



普通高等专科学校教育药学类规划教材

(供药学专业用)

分析化学

FENXI HUAXUE

主编 张其河 主审 高文兰



中国医药科技出版社

普通高等专科学校教育药学类规划教材

分 析 化 学

(供药学专业用)

主 编 张其河

主 审 高文兰

编写人员 张其河 (桂林医学院)
朱亚琦 (湖北药检高等专科学校)
牛家萍 (开封医学高等专科学校)
马长清 (同济医科大学)
邱细敏 (湖南医学高等专科学校)

审稿人员 高文兰 (沈阳药科大学)
郑斯成 (北京医科大学)
倪坤仪 (中国药科大学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是国家医药管理局组织编写的供全国药学专科各专业使用的规划教材。全书包括化学分析和仪器分析两大部分,共十七章。内容有:绪论,误差及分析数据处理,重量分析法,滴定分析法概论,酸碱滴定法,非水酸碱滴定法,沉淀滴定法,配位滴定法,氧化-还原滴定法,电位滴定及永停滴定法,紫外-可见分光光度法,红外分光光度法,液相色谱法,气相色谱法,高效液相色谱法,几种其它仪器分析法,定量分析的一般步骤等。各章附有思考题和习题,对计算题并附有答案。全书内容简明扼要,重点突出,理论密切联系实际,适合大专层次培养应用型人才的需要。

本书也可作为大学专科其它专业及成人高校各相关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/张其河主编. —北京:中国医药科技出版社, 1996.6

普通高等专科教育药学类规划教材 供药学专业用

ISBN 7-5067-1495-7

I. 分… II. 张… III. 分析化学-高等学校-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 19121 号

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm 1/16

印张 22

字数 501千字

印数 111001—119000

版次 1996年5月第1版

印次 2006年1月第18次印刷

印刷 世界知识印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-1495-7/G·0101

定价 28.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

普通高等专科学校教育药学类
规划教材建设委员会

名誉主任委员：郑筱萸

主任委员：姚文兵

副主任委员：尹 舫 宋丽丽

委 员：(按姓氏笔画为序)

丁 红 毛季琨 王树春

王桂生 刘志华 朱家勇

宋智敏 陈天平 林 宁

罗向红

秘 书：浩云涛 高鹏来

序 言

我国药学高等专科学校教育历史悠久，建国后有了较大发展，但几十年来一直未能进行全国性的教材建设，在一定程度上影响了高等专科学校教育的质量和发展的。改革开放以来，高等专科学校教育面临更大的发展，对教材的需求也更为迫切。

国家医药管理局科教司根据国家教委的（1991）25号文，负责组织、规划药学高等专科学校教材的编审出版工作。在国家教委的指导下，在对全国药学高等专科学校教育情况调查的基础上，药学高等专科学校教材建设委员会于1993年底正式成立，并立即制订了“八五”教材编审出版规划，在全国20多所医药院校的支持下，成立了各门教材的编审专家组（共51人）和编写组（共86人），随即投入了紧张的编审、出版工作。经100多位专家组、编写组的教师和中国医药科技出版社的团结协作、共同努力，建国以来第一套高等专科学校教育药学类规划教材终于面世了。

这套教材是国家教委“八五”教材建设的一个组成部分，编写原则是紧扣高等专科学校的培养目标，适应高等专科学校改革与发展的要求，保证教材质量，反映高等专科学校的特色。同时，由于我们组织了全国设有药学专科教育的大多数院校和大批教师参加编审工作，既强调专家编写与审稿把关的作用，也注意发挥中、青年教师的积极性，使这套教材能在较短时间内以较高质量出版，适应了当前药学专科教育发展的需求。在编写过程中，也充分注意到目前高等专科学校中有全日制教育、函授教育、自学高考等多种办学形式，力求使这套教材能具有通用性，以适应不同办学形式的教学要求。

根据国务院对各部委的职责分工和国家教委文件要求，我们还将组织这套教材的修订、评优及配套教材（实验指导、习题集）的编写工作，竭诚欢迎广大读者对这套教材提出宝贵意见。

普通高等专科学校教育药学类
规划教材建设委员会
1995年11月

前 言

本书系由国家医药管理局领导的普通高等专科教育药学类规划教材建设委员会组织编写的药学专科规划教材之一，供全国高等医药院校药学、中药及相关专业的大专学生使用，也可作为函大、职大、夜大等成人高校相关专业的教材或教学参考书。

本书以培养药学专科应用型人才作为编写的指导思想，理论联系实际，反映现代科技水平，突出理论知识的应用和解决问题能力的培养；在内容上力求简明扼要，重点突出，按“掌握”、“熟悉”、“了解”三级要求选材，避免与前期课的重复或脱节，为后期课的学习和药学工作实践打下良好的基础；在文字上力求深入浅出，通俗易懂，便于自学。

本书内容由化学定量分析与仪器分析两部分组成。化学定量分析包括重量分析与滴定分析。根据专业需要，重量分析单列一章作简要介绍，主要是介绍滴定分析，逐章阐述各种滴定分析法的基础理论、基本知识与基本技能，并单列一章讨论误差和分析数据的处理。仪器分析部分，着重介绍电位法、紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、色谱法等医药领域中常用的方法，对一些现代仪器分析法，如核磁共振波谱法、质谱法、荧光法、原子吸收分光光度法、流动注射分析法等，也作简要介绍。最后专章讨论定量分析的一般步骤。书中各章都有应用实例，以助于对基础知识的理解和运用。章末附有思考题和习题，对计算题给出答案，供师生参考。

本书采用我国现行法定计量单位及名词术语，力求符合当前的有关规定。

本书由张其河（主编）、朱亚琦、朱家萍、马长清、邱细敏等同志共同编写。桂林医学院黄耀峰同志担任编写组秘书，并参与了第十二章的编写工作。全书由高文兰（主审）、郑斯成、倪坤仪等专家审定。在编写过程中，得到国家医药管理局科教司、教材建设委员会以及有关院校的领导和老师们的指导及帮助，在此一并表示感谢！

书中的错误和不当之处，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

1995 年 10 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	(1)
(一) 化学分析与仪器分析	(2)
(二) 常量、半微量、微量与超微量分析	(3)
第三节 分析化学的发展趋势	(3)
第二章 误差和分析数据的处理	(5)
第一节 测量的准确度和精密度	(5)
一、准确度和误差	(5)
(一) 绝对误差和相对误差	(5)
(二) 系统误差和偶然误差	(6)
二、精密度与偏差	(7)
三、准确度和精密度的关系	(7)
四、提高分析准确度的方法	(7)
(一) 选择恰当的分析方法	(7)
(二) 减少测量误差	(8)
(三) 消除测量中的系统误差	(8)
第二节 统计学中的几个基本概念	(8)
一、测量值的集中趋势和分散程度	(9)
(一) 集中趋势的表示	(9)
(二) 分散程度的表示	(9)
二、偶然误差的正态分布	(10)
三、标准正态分布曲线及其数学表达式	(10)
第三节 有限次实验数据的统计处理	(12)
一、异常值的取舍	(12)
(一) Q -检验法	(12)
(二) G -检验法	(13)
二、平均值的精密度和置信区间	(13)
(一) 平均值的精密度	(13)
(二) 平均值的置信区间及统计量 t 的概念	(14)
三、显著性差别检验	(15)
(一) F 检验法	(15)
(二) t 检验法	(16)

第四节 有效数字及其运算规则	(18)
一、有效数字的概念	(18)
二、数字的修约规则	(18)
三、有效数字的运算规则	(19)
第五节 相关与回归	(19)
一、相关分析	(19)
二、回归分析	(20)
(一) 回归分析的任务	(20)
(二) 最小二乘法原则	(21)
思考题与习题	(22)
第三章 重量分析法	(24)
第一节 概述	(24)
第二节 挥发法	(24)
一、直接法	(24)
二、间接法	(25)
(一) 常压加热干燥	(25)
(二) 减压加热干燥	(25)
(三) 干燥剂干燥	(25)
第三节 萃取法	(26)
一、分配系数和分配比	(26)
二、萃取效率	(27)
三、萃取重量法示例——二盐酸奎宁注射液的含量测定	(28)
第四节 沉淀法	(28)
一、沉淀法对沉淀形式和称量形式的要求	(28)
(一) 对沉淀形式的要求	(28)
(二) 对称量形式的要求	(28)
二、沉淀形态及其影响因素	(29)
(一) 沉淀的形态	(29)
(二) 沉淀的形成	(29)
(三) 影响沉淀形态的主要因素	(29)
三、沉淀的纯净	(30)
(一) 共沉淀	(30)
(二) 后沉淀	(31)
四、沉淀的条件	(31)
(一) 晶形沉淀的沉淀条件	(31)
(二) 无定形沉淀的沉淀条件	(32)
(三) 均匀沉淀法	(32)
(四) 利用有机沉淀剂进行沉淀	(32)

五、沉淀重量法的结果计算	(32)
六、沉淀法示例——玄明粉中硫酸钠的含量测定	(33)
思考题与习题	(33)
第四章 滴定分析法概述	(35)
第一节 滴定分析法的特点及主要的滴定分析方法	(35)
一、滴定分析的特点	(35)
二、主要的滴定分析方法	(35)
第二节 滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	(36)
一、滴定分析对化学反应的要求	(36)
二、滴定的主要方式	(36)
第三节 标准溶液与基准物质	(37)
一、标准溶液浓度的表示方法	(37)
(一) 物质的量浓度 (molarity)	(37)
(二) 滴定度	(38)
二、标准溶液的配制	(38)
(一) 直接法	(38)
(二) 标定法	(39)
三、标准溶液的标定	(39)
(一) 用基准物质进行标定	(39)
(二) 与标准溶液进行比较	(39)
第四节 滴定分析法的计算	(39)
一、滴定分析计算的依据	(39)
二、滴定分析计算实例	(40)
(一) $c_A \cdot V_A = \frac{a}{t} c_T \cdot V_T$ 式的应用	(40)
(二) $m_A = \frac{a}{t} c_T \cdot V_T \frac{M_A}{1000}$ 式的应用	(40)
(三) c_T 与 $T_{T/A}$ 的换算	(41)
(四) 待测物质百分含量的计算	(42)
思考题与习题	(43)
第五章 酸碱滴定法	(45)
第一节 水溶液中的酸碱平衡	(45)
一、酸碱的质子理论	(45)
二、水的质子自递反应	(46)
三、共轭酸碱对的 K_a 与 K_b 及其相互关系	(46)
第二节 酸碱指示剂	(48)
一、指示剂的变色原理和变色范围	(48)
二、影响指示剂变色范围的因素	(49)
三、混合指示剂	(51)

第三节 酸碱滴定类型及指示剂的选择	(5 2)
一、强酸强碱的滴定	(5 2)
二、一元弱酸(弱碱)的滴定	(5 4)
(一) 强碱滴定弱酸	(5 4)
(二) 强酸滴定弱碱	(5 6)
三、多元酸(碱)的滴定	(5 6)
(一) 多元酸的滴定	(5 6)
(二) 多元碱的滴定	(5 7)
第四节 溶液中酸碱分布系数与终点误差	(5 8)
一、不同酸度下溶液中酸碱存在形式的分布	(5 8)
二、终点误差	(5 9)
(一) 强酸强碱的滴定误差	(5 9)
(二) 弱酸弱碱的滴定误差	(6 0)
第五节 应用与示例	(6 1)
一、酸碱标准溶液及其基准物	(6 1)
二、应用实例	(6 1)
(一) 药用 NaOH 的测定	(6 1)
(二) 铵盐和有机氮测定	(6 2)
(三) 硼酸的测定	(6 3)
思考题与习题	(6 3)
第六章 非水溶液中的酸碱滴定	(6 5)
第一节 溶剂	(6 5)
一、溶剂的分类及选择	(6 5)
(一) 质子性溶剂(protonic solvent)	(6 5)
(二) 非质子性溶剂(aprotic solvent)	(6 6)
(三) 混合溶剂	(6 6)
二、溶剂的性质	(6 6)
(一) 溶剂的酸碱性	(6 6)
(二) 溶剂的离解性	(6 7)
(三) 溶剂的极性	(6 8)
(四) 均化效应和区分效应	(6 8)
第二节 碱的滴定	(6 9)
一、溶剂的选择	(6 9)
二、标准溶液的配制与标定	(6 9)
(一) 配制	(6 9)
(二) 标定	(7 0)
(三) 校正	(7 0)
三、滴定终点的确定	(7 0)

四、应用与示例	(71)
(一) 有机弱碱	(71)
(二) 有机酸的碱金属盐	(71)
(三) 有机碱的无机酸盐	(71)
(四) 有机碱的有机酸盐	(72)
第三节 酸的滴定	(72)
一、溶剂的选择	(72)
二、标准溶液和基准物质	(72)
(一) 配制	(72)
(二) 标定	(72)
三、应用与示例	(73)
(一) 羧酸类	(73)
(二) 酚类	(73)
(三) 磺酰胺类及其它	(73)
思考题与习题	(74)
第七章 沉淀滴定法	(76)
第一节 概述	(76)
第二节 银量法	(76)
一、滴定曲线	(76)
二、指示终点的方法	(78)
(一) 铬酸钾指示剂法	(78)
(二) 铁铵矾指示剂法	(79)
(三) 吸附指示剂法	(80)
三、标准溶液与基准物质	(81)
第三节 应用与示例	(82)
一、无机卤化物和有机氢卤酸盐的测定	(82)
二、有机卤化物的测定	(82)
三、形成难溶性银盐的有机化合物的测定	(83)
思考题与习题	(84)
第八章 配位(络合)滴定法	(85)
第一节 概述	(85)
第二节 配位平衡	(86)
一、配合物的稳定常数	(86)
(一) $MX(1:1)$ 型配合物	(86)
(二) $MX_n(1:n)$ 型配合物	(86)
二、配位反应的副反应及副反应系数	(87)
(一) 酸效应与酸效应系数	(87)
(二) 被测金属离子 M 的配位效应及配位效应系数	(88)

三、配合物的条件稳定常数·····	(89)
第三节 配位滴定的基本原理·····	(91)
一、滴定曲线·····	(91)
(一) 滴定曲线的描绘·····	(91)
(二) 影响滴定突跃大小的因素·····	(92)
(三) 化学计量点时 pM'_{sp} 值的计算 ·····	(92)
二、滴定条件的选择·····	(93)
(一) 酸度的选择·····	(94)
(二) 掩蔽剂的使用·····	(94)
三、金属指示剂·····	(95)
(一) 金属指示剂作用原理·····	(95)
(二) 常用金属指示剂·····	(96)
第四节 标准溶液·····	(97)
一、EDTA 标准溶液 (0.05mol/L) 的配制与标定·····	(97)
(一) 配制·····	(97)
(二) 标定·····	(98)
二、锌标准溶液 (0.05mol/L) 的配制与标定 ·····	(98)
第五节 应用与示例·····	(98)
一、滴定方式·····	(98)
(一) 直接滴定法·····	(98)
(二) 返滴定法(回滴法) ·····	(98)
(三) 置换滴定法·····	(99)
(四) 间接滴定法·····	(100)
二、应用示例·····	(100)
(一) 水的硬度及钙镁含量测定·····	(100)
(二) 钙盐的测定·····	(100)
(三) 铝盐的测定·····	(100)
思考题与习题·····	(101)
第九章 氧化还原滴定法·····	(103)
第一节 概述·····	(103)
第二节 氧化还原平衡·····	(103)
一、条件电位·····	(103)
二、氧化还原反应进行的方向·····	(104)
三、氧化还原反应进行的程度·····	(105)
(一) 条件平衡常数的计算·····	(105)
(二) 判断滴定反应完全程度的依据·····	(105)
四、氧化还原反应的速度·····	(106)
(一) 浓度对反应速度的影响·····	(106)

(二) 温度对反应速度的影响·····	(106)
(三) 催化剂对反应速度的影响·····	(106)
第三节 氧化还原滴定曲线·····	(107)
第四节 指示剂·····	(109)
一、自身指示剂·····	(109)
二、特殊指示法·····	(109)
三、外用指示剂·····	(109)
四、不可逆指示剂·····	(109)
五、氧化还原指示剂·····	(109)
第五节 碘量法·····	(110)
一、基本原理·····	(110)
二、指示剂·····	(111)
三、标准溶液·····	(112)
(一) 碘液的配制及其标定·····	(112)
(二) 硫代硫酸钠液的配制及其标定·····	(112)
四、应用与示例·····	(113)
第六节 高锰酸钾法·····	(114)
一、基本原理·····	(114)
二、标准溶液·····	(114)
三、应用与示例·····	(114)
第七节 亚硝酸钠法·····	(115)
一、基本原理·····	(115)
二、指示剂·····	(116)
(一) 外指示剂·····	(116)
(二) 内指示剂·····	(116)
三、标准溶液·····	(116)
四、应用与示例·····	(116)
第八节 其他氧化还原滴定法·····	(117)
一、重铬酸钾法·····	(117)
二、硫酸铈法·····	(117)
三、溴酸钾法和溴量法·····	(118)
思考题与习题·····	(118)
第十章 电位法及永停滴定法·····	(120)
第一节 电位法的基本原理·····	(120)
一、化学电池·····	(120)
二、指示电极和参比电极·····	(121)
(一) 指示电极·····	(121)
(二) 参比电极·····	(122)

第二节 直接电位法	(122)
一、溶液 pH 值的测定	(122)
(一) 玻璃电极	(123)
(二) 测量原理和方法	(124)
(三) 酸度计 (pH 计)	(125)
(四) 应用与示例	(125)
二、其它离子浓度的测定	(126)
(一) 离子选择电极	(126)
(二) 测定方法	(129)
(三) 应用	(129)
第三节 电位滴定法	(130)
一、测量原理及仪器装置	(130)
二、确定化学计量点的方法	(130)
(一) $E-V$ 曲线法	(130)
(二) $\Delta E/\Delta V - \bar{V}$ 曲线法	(130)
(三) $\Delta^2 E/\Delta V^2 - V$ 曲线法	(131)
三、应用与示例	(132)
第四节 永停滴定法	(133)
一、基本原理	(133)
二、仪器装置和测定方法	(134)
三、应用与示例	(134)
思考题与习题	(135)
第十一章 紫外-可见分光光度法	(137)
第一节 电磁辐射及其与物质的相互作用	(137)
一、电磁辐射与电磁波谱	(137)
二、电磁辐射与物质相互作用及其在光谱分析上的应用	(138)
(一) 原子吸收光谱法	(139)
(二) 分子吸收光谱法	(139)
(三) 分子荧光光谱法	(140)
(四) 质谱法	(140)
第二节 紫外-可见分光光度法的基本原理	(140)
一、比尔-朗伯 (Beer-Lambert) 定律	(140)
二、吸光系数	(141)
三、吸收光谱	(142)
四、偏离比尔定律的主要因素及由此产生误差的减免方法	(142)
(一) 化学因素	(143)
(二) 光学因素	(143)
五、透光率测量误差及其对测定结果的影响	(144)

第三节 紫外-可见分光光度计	(145)
一、主要部件	(145)
二、分光光度计的光学性能	(147)
三、分光光度计的类型	(148)
第四节 定性与定量方法	(150)
一、定性鉴别	(150)
二、纯度检查	(151)
三、单组分的定量	(152)
(一) 吸光系数法	(153)
(二) 标准曲线法	(153)
(三) 对照法	(154)
四、多组分定量	(154)
(一) 解线性方程组法	(155)
(二) 等吸收双波长消去法	(155)
(三) 倍率减差法(系数倍率法)	(155)
五、导数光谱法	(156)
六、光电比色法	(158)
第五节 紫外吸收光谱与有机化合物分子结构的关系	(160)
一、基本概念	(160)
(一) 电子跃迁的类型	(160)
(二) 紫外光谱中常用的术语	(161)
(三) 吸收带(absorption band)	(162)
二、紫外吸收光谱在有机化合物分子结构研究中的应用	(163)
思考题与习题	(165)
第十二章 红外分光光度法	(168)
第一节 概述	(168)
一、红外光谱区划	(168)
二、红外光谱的表示方法	(168)
三、红外光谱和紫外光谱的区别	(169)
四、红外光谱的主要用途	(169)
第二节 基本原理	(170)
一、振动能级与振动光谱	(170)
二、振动形式	(171)
(一) 伸缩振动	(171)
(二) 弯曲振动	(171)
(三) 振动自由度与峰数	(172)
三、基频峰与泛频峰	(174)
(一) 基频峰	(174)

(二) 泛频峰	(175)
四、特征峰与相关峰	(176)
(一) 特征峰 (特征频率)	(176)
(二) 相关峰	(176)
五、吸收峰位	(176)
(一) 基本振动频率	(176)
(二) 影响峰位的因素	(179)
六、吸收峰的强度	(180)
(一) 吸收峰强度的表示方法	(180)
(二) 影响峰强度的因素	(180)
第三节 红外分光光度计及制样	(180)
一、主要部件	(181)
(一) 光源	(181)
(二) 色散元件	(181)
(三) 检测器	(181)
(四) 吸收池	(181)
二、工作原理	(182)
三、仪器性能指标	(183)
四、制样	(184)
(一) 固体样品	(184)
(二) 液体样品	(184)
第四节 一些不同类别有机物的典型光谱	(185)
一、脂肪烃	(185)
(一) 烷烃	(185)
(二) 烯烃	(185)
(三) 炔烃	(185)
二、芳香烃	(185)
三、醇、酚和醚	(187)
(一) 醇与酚	(187)
(二) 醚	(187)
四、羰基化合物	(188)
(一) 酮、醛及酰氯类化合物	(188)
(二) 酸、酯及酸酐类化合物	(188)
五、含氮有机化合物	(190)
(一) 酰胺类	(190)
(二) 胺类化合物	(190)
(三) 硝基化合物	(192)
第五节 红外吸收光谱在有机结构分析上的应用	(192)

一、红外谱图解析前的准备	(192)
(一) 收集样品的有关数据	(192)
(二) 确定未知物的不饱和度	(193)
二、红外光谱解析程序	(193)
(一) 特征区	(193)
(二) 指纹区	(193)
(三) 红外光谱的九个主要区段	(194)
(四) 解析程序	(194)
三、红外谱图解析示例	(195)
思考题与习题	(197)
第十三章 液相色谱法	(203)
第一节 概述	(203)
一、色谱法的产生及其发展	(203)
二、色谱法的分类	(203)
三、色谱法的基本原理	(204)
第二节 柱色谱法	(207)
一、液-固吸附柱色谱法	(207)
(一) 吸附作用与吸附平衡	(207)
(二) 吸附剂及其选择	(207)
(三) 流动相的选择	(209)
二、液-液分配柱色谱法	(210)
(一) 分离机理	(210)
(二) 载体和固定相	(210)
(三) 流动相	(210)
三、离子交换柱色谱法	(210)
(一) 离子交换树脂的分类	(211)
(二) 离子交换平衡	(211)
(三) 离子交换树脂的性能	(212)
四、凝胶柱色谱法	(212)
五、柱色谱法的应用与示例	(213)
(一) 分离纯制	(213)
(二) 盐类的测定	(213)
第三节 薄层色谱法	(213)
一、基本原理	(213)
(一) 分离原理	(213)
(二) 比移值与相对比移值	(214)
二、吸附剂的选择	(215)
三、展开剂的选择	(215)