



2.1 世纪高职高专教材

供中药学和药学类专业用

分析化学

马长华 曾元儿 主编 

科学出版社
www.sciencep.com

湛师图书馆



A0651130

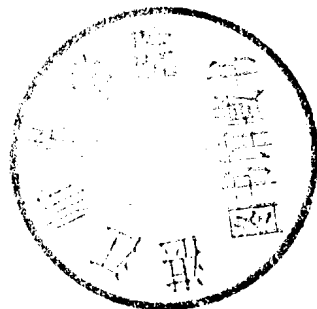
21世纪高职高专教材

供中药学和药学类专业用

分析化学

马长华 曾元儿 主编
王兆伦 主审

065
52



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是 21 世纪高职高专教材(供中药学和药学类专业用)中的一种,以系列书的编写要求为原则和依据,结合参编人员教学体验和实践编写而成。《分析化学》是中药学与药学专业的基础课程之一,它是研究物质的化学组成、相对含量、状态与结构的分析测试方法,也是许多其他学科获取化学信息的研究手段,更是药物质量控制必备的实验技能。本教材包括化学分析、光谱分析和色谱分析等内容,共计 17 章,另有实验和附录,便于学生将理论和实践有机地结合起来。

本书可作为高职高专和成人教育中药学专业、中药制药工艺专业、药物分析检验专业学生的教材,亦可供医院、药厂、医药公司、药品检验等部门职工学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/马长华,曾元儿主编. —北京:科学出版社,2005.8

(21 世纪高职高专教材·供中药学和药学类专业用)

ISBN 7-03-015991-8

I. 分… II. ①马…②曾… III. 分析化学—高等学校:技术学校—教材 IV. O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083921 号

责任编辑:曹丽英 方 霞/责任校对:张怡君

责任印制:刘士平/封面设计:卢秋红 陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

西源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 8 月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2005 年 8 月第一次印刷 印张:24 3/4

印数:1—4 000 字数:634 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

《分析化学》编者名单

主 编 马长华 曾元儿

副主编 刘养清 张 丽

主 审 王兆伦

编 者 (以姓氏拼音为序)

陈丰连 (广州中医药大学)

段天璇 (北京中医药大学)

贺吉香 (山东中医药大学)

李达兴 (广东省新兴中药学校)

吕方军 (山东中医药高等专科学校)

刘养清 (山西中医学院)

马长华 (北京中医药大学)

裴晓丽 (山西中医学院)

秦 雯 (北京城市学院)

王兆伦 (山东中医药大学)

曾元儿 (广州中医药大学)

张 丽 (南京中医药大学)

编写说明

《分析化学》是中药学与药学专业的基础课程之一,它是研究物质的化学组成、相对含量、状态与结构的分析测试方法,也是许多其他学科获取化学信息的研究手段,更是中药与药学质量控制必备的实验技能。本教材包括化学分析、光谱分析和色谱分析等内容。

本教材的宗旨是为高等职业学校与高等专科学校的中药学、制药学与药学专业提供一个分析化学的知识平台,以便于学生在此基础上进一步学习相关专业的知识模块。本教材内容的设置共分为三个模块,即基础模块、实践模块和选学模块。其中基础模块共有 17 章的内容,主要讲述分析化学的基本原理、基础知识和常用方法;实践模块通过 30 个实验,将分析化学的基本操作和实践技术融会其中;选学模块通过链接的方式和本书其他分析方法一章供感兴趣的学生选择,并进一步学习。

参加本教材编写的人员既有多年从事高等医药院校分析化学教学的教师,又有在高职高专学校教授分析化学的教师。我们在本教材的编写过程中力图贯彻教材实用性、适用性、科学性结合的原则,并力图体现职业教育的三个贴近:贴近社会对人才的需求,贴近岗位对专业人才知识、能力的要求,贴近受教育者的心理取向和所具备的知识背景。因此,我们强调内容的精练实用,以保证必知必会为基础,在符合教学基本要求的前提下,对一些公式的推导和理论的阐述作了适当精简。

本教材体现以目标教学为主的教学模式,融入知识、技能等要求。在每章内容之前列出相应的学习目标,以便于学生在学习过程中目标明确,重点突出。学习内容之后有目标检测习题,有利于师生在教学活动中检验教学效果。本教材还包括实践教学内容,各校在教学过程中可根据各自的条件,结合课堂教学内容合理、有序地安排,以达到实验与理论教学相互促进的效果。

本教材是在“21 世纪高职高专教材编写委员会”指导下编写完成的,并得到各位编者所在学校的大力支持,插图由广州中医药大学曹骋、山东中医药大学贺吉香老师绘制,在此一并深表谢意!

由于编写时间仓促、编者水平有限,教材中定会出现不少欠缺之处,恳请读者和同行不吝批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第1章 绪论	(1)
第1节 分析化学的任务和作用	(1)
第2节 分析化学的分类	(2)
一、化学分析与仪器分析	(2)
二、定性分析、定量分析和结构分析	(3)
三、无机分析和有机分析	(3)
四、常量分析、半微量分析和微量分析	(3)
五、例行分析和仲裁分析	(3)
第3节 试样分析的基本程序	(3)
一、取样	(4)
二、分析试液的制备	(4)
三、分析测定	(4)
四、分析结果的计算与评价	(5)
第4节 分析化学的发展与趋势	(5)
第2章 误差和分析数据的处理	(7)
第1节 概述	(7)
第2节 定量分析误差	(8)
一、系统误差和偶然误差	(8)
二、绝对误差和相对误差	(9)
三、准确度与精密度	(12)
四、提高分析准确度的方法	(12)
第3节 有效数字及其运算法则	(13)
一、有效数字	(13)
二、有效数字的运算法则	(14)
三、有效数字的运算法则在分析化学中的应用	(15)
第4节 分析数据的统计处理与分析结果的表示方法	(16)
一、偶然误差的正态分布	(16)
二、实验数据的统计处理	(18)
三、可疑值的取舍	(19)
四、分析数据处理与报告	(19)
第3章 重量分析法	(22)
第1节 概述	(22)
第2节 挥发法	(23)
一、定义	(23)
二、操作过程	(23)

三、应用	(23)
第3节 萃取法	(25)
一、定义及分类	(25)
二、操作过程	(25)
三、应用	(25)
第4节 沉淀法	(26)
一、沉淀重量法	(26)
二、沉淀的溶解度及影响因素	(28)
三、沉淀的纯度及其影响因素	(30)
四、沉淀的类型与沉淀条件	(32)
五、沉淀法中的计算	(33)
第5节 应用	(34)
一、药物含量测定	(34)
二、药物纯度检查	(34)
第4章 滴定分析法概论	(37)
第1节 概述	(37)
第2节 滴定方式	(38)
一、直接滴定法	(38)
二、反滴定法	(38)
三、置换滴定法	(38)
四、间接滴定法	(38)
第3节 基准物质和标准溶液	(39)
一、基准物质	(39)
二、标准溶液	(39)
三、标准溶液浓度的表示	(39)
第4节 滴定分析中的计算	(40)
一、计算依据	(40)
二、计算示例	(41)
第5章 酸碱滴定法	(44)
第1节 概述	(44)
第2节 水溶液中的酸碱平衡	(45)
一、酸碱质子理论	(45)
二、溶液中酸碱组分的分布	(46)
三、酸碱溶液中 H^+ 浓度的计算	(47)
第3节 酸碱指示剂	(48)
一、酸碱指示剂的变色原理	(48)
二、酸碱指示剂的理论变色点和变色范围	(48)
三、影响指示剂变色范围的因素	(50)
四、混合指示剂	(50)
第4节 酸碱滴定法的基本原理	(50)

一、一元酸碱的滴定	(50)
二、多元酸碱的滴定	(53)
第5节 酸碱标准溶液的配制与标定	(55)
一、NaOH 标准溶液(0.1 mol/L)的配制与标定	(55)
二、HCl 标准溶液(0.1 mol/L)的配制与标定	(55)
第6节 应用与示例	(56)
一、直接滴定法	(56)
二、反滴定法与间接滴定法	(56)
第7节 非水溶液中的酸碱滴定	(57)
一、概述	(57)
二、基本原理	(57)
三、非水溶液酸碱滴定的类型及应用	(60)
第6章 沉淀滴定法	(62)
第1节 概述	(62)
第2节 铬酸钾指示剂法	(62)
一、原理	(62)
二、滴定条件	(63)
三、应用范围	(64)
第3节 铁铵矾指示剂法	(64)
一、原理	(64)
二、滴定条件	(65)
三、应用范围	(65)
第4节 吸附指示剂法	(65)
一、原理	(65)
二、滴定条件	(66)
三、应用范围	(66)
第5节 标准溶液与基准物质	(67)
一、基准物质	(67)
二、标准溶液	(67)
第6节 应用实例	(68)
第7章 配位滴定法	(70)
第1节 概述	(70)
一、乙二胺四乙酸(EDTA)的结构和性质	(70)
二、离解平衡	(71)
三、EDTA 的配合物	(72)
第2节 配位平衡	(72)
一、配合物的稳定常数	(72)
二、配位反应的副反应及副反应系数	(73)
三、配合物的条件稳定常数	(75)
第3节 配位滴定的基本原理	(75)

一、滴定曲线	(75)
二、EDTA 滴定条件的选择	(76)
三、金属指示剂	(78)
第 4 节 EDTA 标准溶液的配制与标定	(80)
一、0.05mol/L EDTA 标准溶液的配制	(80)
二、0.05mol/L EDTA 标准溶液的标定	(81)
第 5 节 应用与示例	(81)
第 8 章 氧化还原滴定法	(84)
第 1 节 概述	(84)
第 2 节 氧化还原平衡	(84)
一、电极电位与 Nernst 方程式	(84)
二、条件电极电位	(85)
三、氧化还原反应进行的程度	(86)
四、氧化还原反应速率及其影响因素	(87)
第 3 节 氧化还原滴定法原理	(89)
一、氧化还原滴定曲线	(89)
二、终点的确定方法	(90)
第 4 节 碘量法	(91)
一、基本原理	(91)
二、指示剂	(92)
三、标准溶液的配制与标定	(93)
四、应用与示例	(94)
第 5 节 高锰酸钾法	(95)
一、基本原理	(95)
二、 KMnO_4 标准溶液的配制与标定	(96)
三、应用示例	(96)
第 6 节 其他氧化还原滴定法	(97)
一、重铬酸钾法	(97)
二、亚硝酸钠法	(97)
第 9 章 电位分析法	(101)
第 1 节 概述	(101)
一、电位分析法的分类	(101)
二、电位分析法的特点	(102)
第 2 节 电化学电池	(102)
一、原电池	(102)
二、液接电位	(102)
第 3 节 参比电极和指示电极	(103)
一、参比电极	(103)
二、指示电极	(104)
第 4 节 直接电位法	(105)

一、溶液 pH 的测定	(105)
二、其他离子浓度的测定	(108)
三、定量分析的条件和方法	(111)
四、直接电位法的测量误差	(112)
第 5 节 电位滴定法	(112)
一、方法原理与特点	(112)
二、滴定终点的确定	(113)
三、应用示例	(114)
第 10 章 紫外-可见分光光度法	(118)
第 1 节 概述	(118)
第 2 节 电磁辐射及其与物质的相互作用	(119)
一、电磁辐射和电磁波谱	(119)
二、电磁辐射与物质的相互作用	(120)
第 3 节 基本概念	(121)
一、跃迁类型	(121)
二、常用术语	(122)
三、吸收带及其与分子结构的关系	(122)
第 4 节 基本原理	(124)
一、Lambert-Beer 定律	(124)
二、偏离 Beer 定律的因素	(125)
三、透光率测量误差	(127)
第 5 节 显色反应及其条件选择	(128)
一、显色反应的选择	(128)
二、显色条件的选择	(129)
三、测量条件的选择	(130)
第 6 节 紫外-可见分光光度计	(133)
一、主要部件	(133)
二、分光光度计的类型	(135)
第 7 节 定性与定量分析方法	(137)
一、定性分析方法	(137)
二、定量分析方法	(138)
第 8 节 应用与示例	(140)
第 11 章 荧光分析法	(144)
第 1 节 概述	(144)
第 2 节 基本原理	(145)
一、分子荧光的产生	(145)
二、激发光谱和发射光谱	(147)
三、荧光与分子结构	(148)
四、影响荧光强度的外部因素	(149)
第 3 节 定量分析方法	(151)

一、荧光强度与物质浓度的关系	(151)
二、定量分析方法	(152)
第4节 荧光分光光度计简介	(153)
一、荧光分光光度计	(153)
二、荧光分析新技术简介	(154)
第5节 应用与示例	(155)
一、无机化合物的荧光分析	(155)
二、有机化合物的荧光分析	(155)
第12章 红外分光光度法	(157)
第1节 概述	(157)
一、红外线的区别	(157)
二、红外光谱的表示方法	(158)
三、红外吸收光谱与紫外吸收光谱的区别	(158)
四、红外光谱分析的特点	(159)
第2节 基本原理	(159)
一、分子的振动和红外吸收	(159)
二、红外吸收光谱产生的条件及峰位和峰强	(163)
三、基团振动与红外光谱区域	(164)
四、特征峰与相关峰	(166)
五、影响红外吸收峰位置的主要因素	(167)
第3节 典型光谱	(169)
一、脂肪烃类	(169)
二、芳香烃类	(170)
三、醚、醇与酚类	(171)
四、羰基化合物	(172)
五、含氮化合物	(175)
第4节 红外分光光度计	(175)
一、色散型红外光谱仪主要部件	(175)
二、傅里叶变换红外光谱仪	(176)
第5节 应用与示例	(177)
一、定性鉴别	(177)
二、纯度检查	(177)
三、定量分析	(178)
四、结构分析	(178)
五、红外光谱在中药及其制剂方面的应用	(180)
第13章 原子吸收分光光度法	(182)
第1节 概述	(182)
第2节 基本原理	(183)
一、原子吸收线的产生	(183)
二、原子在各能级的分布	(184)

三、原子吸收线的形状及谱线变宽	(184)
四、原子吸收值与原子浓度的关系	(186)
第3节 原子吸收分光光度计	(186)
一、原子吸收分析的流程	(187)
二、光源	(187)
三、原子化系统	(188)
四、单色器	(190)
五、检测系统	(191)
第4节 实验技术	(191)
一、样品的处理	(191)
二、测定条件的选择	(191)
三、干扰及其抑制	(192)
四、定量分析的方法	(193)
五、分析方法的评价	(194)
第5节 应用与示例	(195)
第14章 经典液相色谱法	(197)
第1节 概述	(197)
一、色谱法的产生及发展	(197)
二、色谱法的分类	(198)
三、色谱法的基本原理	(199)
第2节 经典柱色谱法	(200)
一、液-固吸附柱色谱法	(200)
二、液-液分配柱色谱法	(202)
三、离子交换柱色谱法	(203)
四、分子排阻柱色谱法	(205)
第3节 薄层色谱法	(206)
一、基本原理	(206)
二、固定相的选择	(207)
三、展开剂的选择	(207)
四、操作方法	(208)
五、定性分析	(210)
六、定量分析	(210)
第4节 纸色谱法	(213)
一、原理	(213)
二、影响 R_f 值的因素	(213)
三、实验方法	(214)
第5节 应用与示例	(215)
第15章 气相色谱法	(217)
第1节 概述	(217)
一、气相色谱法的分类	(217)

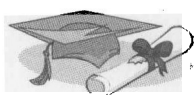
二、气相色谱仪一般流程	(218)
三、气相色谱法的特点及应用范围	(218)
第2节 基本理论	(219)
一、基本概念	(219)
二、塔板理论	(221)
三、速率理论	(222)
第3节 气相色谱仪	(224)
一、气路系统	(224)
二、进样器和气化室	(224)
三、色谱柱和柱温箱	(225)
四、检测器	(225)
五、数据处理系统	(228)
第4节 固定相	(228)
一、气-液色谱的固定相	(229)
二、气-固色谱固定相	(231)
第5节 分离条件的选择	(231)
一、分离度的影响因素	(231)
二、分离条件的选择	(232)
第6节 定性与定量分析方法	(233)
一、定性分析方法	(233)
二、定量分析方法	(233)
第7节 气相色谱实验技术	(235)
一、填充柱和毛细管柱的制备技术	(235)
二、气相色谱仪的维护	(237)
第8节 应用与示例	(238)
第16章 高效液相色谱法	(243)
第1节 概述	(243)
第2节 基本原理	(244)
一、柱内展宽	(244)
二、柱外展宽	(246)
第3节 主要类型	(247)
一、液-固吸附色谱法	(247)
二、化学键合相色谱法	(248)
三、流动相的要求和洗脱方式	(251)
第4节 高效液相色谱仪	(251)
一、输液泵	(251)
二、进样器	(252)
三、色谱柱	(253)
四、检测器	(253)
第5节 定性和定量分析方法	(255)

一、定性分析方法	(255)
二、定量分析方法	(255)
第 6 节 应用与示例	(256)
第 17 章 其他分析方法	(259)
第 1 节 磁共振波谱法	(259)
一、基本原理	(259)
二、磁共振波谱仪和样品的制备	(262)
三、化学位移和磁共振谱	(264)
四、自旋耦合和自旋分裂	(267)
五、磁共振氢谱的解析	(268)
第 2 节 质谱法	(270)
一、质谱仪	(270)
二、质谱图和质谱图中主要离子	(273)
三、重要有机化合物的断裂规律	(276)
四、质谱法的应用	(277)
第 3 节 毛细管电泳法	(279)
一、毛细管电泳特点与分类	(279)
二、毛细管电泳理论	(280)
三、毛细管电泳的主要分离模式	(281)
四、毛细管电泳仪	(284)
实验部分	(288)
分析化学实验的一般知识	(288)
实验 1 分析天平的使用与称量	(289)
实验 2 葡萄糖干燥失重的测定	(294)
实验 3 芒硝中硫酸钠的含量测定	(295)
实验 4 滴定分析器皿及其使用	(299)
实验 5 酸碱溶液浓度的标定	(303)
实验 6 混合碱各组分的含量测定	(305)
实验 7 银量法标准溶液的配制和标定	(306)
实验 8 溴化钾的含量测定	(308)
实验 9 EDTA 标准溶液的配制与标定	(309)
实验 10 水的硬度测定	(310)
实验 11 KMnO_4 标准溶液的配制与标定	(312)
实验 12 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的配制与标定	(313)
实验 13 胆矾中硫酸铜的含量测定	(315)
实验 14 I_2 标准溶液的配制与标定	(316)
实验 15 维生素 C 含量测定	(318)
实验 16 醋酸的电位滴定	(319)
实验 17 紫外-可见分光光度计的性能检查	(322)
实验 18 邻二氮菲吸收光度法测定铁	(324)

实验 19	吸收曲线的测绘及吸收系数的测定	(326)
实验 20	维生素 B ₁₂ 注射液的含量测定	(327)
实验 21	红外分光光度计性能检查	(328)
实验 22	固体样品红外光谱的测定(KBr 法)	(329)
实验 23	原子吸收法测定荆芥药材中铜的含量	(330)
实验 24	氧化铝活度测定法(柱色谱法)	(331)
实验 25	大黄提取液薄层层析	(333)
实验 26	薄层扫描法定量分析	(335)
实验 27	气相色谱仪性能检查	(336)
实验 28	气相色谱法定量分析(内标法)	(340)
实验 29	高效液相色谱仪性能考察	(341)
实验 30	高效液相色谱法定量分析(外标法)	(343)
参考文献		(344)
附录		(345)
附录一	国际相对原子质量表	(345)
附录二	化合物的式量表	(346)
附录三	弱酸、弱碱在水中的离解常数(25℃)	(348)
附录四	配合物的形成常数(18~25℃)	(351)
附录五	氨基酸配合剂类配合物的形成常数(18~25℃)	(355)
附录六	金属指示剂的 $\lg \alpha_{\text{In}}(\text{H})$ 值及金属指示剂变色点的 pM 值(即 pM _t 值)	(357)
附录七	标准电极电位表(18~25℃)	(358)
附录八	难溶化合物的溶度积(18~25℃)	(362)
附录九	六种标准缓冲溶液的 pH _s 值	(364)
《分析化学》教学基本要求		(365)

第 1 章

绪 论



学 习 目 标

1. 说出分析化学的任务和作用。
2. 简述分析化学的主要方法。
3. 叙述分析操作的一般步骤。

第 1 节 分析化学的任务和作用

分析化学的任务是确定物质的化学组成,测量各组成的含量以及表征物质的化学结构。它们分别属于定性分析、定量分析和结构分析的研究范畴。

分析化学在国民经济的发展,国防力量的壮大,自然资源的开发及科学技术的进步等各个方面的作用是举足轻重的。例如,从土壤成分、化肥、农药到作物生长过程的研究;从武器装备的生产和研制到刑事犯罪案件的侦破;从资源勘探、矿山开发到三废的处理和综合利用,无一不需要分析化学的配合。

在医药卫生事业方面,临床检验、新药研制、药品质量控制、中药有效成分的分离和测定、药物代谢和药物动力学研究、药物制剂稳定性研究及生物利用度研究都离不开分析化学的知识。在中药学教育中,分析化学是一门重要的专业基础课,其理论知识

IUPAC 关于分析化学的定义

分析化学是“建立和应用各种方法、仪器和策略获取关于物质在空间和时间方面的组成和性质的信息的科学”。

接 链

诺贝尔奖与分析化学

1991 年,恩斯特发明了傅里叶磁共振波谱法和二维磁共振技术。

2002 年,约翰·芬恩、田中耕一、库尔特·维特里希发明了对生物大分子进行确认和结构分析的质谱分子法。

接 链

在中药化学、中药药剂学、中药鉴定学、中药炮制学、药理学和中药制剂分析等各个学科领域都有广泛应用;其实验技能无论是在上述课程的后期学习中,还是对将来从事中药的研究和质量检验等工作都是必不可少的。

分析化学是一门获得物质的组成和结构信息的科学,这些信息对于生命科学、材料科学、环境科学和能源科学都是必不可少的,因此分析化学被称为科学技术的眼睛,是进行科学研究的基础。

第2节 分析化学的分类

根据分析任务、分析对象、测定原理、操作方法和试样用量的不同,分析化学可有多种分类方法。

一、化学分析与仪器分析

以物质化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。化学分析法历史悠久,是分析化学的基础,主要有重量分析法和容量分析法。容量分析法又称滴定分析法,包括酸碱滴定、沉淀滴定、配位滴定和氧化还原滴定等内容。

以物质物理和物理化学性质为基础的分析方法称为物理和物理化学分析法。这类方法一般需要专用的仪器,通常又称为仪器分析法。最主要的仪器分析法有:

(一) 光学分析法

根据物质的光学性质所建立的分析方法,主要包括:分子光谱法,例如可见和紫外吸收光度法、红外光谱法、分子荧光光谱法、磁共振法;原子光谱法,例如原子吸收光谱法、原子发射光谱法;其他如拉曼光谱、化学发光、光声光谱等。

(二) 电化学分析法

根据物质的电化学性质所建立的分析方法,主要包括电位分析法、电导分析法和库仑法、极谱法和伏安法等。

(三) 色谱分析法

根据物质分配系数不同所建立的一系列分离分析方法,主要包括薄层色谱法、气相色谱法、液相色谱法等。

(四) 热分析法

根据物质的热力学性质所建立的分析方法,主要包括热重量法和差热分析法等。

(五) 其他

其他分析方法如质谱法、X射线衍射法、电子显微镜分析法及免疫分析法等。