

高职高专“十三五”规划教材

仪器分析

YIQI FENXI

赵艳霞 王大红 主编



化学工业出版社

高职高专“十三五”规划教材

仪器分析

YIQI FENXI

赵艳霞 王大红 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《仪器分析》共分6章,系统地介绍了电位分析法、紫外-可见分光光度法、原子吸收光谱法、气相色谱法、高效液相色谱法和其他分析方法,着重阐述了各种分析方法的原理、定性定量分析、仪器的构造及主要操作等内容。每章以典型案例为引导,以思维导图为主线帮助学习,理论知识和操作技能采用二维码的形式进行讲解,形象生动、重难点突出。每章节配以操作技能、阅读材料、思考与练习等栏目。

全书内容简练,层次分明。通过本课程的学习,能使學生熟练使用各种仪器设备,掌握相关理论知识,为培养学生专业职业能力奠定基础。

本书可作为高职高专药品质量检测技术、食品营养与检测、生物制药、工业分析与检验、农产品质量分析等专业的教材,也可供分析工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析/赵艳霞,王大红主编. —北京:化学工业出版社,
2017.8

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29832-4

I. ①仪… II. ①赵…②王… 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(2017)第122700号

责任编辑:旷英姿

文字编辑:陈雨

责任校对:王素芹

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数301千字 2017年8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:32.00元

版权所有 违者必究

编写人员

主 编 赵艳霞 王大红

副主编 侯鹏飞 谢克英

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

侯鹏飞 漯河职业技术学院

罗 超 长江职业学院

王大红 武汉职业技术学院

谢克英 河南农业职业学院

赵荣敏 石家庄职业技术学院

赵艳霞 武汉职业技术学院

前言

目前,仪器分析技术在药品、食品、工业等各个领域发挥了重要的作用。随着社会经济的发展,人们对产品质量的关注度越来越高,对分析检测人才的数量、质量和结构提出了更高的要求。本教材充分与岗位能力需求接轨,在借鉴近年来仪器分析教学改革成果的基础上,结合现有仪器分析课程教学资源,对“仪器分析”的课程定位与课程目标进行了充分的调研和论证,对教学内容进行了改革,对教材编写形式进行了创新,着力为学生后续专业课程学习和从事分析检测工作奠定基础,培养学生的自主学习能力、实践能力、判断性思维能力和创新能力。

《仪器分析》在编写过程中,紧紧围绕“高技能型人才”这一培养目标,坚持“学生易学、教师易教”和“终身学习、能力本位、岗位需要、教学需要、社会需要”的教材编写理念;坚持三基(基本理论、基本知识、基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的教材编写原则;坚持“三贴近”的教材编写方针,使教材内容更贴近分析检测专业人才的培养目标、更贴近分析检测职业的岗位需求、更贴近学生的现状和学习兴趣。

为充分体现高职教材的特色,我们在本书的编排上做了一些尝试,力求打造立体化的、能适应学生自主学习的新型教材。一是体现“实用、够用”原则。在企业调研的基础上,本书介绍了企业常用的仪器分析方法,包括紫外-可见分光光度法、气相色谱法、液相色谱法、高效液相色谱法、电位分析法等。同时加大了实验技术方面的介绍,如样品的预处理、软件处理数据的方法等。二是体现“内容配套”原则。该教材内容将仪器分析素材有机结合,设置了“二维码扫描微课视频”,将教学图片、课件、动画有机结合,使教学内容更加丰富,拓宽了学习空间。三是体现“职业性和实践性”原则。全书采用案例引导式教学,实训项目来自于企业典型的工作案例,使教学内容更符合工作需求,使教材更具有实用性、针对性。四是体现“教师主导、学生主体”原则。全书分“案例导入”、“思维导图”、“课程导入”、“阅读材料”、“思考与练习”等部分,使教、学、做一体化,以提高教学质量和教学效果。

本书由武汉职业技术学院赵艳霞、王大红担任主编。绪论、第六章由罗超编写,第一、第二章由赵艳霞编写,第三章由侯鹏飞编写,第四章由谢克英编写,第五章由赵荣敏编写,实训项目由王大红编写。在编写过程中,还参考了有关专家和编者的文献资料和教材,在此一并表示衷心的感谢!

尽管编者具有多年的教学经验,经验也较为丰富,但鉴于编者对高等职业教育的理解及学术水平有限,尤其是和教学资源库的接轨尚需进一步完善,不足之处恳请各位专家和读者予以批评指正。

编者

2017年4月

温馨提示:值得说明的是,本教材中各章节的微课视频存储在“百度网盘”中。读者需在手机上下载并安装“百度网盘”后,直接扫描二维码进行观看。

目录

绪 论

一、仪器分析方法的分类	1
二、仪器分析的特点	2
三、仪器分析的发展趋势	2
四、样品的前处理技术	3

第一章 电位分析法

第一节 电位分析法概述	7
一、电位分析法的特点	7
二、电位分析法的分类	7
三、电位分析法预备知识——原电池	9
第二节 电位分析法的基本原理	11
一、电位分析法的理论依据	11
二、参比电极与指示电极	12
第三节 直接电位法测定溶液 pH	16
一、直接电位法测定溶液 pH 的原理	16
二、酸度计的基本构造	17
三、酸度计的基本操作	18
四、酸度计的维护与保养	19
第四节 直接电位法测定其他离子活(浓)度	21
一、直接电位法测定其他离子活(浓)度的工作原理	21
二、离子选择性电极	22
三、离子计的基本结构与操作	23
四、测定离子活度(浓度)的方法	25
五、影响测定的主要因素	26
第五节 电位滴定法的工作原理	28
一、电位滴定法的基本方法和工作装置	28
二、自动电位滴定仪的基本结构与操作	29
三、电位滴定仪终点的确定方法	30

第二章 紫外-可见分光光度法

第一节 紫外-可见分光光度法概述	34
一、紫外-可见分光光度法特点	34
二、紫外-可见分光光度法预备知识——光的认识	34
第二节 紫外-可见分光光度计	36
一、紫外-可见分光光度计的基本构造	37
二、紫外-可见分光光度计的类型	38
三、紫外-可见分光光度计的基本操作	39

四、紫外-可见分光光度计的维护与保养	40
第三节 紫外-可见分光光度法定性分析	42
一、物质对光的吸收本质	42
二、吸收光谱曲线	43
三、有机化合物的紫外-可见吸收光谱	44
四、紫外-可见分光光度法的定性应用	45
第四节 紫外-可见分光光度法定量分析	48
一、朗伯-比尔定律	48
二、紫外-可见分光光度法的定量方法	50
第五节 紫外-可见分光光度法条件选择	55
一、测量条件的选择	55
二、显色条件的选择	56

第三章 原子吸收光谱法

第一节 原子吸收光谱法概述	62
一、原子吸收光谱法的特点	62
二、原子吸收光谱法预备知识——电子跃迁	62
第二节 原子吸收光谱法的基本原理	64
一、共振线	64
二、基态与激发态原子的分配	65
三、积分吸收与峰值吸收	65
第三节 原子吸收分光光度计	67
一、原子吸收分光光度计的基本构造	67
二、原子吸收分光光度计的类型	72
三、原子吸收分光光度计的基本操作	74
四、原子吸收分光光度计的维护与保养	79
第四节 原子吸收光谱法的定量分析	81
一、原子吸收光谱法定量分析的依据	81
二、原子吸收光谱法的定量方法	82
三、原子吸收光谱法的定量应用	83
第五节 原子吸收光谱法分析实验技术	85
一、样品的制备	85
二、标准样品溶液的配制	86
三、测定条件的选择	87
四、干扰及其消除技术	90
五、灵敏度、检出限和回收率	91

第四章 气相色谱法

第一节 气相色谱法概述	96
一、气相色谱法的特点	96
二、气相色谱法预备知识——色谱法	96
第二节 气相色谱法的分离原理	100
一、气相色谱法的分离原理	100
二、色谱流出曲线	100

第三节 气相色谱仪	104
一、气相色谱仪的构造	104
二、气相色谱仪的基本操作	108
三、气相色谱仪的维护和保养	113
第四节 气相色谱法的定性分析	116
一、气相色谱法的定性依据	116
二、气相色谱法的定性方法	116
三、气相色谱法的定性应用	118
第五节 气相色谱法的定量分析	120
一、气相色谱法的定量依据	120
二、气相色谱法的定量方法	120
第六节 气相色谱法分离条件的选择	124
一、气相色谱法的理论依据	124
二、分离操作条件的选择	126

第五章 高效液相色谱法

第一节 高效液相色谱法概述	132
一、液相色谱法的分类	133
二、高效液相色谱法的特点	133
第二节 高效液相色谱法的基本原理	135
一、液相色谱分离原理	135
二、高效液相色谱分离方法的选择	136
三、固定相与流动相选择	137
第三节 高效液相色谱仪	140
一、高效液相色谱仪的构造	140
二、高效液相色谱仪的基本操作	143
三、高效液相色谱仪的维修与保养	146
第四节 高效液相色谱法的应用	149
一、定性分析	149
二、定量方法	149
三、应用	150

第六章 其他分析方法

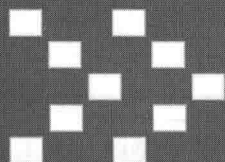
第一节 原子荧光光谱法	154
一、原子荧光光谱的产生	154
二、氢化物发生-原子荧光法的测定原理	154
三、原子荧光光度计的基本构造	155
四、原子荧光光度计的基本操作	157
第二节 红外吸收光谱法	159
一、红外吸收光谱的原理	160
二、红外光谱仪的基本构造	161
三、红外光谱仪的基本操作	163
第三节 气相色谱-质谱联用技术	165
一、气相色谱-质谱联用仪的组成	165

二、气相色谱-质谱联用技术的定性分析	167
三、气相色谱-质谱联用技术的定量分析	168
四、气相色谱-质谱联用技术的应用	168

实训项目 检验报告（样本）

实训项目 1 直接电位法测定青霉素注射液的 pH	170
实训项目 2 电位滴定法测定食醋的总酸度	171
实训项目 3 离子选择性电极法测牙膏中氟离子的含量	172
实训项目 4 紫外-可见分光光度计的认识和调校	173
实训项目 5 分光光度法测定生血片中铁的存在	175
实训项目 6 标准曲线法测定生血片中铁的含量	176
实训项目 7 生血片中测铁条件优化实验	177
实训项目 8 原子吸收分光光度法测定水中铜的含量	178
实训项目 9 原子吸收法测定葡萄糖酸锌口服液中锌的含量	179
实训项目 10 GC 测定丁醇异构体的含量（归一化法）	180
实训项目 11 GC 测定八角茴香油中茴香脑的含量（内标法）	181
实训项目 12 GC 测定食品中山梨酸和苯甲酸的含量（外标法）	183
实训项目 13 反相色谱法测定有机化合物中甲苯的含量	184
实训项目 14 高效液相色谱法测定乳制品中三聚氰胺的含量	185
实训项目 15 依诺沙星片鉴别与含量测定	186
实训项目 16 氯霉素滴眼液 pH 与含量测定	187

参考文献



绪 论

Introduction

仪器分析是借助精密的分析仪器，依据物质的物理性质或物理化学性质来确定物质的化学组成、含量及结构的分析方法。近年来，随着电子技术、计算机技术、激光技术等的发展，分析技术发生了深刻变化，许多新方法、新技术、新仪器不断涌现，经典的化学分析也正在不断仪器化。目前，仪器分析在石油、化工、冶金、医药、食品、地质、环保、国防等领域的应用突飞猛进。因此，掌握各种仪器分析的原理与操作、理解仪器分析的方法已成为分析工作者必须具备的职业技能。

一、仪器分析方法的分类

仪器分析是一门多学科相互渗透的综合性应用科学，分类方法很多。根据测定的方法原理不同，主要分为光学分析法、电化学分析法、色谱分析法等。仪器分析方法的分类见表 0-1。

表 0-1 仪器分析方法分类

方法分类	被测物理参数	相应分析方法(部分)	检测目的
光学分析法	辐射的发射	原子发射光谱法 火焰发射光谱法 原子荧光光谱法 紫外-可见分光光度法 红外吸收光谱法	元素的定性、定量分析 碱金属、碱土金属元素含量测定 元素定量分析 定量分析,紫外可定性分析
	辐射的吸收	原子吸收光谱法 核磁共振波谱法	结构鉴定、定量分析 金属、半金属元素含量测定 物质结构鉴定
电化学分析法	电极电位	直接电位法、电位滴定法	定量分析
	电导	直接电导法、电导滴定法	定量分析
	电量	库仑分析法	定量分析
	电流-电压	极谱分析法	定量分析
色谱分析法	两相间的分配	气相色谱法、液相色谱法	混合物的分离与定量分析
	相对迁移率	电泳分析法	混合物的分离与定量分析
	质荷比	质谱法	分子量测定、结构鉴定,色质联用 物质的鉴定和定量分析

1. 光学分析法

光学分析法是基于物质与光作用时，物质内部发生能级间的跃迁而产生特征光谱，通过测定其吸收或发射光谱的波长与强度，进行定性分析、定量分析、结构分析和各种数据测定

的一种分析方法。光学分析法包括吸收光谱法和发射光谱法两类。

2. 电化学分析法

电化学分析法是基于物质电化学性质与浓度的关系来测定被测物质含量的一类分析方法。包括电位分析法、电导分析法、库仑分析法、电泳分析法等。

3. 色谱分析法

色谱分析法是基于样品中各组分物质在两相中分配系数不同而将混合物分离，然后用各种检测器测定各组分含量的分析方法。包括气相色谱法（GC）、液相色谱法（LC）等。

以上三类是目前应用最广的分析方法。由于仪器分析发展迅速，也涌现出很多其他仪器分析方法，如差热分析法、放射分析法、核磁共振波谱法、X射线荧光分析法等。本教材着重介绍紫外-可见分光光度法、原子吸收光谱法、电位分析法、气相色谱法和液相色谱法等常用的仪器分析方法。

二、仪器分析的特点

仪器分析作为分析化学中的一类分析方法，具有以下特点。

（1）灵敏度高 与化学分析相比，仪器分析灵敏度高，相对检出限量一般在 10^{-6} 或 10^{-9} 数量级，甚至可达 10^{-12} ，如气相色谱法的检出限可达 $10^{-12} \sim 10^{-8}$ ，原子吸收光谱法的检出限可达 10^{-9} 。因而仪器分析方法适用于微量及痕量成分的分析。

（2）分析速度快，自动化程度比较高 在分析过程中，绝大多数分析仪器都是将被测组分的浓度变化或物理性质变化转变成某种电性能（如电阻、电导、电位、电容、电流等），从而易与计算机连接，实现自动化和智能化。因此仪器分析具有分析速度快，操作简便的特点。如光电直读光谱仪可在 $1 \sim 2 \text{ min}$ 内测出钢样中 $20 \sim 30$ 种元素的含量。

（3）试样用量少，适合于微量和超微量分析 如在气相色谱分析中样品的进样量只要几微升。

（4）选择性高 由于仪器本身具有较高的分辨能力，容易方便地选择最佳条件进行测试，还可以利用其他辅助技术如掩蔽和分离方法等，大大提高其选择性。

除了上述特点外，仪器分析方法也具有一定的局限性。其一，仪器分析设备昂贵，难保养，工作条件要求较高。其二，相对误差较大（通常为 5% ），不适合于常量和高含量组分的分析，但绝对误差很小，可满足微量组分的分析。

化学分析是利用化学反应及其计量关系来进行分析，对于常量组分的测定，具有经典、成熟、准确等特点。在仪器分析中，有时会利用化学分析法的相关知识。如在仪器分析中，一般都要用标准物质进行定量工作曲线校准，而很多标准物质却需要用化学分析进行准确含量的测定。因此，正如著名分析化学家梁树权先生所说：“化学分析和仪器分析同是分析化学的两大支柱，两者唇齿相依，相辅相成，彼此相得益彰”。总的来说，化学分析是基础，仪器分析是发展方向。

三、仪器分析的发展趋势

从 19 世纪 40 年代开始，仪器分析方法得到了迅速的发展，并逐步成为分析化学的主要组成部分。另外，一些科学技术的发展，为许多新的仪器分析方法的建立和发展奠定了良好的基础，并提供了技术支持。目前，仪器分析在石油工业、化学工业、环境保护、

冶金工业、药物分析、食品分析等各个领域中的应用日趋广泛。如利用红外光谱、紫外光谱、核磁共振及质谱分析等方法对药物的结构进行分析；利用原子吸收光谱仪测定食品中微量金属元素；利用气相色谱仪、薄层色谱扫描仪测定农产品中的农药残毒及其他有机化合物等。

由于科学技术的发展，对分析技术又提出很多新的研究课题。从常量分析到痕量分析，从总体到微区分析，从整体到表面分析，从定性、定量到微观结构分析，从静态到追踪分析，要求快速、灵敏、准确、高效、自动化地检测物质的含量、状态、价态及结构。科学技术的发展鞭策着仪器分析不断向前发展，目前仪器分析的发展趋势具有如下 5 个特点。

1. 新的仪器和新的分析方法不断涌现

现代最新的科学技术，如激光、等离子体、计算机等先进的电子技术都引入仪器分析中，使得这门科学得到飞速发展，新的分析仪器、新的分析方法将会不断涌现。

2. 自动化程度越来越高

目前世界各地展出的分析仪器，一个共同特点就是微机化和自动化，这不但使分析操作和数据处理的整个过程都自动化，而且还可以对科学实验条件或工业生产进行自动调节和控制。

3. 多种分析方法联合使用

仪器分析多种方法的联合使用可以使每种分析方法的优点得以发展，每种方法的缺点得以补救。目前联用分析技术已成为当前仪器分析的重要方向。

4. 分析的灵敏度越来越高，分析速度越来越快

随着科学技术与经济的发展，进一步提高了仪器分析法的灵敏度和选择性，如活化分析和质谱分析的绝对灵敏度为 10^{-14} g。同时要求仪器分析方法分析速度越来越快。据报道，在临床分析中，一次取血样 4mL，可在 0.5h 内报出 31 种临床分析项目的结果。

5. 学科的相互交叉和渗透

生物、物理、数学等各学科的相互渗透、相互融合，使仪器分析逐渐成为一门以一切可能的方法和技术，一切可以利用的物质属性，对一切可以测定的化学组分及其形态、状态、结构、分布进行测量及表征的综合学科。

四、样品的前处理技术

一般完成一个检测任务，其分析过程主要包括样品的采集、样品的前处理、分析检测、数据处理和填写报告单。其中，样品的前处理最为重要，其主要目的是排除其他组分的干扰，完整地保留被测组分并使之浓缩，以获得满意的分析结果。常见的样品前处理包括蒸馏、萃取、消解技术、离子交换分离技术等。

1. 蒸馏

蒸馏是使用广泛的一种分离方法，根据液体混合物中液体和蒸气之间混合组分的分配差异进行分离。所谓蒸馏就是将液态物质加热到沸腾变为蒸气，又将蒸气冷却为液体这两个过程的联合操作。利用有机物质的沸点不同，在蒸馏过程中低沸点的组分先蒸出，高沸点的组分后蒸出，从而达到分离提纯的目的。实际上蒸馏技术是挥发性和半挥发性有机物样品精制的最佳选择。对于复杂的环境样品前处理而言，很少会用到简单的常压蒸馏，更多使用的是分馏、水蒸气蒸馏、真空蒸馏、抽提蒸馏与液液萃取

或升华等技术的联用。

2. 萃取

萃取是常用的分离和提纯有机化合物的主要方法之一，同时也是消除干扰的有力手段之一。应用萃取可以从固体或液体中提取所需要的物质，即被萃取物可以是液体也可以是固体。

萃取是利用物质在两者不互溶（或微溶）溶剂中溶解度或分配比的不同来达到分离、提纯或纯化目的的一种操作。即一种物质在 R 溶剂中高度分散时，加入另一种与 R 互不相溶的溶剂 S，而使溶质从 R 相转移到 S 相的传质过程。常见的萃取方式有液-液萃取、液-固萃取、超临界萃取等。

3. 消解技术

消解技术包括湿法分解和干灰化法。所谓湿法分解又称湿法消化，是在氧化性酸（或碱及非氧化性酸）存在下，在一定的温度和压力下，借助化学反应使样品分解，将待测成分转化为离子形式存在于消解液中以供测试的样品处理办法。常用的强氧化性酸有浓硝酸、浓硫酸、高氯酸等。在实际的湿法消解中，既可只用一种酸，又可使用混合酸。

干灰化法消解也是一种常用的样品前处理技术。首先将样品在高温下灰化，然后再用稀盐酸或稀硝酸分解灰化，过滤后，滤液用于定量分析。

4. 热解吸

热解吸通常与固相萃取、吹扫捕集、膜萃取等样品前处理技术配合使用，主要用于从固体吸附剂上将预测组分解吸下来。热解吸与气相色谱或质谱联用，具有广泛的应用范围。在环境样品分析方面，主要用于使用吸附管采集的大气样品中挥发性有机污染物的检测。热解吸进样的主要特点是可用于复杂样品的分析，不需使用溶剂并可实现自动化。其优点：一是可进行 100% 的样品组分的色谱分析，由此使灵敏度大大增加；二是在色谱分析中没有溶剂峰，可进行宽范围挥发性有机物分析，色谱保留值短的样品组分不会受到溶剂峰的干扰；三是不使用有机溶剂，减少和消除了对环境的污染。其缺点是样品完全解吸可能需要较长的时间，需要考察和计算采样量，样品处理的费用可能较高。此外，热解吸装置的费用较高，如果配备冷捕集和二次冷聚焦设备，样品处理时间和费用将进一步增加。

5. 衍生化技术

衍生化技术就是通过化学反应将样品中难于分析检测的目标化合物定量转化成另一易于分析检测的化合物，通过后者的分析检测对可疑目标化合物进行定性和/或定量分析。衍生化的目的有以下几点：①将一些不适合某种分析技术分析的化合物转化成可以用该技术分析的衍生物；②提高检测灵敏度；③改变化合物的性能，改善灵敏度；④有助于化合物结构的鉴定。

6. 热裂解

热裂解就是利用热能将大分子化合物（高分子聚合物、生物大分子等）分解成小分子化合物，通过分析小分子化合物的组成、结构来推断大分子化合物的组成和结构。

思考与练习 0.1

一、单选题

1. 仪器分析主要利用物质的（ ）性质。

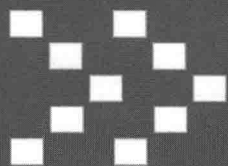
- A. 物理性质 B. 化学性质
C. 物理性质或物理化学性质 D. 物理性质或化学性质

2. 下列不属于仪器分析特点的是 ()。

- A. 分析速度快 B. 灵敏度高 C. 准确度高 D. 精密度高

二、简答题

1. 简述仪器分析的定义及分类。
2. 仪器分析的发展趋势是什么?
3. 样品的前处理技术包括哪些?



01

Chapter

第一章

电位分析法



案例导入

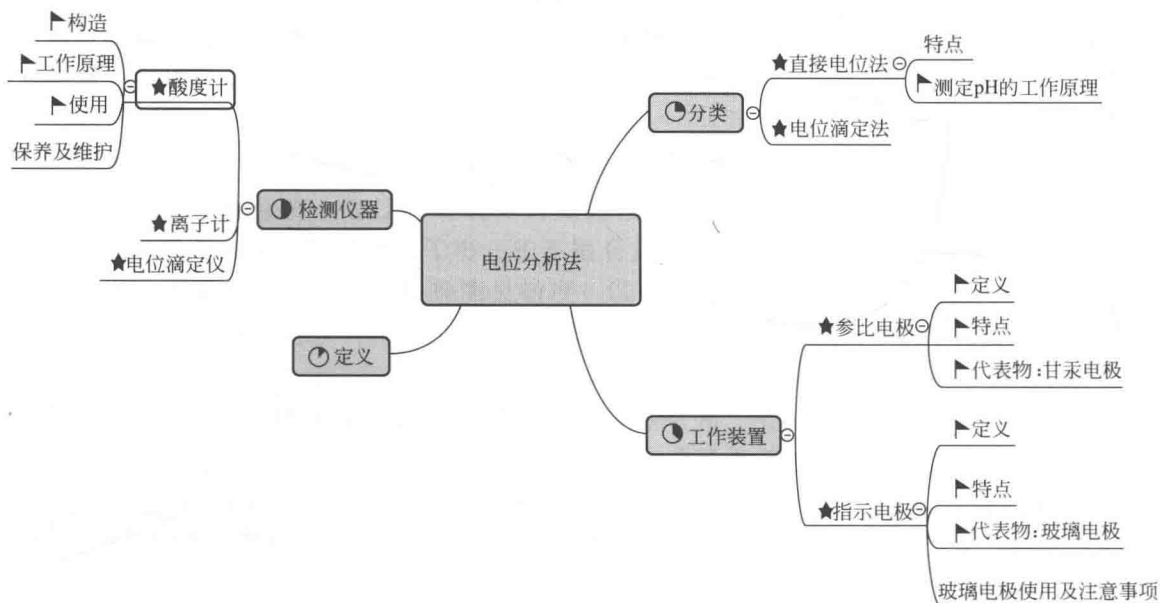
青霉素作为首个 β -内酰胺类的抗生素，在酸性或碱性条件下，其 β -内酰胺环容易发生裂环从而使药效下降或消失，因此《中华人民共和国药典》（简称《中国药典》）二部中，关于青霉素质量标准，需检查其原料及制剂的酸碱度，其主要测定方法为电位分析法。

思考：1. 什么是电位分析法？

2. 电位分析法为什么可以测定 pH？使用的仪器是什么？



思维导图



电化学分析法是依据物质的电学性质（如电流、电位、电导、电量等），来测定物质组成及含量的分析方法，最早是由德国化学家 C·温克勒在 19 世纪首先引入分析化学领域的。根据测定的参数不同，电化学分析法主要分为电位分析法、库仑分析法、电导分析法、电解分析法等。

通过本章学习，达到以下学习目标：

知识目标

掌握电位分析法的基本原理；掌握 pH 玻璃电极测量溶液 pH 的原理和实验方法；熟悉酸度计、电位滴定仪的基本结构和操作；了解电位滴定法的基本原理。

技能目标

能熟练操作酸度计、电位滴定仪；正确掌握 pH 玻璃电极的使用方法；了解酸度计的维护与保养。



课程
导入



第一节 电位分析法概述

电位分析法是电化学分析法的一个重要分支。电位分析法是将一支电极电位与被测物质的活（浓）度有关的电极（称指示电极）和另一支电位已知且保持恒定的电极（称参比电极）插入被测溶液中组成一个原电池，在零电流的条件下，通过测定电池电动势，进而求得溶液中待测组分含量的分析方法。

一、电位分析法的特点

（1）设备简单，操作方便 一般电位分析法只需用酸度计（离子活度计）或自动电位滴定计即可，操作起来非常方便。

（2）灵敏度高、选择性好、重现性好 如直接电位法一般可测离子的浓度范围为 $10^{-1} \sim 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，个别可达 10^{-8} mol/L 。电位滴定法的灵敏度更高。

（3）可用于连续、自动和遥控测定 由于电位分析测量的是电信号，所以可方便地将其传播、放大，也可作为反馈信号来遥控测定和控制。

（4）应用范围广 可用于许多阴离子、阳离子、有机物离子的测定，尤其是一些其他方法较难测定的碱金属、碱土金属离子、一价阴离子及气体的测定。此外，可以制作成传感器，用于工业生产流程或环境监测的自动检测；也可以制成微电极，用于血液、活体、细胞等对象的分析。

二、电位分析法的分类

电位分析法包括直接电位法和电位滴定法。直接电位法是 20 世纪 70 年代初才发展

起来的一种应用广泛的快速分析方法，常用于溶液 pH 和一些离子浓度的测定。直接电位法采用专用的指示电极，通过直接测定原电池的电动势来计算待测离子的活度（浓度），也称为离子选择电极法，如图 1-1 所示。根据直接电位法的原理制得的仪器称为 pH 酸度计、离子计。直接电位法广泛应用于环境检测、生化分析、医学临床检验等，如表 1-1 所示。

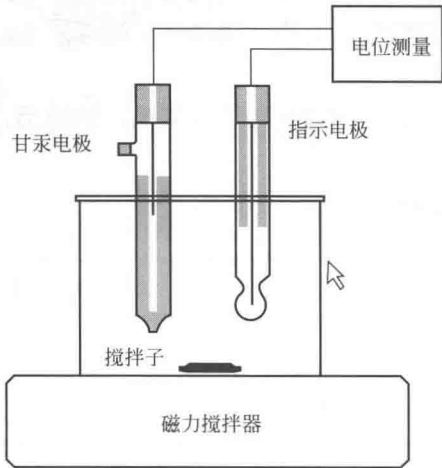


图 1-1 直接电位法示意

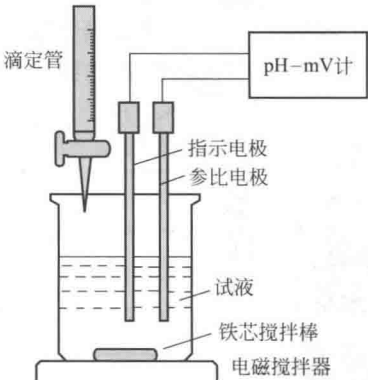


图 1-2 电位滴定法示意

表 1-1 直接电位法部分应用举例

被测物质	离子选择电极	适用 pH 范围	应用举例
F^-	氟	5~8	水、牙膏、生物体液、矿物
Cl^-	氯	2~11	水、碱液、催化剂
CN^-	氰	11~13	废水、废渣
NO_3^-	硝酸根	3~10	天然水
H^+	pH 玻璃电极	1~14	溶液酸度
Na^+	pNa 玻璃电极	9~10	锅炉水、天然水、玻璃
NH_3	气敏氨电极	11~13	废气、土壤、废水
脲	气敏氨电极		生物化学
氨基酸	气敏氨电极		生物化学
K^+	钾微电极	3~10	血清
Na^+	钠微电极	4~9	血清
Ca^{2+}	钙微电极	4~10	血清

电位滴定法是以滴定过程中指示电极电位（或原电池的电动势）的变化为依据进行分析的，如图 1-2 所示。与化学分析法中滴定分析不同的是，电位滴定法的滴定终点是由测量电位突跃来确定，而不是由指示剂颜色变化来确定。根据电位滴定法的原理制得的仪器称为电位滴定仪。

电位滴定法广泛用于酸碱、氧化还原、沉淀、配位等各类滴定反应终点的确定，特别适用于滴定突跃小、溶液有色或浑浊的滴定，如表 1-2 所示。