍射	X 射线法;电子衍射法
	辐射的旋转	偏振法;旋光色散法;圆二色谱法
	辐射的吸收	原子吸收光谱法;分光光度法(X 射线、紫外、可见、红外);核磁共振波谱法
	辐射的发射	原子发射光谱法;火焰光度法;荧光、磷光和化学发光法(X 射线、紫外、可见)

续表

方法分类	测量参数或相关性质	分析方法举例
电化学分析法	电导	电导分析法
	电位	电位分析法;计时电位分析法
	电流	安培法;电流滴定法
	电流-电压	伏安法;极谱分析法
	电荷量	库仑分析法
分离分析法	组分在两相间的分配	气相色谱法;液相色谱法;超临界流体色谱;离子交换色谱
其他仪器分析法	质荷比	质谱法
	反应速度	反应动力学方法
	热性质	热重法;差热分析法;热导法
	放射性	放射化学分析法

0.3 分析仪器的构成

分析仪器是分析工作者实现快速、准确、实时和动态等分析目的的基本工具。现代分析测试技术,已从过去的成分分析和一般的结构分析,发展到从微观层面上探索物质的外在表现与物质结构之间的内在联系,因此对分析仪器的性能不断提出更高的要求。尽管现代分析仪器种类繁多、型号多变、结构各异、计算机应用和智能化程度差别很大,但在分析过程中对信息的采集、数据的处理和分析结果的表述等方面还有许多相似或相同之处。

分析仪器一般都由信号发生器、检测装置和数据处理工作站等几部分组成。由于各种仪器分析方法的原理、样品的处理要求以及分析流程等差异,所以不同文献对分析仪器基本组成单元的划分也各不相同。部分常用分析仪器的基本组成见表 0.2。

表 0.2 部分常用分析仪器的基本组成

仪 器	信号发生器	信号类型	检测器	输出信号	信号处理器	读出装置
紫外-可见分光光度计	钨灯或氢灯,样品	衰减光束	光电倍增管	电流	放大器	表头、记录仪或打印机、数字显示或工作站
化学发光仪	样品	相对光强	光电倍增管	电流	放大器	
离子计	样品	离子活度	选择性电极	电位	放大器	
库仑计	直流电,样品	电量	电极	电流	放大器	
气相色谱仪	样品	电阻、电流			放大器	

0.4 分析仪器的性能指标

1) 精密度

精密度 (precision) 是指在相同条件下对同一样品进行多次平行测定所得结果之间的符合程度。同一操作者在相同条件下的分析结果的精密度称为重复性; 不同操作者在各自条件下的分析结果的精密度称为再现性。根据国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 的规定, 精密度通常用标准偏差 S 或相对标准偏差 RSD 来表示:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (0.1)$$

$$RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (0.2)$$

式中 x_i ——个别测定值;

$\bar{x}$ —— n 次平行测定的平均值。

2) 灵敏度

灵敏度 (sensitivity) 是指被测组分在低浓度区, 当浓度有一个单位的微小改变时所引起的测定信号的改变值, 它与校准曲线的斜率和仪器设备自身的精密度有关。在相同精密度的两种方法中, 校准曲线斜率较大的分析方法的灵敏度较高; 而当两种分析方法的校准曲线斜率相等时, 仪器精密度好的分析方法灵敏度高。根据 IUPAC 的规定, 灵敏度的定义是指在浓度测定的线性范围内校准曲线的斜率, 各种分析方法的灵敏度可通过测定一系列标准溶液来求得。

3) 线性范围

校准曲线的线性范围 (linear range) 是指定量测定的最低浓度到符合线性相应关系的最高浓度之间的范围。在实际分析工作中, 分析方法的线性范围至少应有两个数量级, 有些分析方法适用的浓度范围可达 5 ~ 6 数量级。分析方法的线性范围越宽, 样品浓度测定的适用性就越强。

4) 检出限

检测下限简称为检出限 (detection limit), 是指在一定置信水平下检出分析物或组分的最低浓度或最小质量, 其数值取决于被分析组分产生的信号与本底空白信号或仪器噪声的统计平均值之比。当被分析组分产生的信号值与空白信号随机变化值之比大于一定倍数 k (一般 $k \geq 3$) 时, 才可能认定被分析组分准确检出。

在与试样测定相同的条件下, 对空白试样进行充分多次的平行测定 (通常测定次数为 20 ~ 30 次), 测得仪器噪声的统计平均值为 A_0 (即信号空白值), 得到空白值的标准差为 S_0 ; 在检出限水平时测得试样的信号平均值为 A_L , 则最小检测信号

$$A_L - A_0 = 3S_0 \quad (0.3)$$

最小检出量 q_L 和最低检出浓度 c_L 可分别表示为:

$$q_L = 3 \frac{S_0}{m} \quad (0.4)$$