

全国普通医药中专教材
全国普通医药中专教材建设委员会 组织编写

分析化学

Fen Xi Hua Xue

主编 卢小曼 主审 朱景申

中国医药科技出版社

全国普通医药中专教材

分 析 化 学

全国普通医药中专教材建设委员会 组织编写

主 编 卢小曼(广东省医药学校)
主 审 朱景申(武汉同济医科大学)
参编人员 (按姓氏笔画排序)

左淑芬(河南省医药学校)
汤浚溪(天津市药科中等专业学校)
张玮芳(上海市医药学校)
俞松林(浙江省医药学校)
郭铭浩(山西省中药材学校)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是全国普通医药中专教材建设委员会组织编写的全国普通医药中专教材之一。全书由化学分析法、仪器分析法和实验三部分组成。化学分析法又以定量分析为主,包括重量分析法、滴定分析法概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、非水滴定法等,仪器分析法介绍了电位法、分光光度法和色谱法等,每章后面都附有习题,本书有29个实验且附有思考题。

本书为普通医药中专的教学用书,还适用于医药技工学校和医药职工中专的教学,同时还可做为医院和药厂等相关单位从事药事工作的人员培训的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/卢小曼主编. —北京:中国医药科技出版社, 1999.7

全国普通医药中专教材

ISBN 7-5067-2101-5

I. 分… II. 卢… III. 分析化学-专业学校-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 27629 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.cspyp.cn www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 20

字数 461 千字

印数 69501—75500

版次 1999 年 7 月第 1 版

印次 2006 年 7 月第 12 次印刷

印刷 三河富华印刷包装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-2101-5/G·0195

定价 30.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国普通医药中专教材建设委员会名单

主任委员 苏怀德 (中国医药教育协会常务副会长、原国家医药管理局科技教育司)

常务副主任委员 王书林 (四川省医药学校)

副主任委员 林锦兴 (山东省医药工业学校)

贾景华 (辽宁省医疗器械学校)

周晓明 (山西省中药材学校)

顾问 齐宗韶 (广州市医药中等专业学校)

路振山 (天津市药科中等专业学校)

竺芝芬 (浙江省医药学校)

委员 左淑芬 (河南省医药学校)

缪立德 (湖北省制药工业学校)

夏海云 (湖南省医药学校)

谢淑俊 (北京市医药器械学校)

贾江峰 (江西省医药学校)

唐介眉 (江苏省医药学校)

周琦 (安徽省医药学校)

周慧君 (上海市医药学校)

徐文强 (江苏省药科学校)

沃联群 (浙江省医药学校)

梁向东 (广州市医药中等专业学校)

汤浚溪 (天津市药科中等专业学校)

杨群华 (广东省医药学校)

缪存信 (福建省医药学校)

秘书 刘佳 (四川省医药学校)

前 言

我国普通医药中等专业教育兴起于 20 世纪 50 年代。以后历经曲折,有一定进步。80 年代以来,在改革开放国策的指引下始获得巨大发展。历年来所培养的大量人才在推动全国医药事业的持续发展中起到了重要作用。

但是,几十年来医药中专教育一直缺少自己的规范化教材,长期存在着靠借用其他专业或其他层次教材应付教学急需的尴尬被动局面。原国家医药管理局科技教育司履行“指导全国药学教育”和“为基层服务”的职责,应各省普通医药中专学校的要求,于 80 年代后期开始组织各校共同编写教材,以解决各校之急需。经过几年实践,有关普通医药中专教材建设的规章制度日趋完善,遂于 1998 年正式成立全国普通医药中专教材建设委员会。该委员会隶属于中国医药教育协会的二级组织——职业技术教育委员会。本系列教材编写的基本依据是原国家医药管理局科技教育司颁布的全日制普通医药中等专业学校“指导性教学大纲汇编”(医药类各专业,1997 年 7 月),同时根据中等职业教育的改革发展和各地区的办学条件及对人才需求的差别,体现了一定的灵活性。

全国普通医药中专教材建设委员会的指导思想是:认真贯彻党的教育方针和职业教育法,面向 21 世纪,根据中等职业教育教学改革精神,搞好医药中专教材建设工作。教材建设的基本过程是:各校根据教学需要提出急需编写的教材建议;委员会从各校建议中确定分阶段编写的教材品种;各校根据委员会制订的对主编和参编人员的要求,申报主参编人员;经教材建设委员会审定,择优组成各门教材编写队伍。编写过程实行主编负责制,同时每门教材特聘主审一人,其主要职责是审定教材业务内容以保证质量。各校对教材工作均高度重视,纷纷派出优秀教师参加编写,中国医药科技出版社也给予了大力支持,才使得本系列教材建设能在较短时间内完成。

经各校的共同努力,第一阶段编写的 12 门教材、第二阶段编写的 14 门教材进展顺利,均将按计划供应教学使用。今后还将按实际需要组织第三阶段教材建设和若干教学参考书的编写,使新编写的中等教材形成较为完整的系列。这些工作在医药中等教育发展历史上具有首创意义,它对规范教材规格、确保教学质量、提高师资水平以及促进校际交流和团结都将会发挥重要作用。但本系列教材建设缺乏经验,时间又紧,因此某些部分略显粗糙是很难避免的,其质量如何也有待教学实践检验。教材建设委员会将组织制订教材质量评估体系,逐步开展教材评估和评优工作,以利于进一步的修订。

本套教材虽为中专教材,但也注意到与全国执业药师资格考试有关内容的衔接,不仅适合于普通医药中专教学之需,也适合对在职人员进行中等职业培训及有志自学者之学习之需。

竭诚欢迎广大读者提供宝贵意见。

全国普通医药中专教材建设委员会

1999 年 2 月

编写说明

本教材是在全国普通医药中专教材建设委员会的统一规划下而编写的。本书所依据的大纲是原国家医药管理局科教司组织制订并于1997年7月颁布的《全日制普通医药中等专业学校指导性教学大纲汇编》。

全国医药中专多年来为医药行业输送了大批具有中等专业技术水平的应用型人才。但在教学方面,长期以来却始终没有符合本专业要求的规范性教材。因此,编写合适的教材成了当务之急。这次参加编写的人员都是长期奋战在教学第一线、有丰富教学经验且专业知识水平较高的教师。他们熟悉教学、熟悉教材、熟悉学生。由他们编写的教材应能适合医药中专的教学。

本书有以下特色:

- (1) 针对中专学生的特点,编写时力求深入浅出,通俗易懂。
- (2) 突出“药”味,体现出是医药专业的教材。
- (3) 理论知识以够用为度,多举实例,培养学生解决问题的能力。
- (4) 编写时“三位一体”。即同一章内容、同一章习题、同一章实验,均由同一人编写,保证了系统的连贯性。
- (5) 滴定分析计算采用了摩尔比的计算方式,取代了以往中专教材采用“基本单元”的计算方式。
- (6) 滴定分析的计算部分,不采取以往的“一步到位”的方法,而是循序渐进,力求使学生能更好地理解该内容,为分析化学的计算打下扎实的基础。
- (7) 本书从教材出发,有关内容基本上按1995年版《中华人民共和国药典》(本书中简称为1995年版中国药典)的要求编写。含量测定仍采用百分含量,而没有采用质量分数。标准溶液称为滴定液。
- (8) “*”标记表示该部分内容是药物分析专业的必修内容,其他专业可选修。

本书以定量分析为主,包括化学定量分析和仪器定量分析,让学生牢固地建立起“量”的概念。从系统性和实用性考虑,较扼要地介绍了定性分析。本书还编有“实验通则”和29个实验,旨在学生能掌握规范的操作,提高实验操作技能。本教材还适用于医药技工学校和医药职工中专的教学,同时还可作为医院和药厂从事药事工作人员的参考书。

本教材由卢小曼担任主编,朱景申教授担任主审。本书编写人员及分工如下:左淑芬(河南省医药学校)编写第一、二、三章和“实验通则”;郭铭浩(山西省中药材学校)编写第四、五章;卢小曼(广东省医药学校)编写第六、七、八章;汤浚溪(天津市药科中等专业学校)编写第九、十、十一章;张玮芳(上海市医药学校)编写第十二、十三章;俞松林(浙江省医药学校)编写第十四、十五章。各人还负责编写同章的习题和实验。卢小曼拟定本书编写提纲,并负责全书的修改和统稿。

本书诚蒙武汉同济医科大学药学院朱景申教授的细心审阅,认真把关,并提出了许多宝贵意见。在此,深致谢意。

在编写过程中，还得到了广东省医药学校领导的支持，以及该校电教信息中心和图书馆的老师们的协助。在此，一并表示感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，错误和不当之处难免，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

1999 年 4 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 分析化学的任务和作用	(1)
一、分析化学的任务	(1)
二、分析化学的作用	(1)
三、分析化学课程的意义	(1)
第二节 分析方法的分类	(2)
一、无机分析和有机分析	(2)
二、定性分析、定量分析和结构分析	(2)
三、化学分析法和仪器分析法	(2)
四、常量、半微量、微量与超微量分析	(3)
第三节 分析化学的发展概况	(3)
习题	(4)
第二章 定性分析简介	(5)
第一节 定性分析概述	(5)
一、定性分析的方法分类	(5)
二、定性反应	(6)
三、定性反应的条件	(6)
四、定性反应的灵敏性和选择性	(7)
五、系统分析和分别分析	(9)
* 第二节 阳离子分析和阴离子分析	(9)
一、阳离子分析	(9)
二、阴离子分析	(15)
第三节 定性分析在药物检验中的应用	(16)
一、化学分析法的应用	(16)
二、仪器分析法的应用	(17)
三、提高定性分析结果的可靠性	(18)
习题	(18)
第三章 误差和分析数据的处理	(20)
第一节 误差	(20)
一、误差及其产生的原因	(20)
二、误差的表示方法	(21)
三、提高分析结果准确度的方法	(23)
第二节 有效数字及其应用	(24)
一、有效数字的意义和位数	(24)

二、有效数字的运算规则	(25)
三、有效数字及运算在分析化学中的应用	(26)
第三节 分析数据的处理	(26)
一、常规分析数据的处理	(26)
二、分析数据的统计处理	(27)
习题	(31)
第四章 分析天平	(33)
第一节 分析天平的基本知识	(33)
一、分析天平的称量原理	(33)
二、分析天平的分类	(33)
三、分析天平的结构	(34)
四、分析天平的计量性能	(36)
第二节 分析天平的使用方法	(37)
一、分析天平的使用规则	(37)
二、分析天平的称量方法	(38)
三、分析天平的保管规则	(39)
四、天平常见故障及排除	(39)
第三节 不等臂天平与电子天平简介	(39)
一、不等臂天平	(39)
二、电子天平	(39)
习题	(41)
第五章 重量分析	(43)
第一节 挥发重量法	(43)
一、基本原理	(43)
二、应用实例	(43)
第二节 萃取重量法	(44)
一、基本原理	(44)
二、应用实例	(44)
第三节 沉淀重量法	(45)
一、样品的称取和溶解	(45)
二、沉淀的制备	(45)
三、沉淀的过滤、洗涤、干燥、灼烧	(48)
四、沉淀的称量与分析结果的计算	(49)
习题	(50)
第六章 滴定分析法概论	(51)
第一节 滴定分析法概述	(51)
一、滴定分析法及其有关术语	(51)
二、滴定分析法的特点、分类及对反应的要求	(51)
三、滴定方式	(52)

第二节 滴定液	(53)
一、滴定液浓度表示法	(53)
二、滴定液的配制与标定	(54)
第三节 滴定分析计算	(56)
一、滴定分析计算基本公式的推导	(56)
二、滴定分析计算实例	(57)
习题	(61)
第七章 酸碱滴定法	(63)
第一节 酸碱指示剂	(63)
一、酸碱指示剂的变色原理	(63)
二、酸碱指示剂的变色范围	(64)
三、影响指示剂变色范围的因素	(65)
四、混合指示剂	(66)
第二节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	(67)
一、强碱强酸的滴定	(68)
二、强碱滴定弱酸	(70)
三、强酸滴定弱碱	(72)
四、弱碱与弱酸的滴定	(73)
五、多元酸的滴定	(73)
六、盐的滴定	(75)
第三节 滴定液的配制和标定	(76)
第四节 应用与实例	(78)
一、直接滴定法	(78)
二、间接滴定法	(80)
习题	(81)
第八章 非水滴定法	(83)
第一节 概述	(83)
第二节 非水酸碱滴定法的基本原理	(83)
一、酸碱质子理论	(83)
二、测定弱酸、弱碱物质的基本原理	(84)
第三节 非水酸碱滴定中的溶剂的性质	(86)
一、溶剂的性质	(86)
二、溶剂的分类和选择	(88)
第四节 非水酸碱滴定中滴定液的配制和标定	(89)
一、高氯酸滴定液的配制与标定	(90)
二、甲醇钠滴定液的配制与标定	(92)
第五节 应用与实例	(93)
一、碱的测定	(93)
二、酸的测定	(95)

* 第六节 卡尔费休法测定水分的含量	(96)
一、基本原理	(96)
二、滴定液的配制与标定	(97)
三、应用与实例	(99)
习题	(100)
第九章 沉淀滴定法	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 铬酸钾指示剂法	(102)
一、测定原理	(102)
二、滴定条件	(103)
第三节 铁铵矾指示剂法	(104)
一、测定原理	(104)
二、滴定条件	(105)
第四节 吸附指示剂法	(106)
一、测定原理	(106)
二、滴定条件	(106)
第五节 滴定液的配制和标定	(107)
一、硝酸银滴定液的配制和标定	(107)
二、硫氰酸铵滴定液的配制和标定	(108)
第六节 应用与实例	(108)
习题	(110)
第十章 配位滴定法	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 EDTA 及 EDTA 配合物	(113)
一、乙二胺四乙酸及其二钠盐	(113)
二、EDTA 与金属离子形成配合物的特点	(114)
三、配合物的稳定常数	(115)
四、酸度对配位平衡的影响	(115)
五、其它配位剂的影响	(117)
第三节 金属指示剂	(117)
一、金属指示剂的作用原理	(117)
二、金属指示剂的条件	(118)
三、封闭现象和掩蔽作用	(118)
四、常用的金属指示剂	(119)
第四节 EDTA 滴定液的配制与标定	(121)
一、配制	(121)
二、标定	(121)
第五节 应用与实例	(122)
一、钙盐测定	(122)

二、镁盐测定	(122)
三、铝盐测定	(123)
四、水的硬度测定	(124)
习题	(125)
第十一章 氧化还原滴定法	(126)
第一节 氧化还原滴定法的特点和分类	(126)
一、氧化还原滴定法的特点	(126)
二、氧化还原滴定法的分类	(127)
第二节 氧化还原反应与能斯特方程式	(127)
一、氧化还原反应的实质	(127)
二、能斯特方程式	(130)
三、利用能斯特方程式判断氧化还原反应的方向	(132)
四、利用能斯特方程式判断氧化还原反应进行的程度	(132)
第三节 高锰酸钾法	(133)
一、基本原理	(133)
二、高锰酸钾滴定液的配制和标定	(134)
第四节 碘量法	(134)
一、概述	(134)
二、滴定液的配制和标定	(136)
第五节 亚硝酸钠法	(138)
一、指示终点的方法	(139)
二、滴定液的配制和标定	(139)
第六节 应用与实例	(140)
一、碘量法的应用	(140)
二、高锰酸钾法的应用	(141)
三、亚硝酸钠法的应用	(142)
习题	(143)
第十二章 电位法和永停滴定法	(145)
第一节 电位法的基本原理	(145)
一、基本原理	(145)
二、参比电极和指示电极	(146)
第二节 直接电位法测定溶液的 pH	(148)
一、测定原理	(148)
二、酸度计	(151)
三、离子选择性电极简介	(153)
第三节 电位滴定法	(154)
一、概述	(154)
二、电位滴定的基本原理	(154)
三、自动电位滴定仪	(156)

四、电位滴定法的应用	(156)
第四节 永停滴定法	(157)
一、基本原理	(157)
二、永停滴定的装置	(159)
三、应用与实例	(159)
习题	(160)
第十三章 比色法和分光光度法	(162)
第一节 概述	(162)
第二节 比色法和分光光度法的原理	(163)
一、光的基本性质和物质对光的选择吸收	(163)
二、吸收光谱的产生和吸收光谱曲线	(164)
三、光的吸收定律	(166)
第三节 目视比色法	(168)
一、目视比色法的原理	(168)
二、目视比色法的方法	(169)
第四节 分光光度法和分光光度计	(169)
一、分光光度法	(169)
二、分光光度计	(170)
第五节 定性和定量分析方法	(174)
一、定性方法	(174)
二、定量方法	(175)
第六节 比色法和分光光度法的误差和测量条件的选择	(177)
一、误差来源	(177)
二、测量条件的选择	(178)
第七节 红外分光光度法简介	(179)
一、概述	(179)
二、基本原理	(180)
三、红外分光光度计	(183)
四、红外吸收光谱法的应用	(184)
习题	(184)
第十四章 色谱法	(186)
第一节 概述	(186)
一、色谱法简介	(186)
二、色谱法的分类	(186)
第二节 柱色谱法	(187)
一、吸附柱色谱法	(187)
二、分配柱色谱法	(189)
三、柱色谱的操作方法	(190)
第三节 薄层色谱法	(191)

一、基本原理	(191)
二、吸附剂和展开剂	(192)
三、薄层色谱的操作方法	(192)
四、定性和定量分析	(195)
第四节 纸色谱法	(196)
一、基本原理	(196)
二、纸色谱的操作方法	(197)
三、纸色谱的应用	(198)
第五节 离子交换色谱法	(198)
一、基本原理	(198)
二、离子交换树脂的分类	(198)
三、离子交换树脂的性能	(199)
四、离子交换色谱的应用	(200)
第六节 凝胶色谱法简介	(200)
第七节 气相色谱简介	(200)
一、气相色谱法的特点	(200)
二、气相色谱仪及其分析流程	(201)
三、基本术语	(202)
四、色谱柱和检测器	(203)
五、气相色谱法在药典中的应用	(204)
第八节 高效液相色谱法简介	(207)
一、高效液相色谱法与经典液相色谱法的比较	(207)
二、高效液相色谱法与气相色谱法的比较	(207)
三、高效液相色谱仪	(207)
四、高效液相色谱法在药典中的应用	(208)
习题	(209)
第十五章 其它仪器分析法简介	(210)
第一节 荧光分析法	(210)
一、基本原理	(210)
二、荧光分光光度计	(211)
三、定量方法及应用	(212)
第二节 原子吸收分光光度法	(212)
一、基本原理	(212)
二、原子吸收分光光度计	(213)
三、定量方法及应用	(213)
第三节 核磁共振波谱法	(214)
一、基本原理	(214)
二、核磁共振波谱仪	(215)
三、核磁共振光谱的应用	(215)

第四节 质谱法	(216)
一、基本原理	(216)
二、质谱仪	(217)
三、质谱法的应用	(217)
习题	(218)
实验通则	(219)
第一部分 实验规则和化学试剂	(219)
一、分析化学实验规则	(219)
二、化学试剂知识	(219)
第二部分 化学分析基本操作规范	(220)
一、定性分析基本操作	(220)
二、分析天平及称量	(225)
三、重量分析基本操作	(228)
四、滴定分析基本操作	(235)
* 实验一 已知阳离子的混合物分析	(242)
实验二 分析天平的结构、调整与直接称量练习	(244)
实验三 分析天平的减重称量与预定质量称量练习	(245)
实验四 氯化钡中结晶水含量的测定	(246)
实验五 滴定分析器皿的洗涤和使用练习	(248)
* 实验六 容量仪器的校正	(250)
实验七 酸碱滴定液的配制与标定	(253)
实验八 药用硼砂的含量测定	(255)
实验九 混合碱的测定(双指示剂法)	(256)
实验十 高氯酸滴定液的配制和标定	(257)
实验十一 枸橼酸钠的含量测定	(258)
实验十二 生理盐水中氯化钠的含量测定(铬酸钾指示剂法)	(259)
实验十三 溴化钠的含量测定(铁铵矾指示剂法)	(260)
实验十四 碘化钾的含量测定(吸附指示剂法)	(261)
实验十五 EDTA 滴定液的配制与标定	(262)
实验十六 葡萄糖酸钙的含量测定	(263)
实验十七 水的总硬度测定	(264)
实验十八 硫代硫酸钠滴定液的配制与标定(碘量法)	(265)
实验十九 双氧水的含量测定(高锰酸钾法)	(266)
实验二十 电位法测定溶液的 pH	(267)
实验二十一 磺胺嘧啶的含量测定(外指示剂法和永停滴定法)	(269)
实验二十二 水中微量氨的比色测定(目视比色法)	(270)
实验二十三 高锰酸钾的比色测定(72G 型或 721 型分光光度法)	(272)
实验二十四 维生素 B ₁₂ 注射液含量测定(751G 型紫外-可见	

分光光度法)	(274)
实验二十五 几种金属离子的吸附柱色谱	(276)
实验二十六 薄层色谱法分离复方新诺明中 TMP 及 SMZ	(276)
实验二十七 纸色谱法分离鉴定蛋氨酸和甘氨酸	(278)
实验二十八 酊剂中乙醇含量的气相色谱测定 (已知浓度样品对照法)	(279)
实验二十九 高效液相色谱仪性能检查	(281)
附 录	(283)
附录 1 常见化合物的相对分子质量	(283)
附录 2 相对原子质量表	(286)
附录 3 弱酸和弱碱的电离常数	(288)
附录 4 难溶化合物的溶度积常数	(289)
附录 5 氨羧配合剂类配合物的稳定常数	(289)
附录 6 标准电极电位表	(291)
附录 7 标准缓冲液的 pH	(298)
参考文献	(299)

第一章 绪 论

提要 分析化学是化学学科中一个重要分支，是药学专业中一门十分重要的专业基础课，分析化学的理论和操作技术被广泛地应用于药学领域。

本章介绍了分析化学的任务和作用、分析方法的分类和分析化学的发展概况。

第一节 分析化学的任务和作用

一、分析化学的任务

分析化学是化学学科的一个重要分支，它是研究物质化学组成的分析方法及有关理论和技术的一门学科。分析化学的任务包括三个方面：定性分析、定量分析和结构分析。定性分析是鉴定物质的化学组成；定量分析是测定物质中各组分的相对含量；而结构分析是确定物质的化学结构。

二、分析化学的作用

分析化学是从生产实践中建立起来，并在不断吸纳和应用无机化学、有机化学、物理学、数学、生物化学及计算机科学等相关学科的研究成果中逐步发展起来的。分析化学是应用科学，不仅应用于化学学科，也广泛应用于医药学、生物学、环境科学等各个领域，对国民经济和科学技术的发展起着极其重要的作用。

在国民经济方面，资源勘探中的样品分析，工农业生产中的质量监测，生产过程中的控制，新技术、新工艺、新材料的研制开发等，都大量用到分析化学的知识和技术。故分析化学有工农业生产的“眼睛”之称。

科学研究同样离不开分析化学。如化学上的一些基本定律的确证，其它学科的基本理论的建立，科学领域里的新研究成果，均需采用分析技术获取的数据为依据。

分析化学在医药卫生方面的应用尤为广泛。例如，制药工业中，原料、成品、中间产物及辅料等都要进行严格的控制和检验；中药材的种植、采集、炮制、鉴定及中药制剂的生产工艺，成品质量监测；医药流通领域中，药物的运输、储存、养护及药品质量分析；在临床检验中，病因调查，体内药物分析，体内代谢情况的考查，新药的开发和研制，环境分析和“三废”处理等方面，均广泛应用了分析化学的理论、方法和技术。

三、分析化学课程的意义

在中等医药学校的教学中，分析化学是一门重要的专业基础课，它的理论和分析方法在药理学、药物化学、药物分析、药剂学、中药化学、中药鉴定、中药炮制、中药制剂分析检验等专业课程以及医学检验、卫生检验的专业课程中有广泛的应用，可见它与