



全国医药职业教育药学类规划教材

QUANGUO YIYAO ZHIYE JIAOYU YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

(供高职高专使用)

药用基础化学(二) ——分析化学

YAOYONG JICHU HUAXUE (2)

——FENXI HUAXUE

主编 伍伟杰



中国医药科技出版社

全国医药职业教育药学类规划教材

药用基础化学（二）

——分析化学

（供高职高专使用）

主 编 伍伟杰

副主编 林 珍

编 者 （以姓氏笔画为序）

王永丽（广东食品药品职业学院）

伍伟杰（广东食品药品职业学院）

孙荣梅（中国药科大学高等职业技术学院）

李 飞（沈阳药科大学高等职业技术学院）

林 珍（山西生物应用职业技术学院）

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是全国医药职业教育药学类规划教材之一,依照教育部[2006]16号文件要求,结合我国高职教育的发展特点,根据《分析化学》教学大纲的基本要求和课程特点编写而成。本书分为两大模块,共九章:化学分析模块(包括定量分析、滴定分析法、酸碱滴定法、重量分析法和沉淀滴定法、氧化还原滴定法、电化学分析法、配位滴定法);仪器分析模块(包括光谱分析法、色谱法)。每章后均附有学习指导和习题。

本书可供医药高职院校药学类专业学生使用,也可作为有关专业夜大、职大、函授等成人教育的教材和其他医药人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

药用基础化学. 分析化学/伍伟杰主编. —北京:中国医药科技出版社,2008.6

全国医药职业教育药学类规划教材

ISBN 978-7-5067-3882-8

I. 药… II. 伍… III. 药物化学—分析(化学)—高等学校:技术学校—教材 IV. R914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 060748 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

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 100082

电话 责编:010-62278402 发行:010-62227427

网址 www.cspyp.cn www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm¹/₁₆

印张 15

字数 338 千字

印数 1—5000

版次 2008 年 6 月第 1 版

印次 2008 年 6 月第 1 次印刷

印刷 廊坊市海翔印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-3882-8

定价 26.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国医药职业教育药学类规划教材

编写说明

随着我国医药职业教育的迅速发展,医药院校对具有职业教育特色药学类教材的需求也日益迫切,根据国发[2005]35号《国务院关于大力发展职业教育的决定》文件和教育部[2006]16号文件精神,在教育部、国家食品药品监督管理局、教育部高职高专药品类专业教学指导委员会的指导之下,我们在对全国药学职业教育情况调研的基础上,于2007年7月组织成立了全国医药职业教育药学类规划教材建设委员会,并立即开展了全国医药职业教育药学类规划教材的组织、规划和编写工作。在全国20多所医药院校的大力支持和积极参与下,共确定78种教材作为首轮建设科目,其中高职类规划教材52种,中职类规划教材26种。

在百余位专家、教师和中国医药科技出版社的团结协作、共同努力之下,这套“以人才市场需求为导向,以技能培养为核心,以职业教育人才培养必需知识体系为要素、统一规范科学并符合我国医药事业发展需要”的医药职业教育药学类规划教材终于面世了。

这套教材在调研和总结其他相关教材质量和使用情况的基础上,在编写过程中进一步突出了以下编写特点和原则:①确定了“市场需求→岗位特点→技能需求→课程体系→课程内容→知识模块构建”的指导思想;②树立了以培养能够适应医药行业生产、建设、管理、服务第一线的应用型技术人才为根本任务的编写目标;③体现了理论知识适度、技术应用能力强、知识面宽、综合素质较

高的编写特点。④高职教材和中职教材分别具备“以岗位群技能素质培养为基础，具备适度理论知识深度”和“岗位技能培养为基础，适度拓宽岗位群技能”的特点。

同时，由于我们组织了全国设有药学职业教育的大多数院校的大批教师参加编写工作，强调精品课程带头人、教学一线骨干教师牵头参与编写工作，从而使这套教材能够在较短的时间内以较高的质量出版，以适应我国医药职业教育发展的需要。

根据教育部、国家食品药品监督管理局的相关要求，我们还将组织开展这套教材的修订、评优及配套教材（习题集、学习指导）的编写工作，竭诚欢迎广大教师、学生对这套教材提出宝贵意见。

全国医药职业教育药学类

规划教材建设委员会

2008年5月

前 言

药学类职业教育作为医药教育和职业教育的重要组成部分，伴随着我国医药行业和职业教育的发展，已经历了将近七年的高速发展，然而相关教材建设工作却因缺乏职业教育特色，远远无法满足医药职业教育发展的需要。为了迅速改变这种状况，在教育部、国家食品药品监督管理局和教育部高职高专药品类教学指导委员会的组织指导下，由多名具有丰富职业教育经验的人员共同编写了《药用基础化学》一书。

本书为全国医药职业教育药学类规划教材，主要供全国高等职业医药院校的学生使用，也可以作为普通高职高专、函授大学、职工大学和夜大等成人高校相关专业的教材或学习辅导用书。

高等职业技术教育的最大特点在于它的“职业性”，因此，本书编写的指导思想为“市场需求→岗位特点→技能需求→课程体系→课程内容→知识模块构建”。

本书编写突出如下特点：

1. 严谨性 内容的组织与叙述务求严谨、科学、正确，安排上符合教学规律，避免知识点的遗漏。

2. 协调性 加强相关教材及不同层次的交流，特别注重相近课程、前期课程和后续课程之间的协编。《药用基础化学》一书分《药用基础化学（一）——无机化学》和《药用基础化学（二）——分析化学》两册，前后呼应，避免知识点的重复。

3. 实用性 理论知识适度，把握化学学科的理论深度及广度，力求与职业、与生产实践、与社会需求接轨。

4. 应用性 加大应用能力，注意理论与实践相结合，着重培养学生分析问题和解决问题的能力。

5. 简练性 内容力求简明扼要，够用即可。避免内容臃肿，删除与专业教学无关的知识点，使整套教材知识模块体系构架系统、统一。

6. 职业性 注重职业性，把知识的传授与学生职业能力、创新能力的培养，以及学生综合素质的提高有机地结合起来。

7. 新颖性 全新体例格式。基于职业教育学生认知特点，编写过程中尽量采用“生活实例→理论提高→技能培养”的模式进行叙述。

《药用基础化学（二）——分析化学》由伍伟杰任主编，林珍任副主编。参加编写的院校以及人员有：广东食品药品职业学院王永丽（绪论、第六章），中国药科大学高等职业技术学院孙荣梅（第一章、第三章），广东食品药品职业学院伍伟杰（第二章、第五章），山西生物应用职业技术学院林珍（第四章、第九章），沈阳药科大学高等职业技术学院李飞（第七章、第八章）。全书由伍伟杰统稿、修改和定稿。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误与不足之处，恳请读者与同行给予批评指正。

编 者
2008 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第一节 分析化学的应用	(1)
一、分析化学的任务	(1)
二、分析化学在药学中的应用	(1)
第二节 分析方法的分类	(1)
一、结构分析、定性分析和定量分析	(2)
二、化学分析和仪器分析	(2)
第三节 分析化学的发展	(2)
思考题	(3)

化学分析模块

第一章 定量分析	(7)
第一节 定量分析的一般步骤	(7)
一、取样	(7)
二、试样的分解	(8)
三、测定	(8)
四、计算分析结果	(9)
第二节 定量分析结果的表示	(9)
一、被测组分的化学表示形式	(9)
二、被测组分含量的表示方法	(10)
第三节 误差和分析数据的处理	(10)
一、产生误差的原因	(10)
二、准确度和精密度	(11)
三、误差和偏差	(12)
四、提高分析结果准确度的方法	(14)
五、有限次实验数据的统计处理	(16)
六、有效数字及其运算规则	(21)
学习指导	(23)
习题	(25)

第二章 滴定分析法	(28)
第一节 滴定分析法的原理、特点和主要的方法	(28)
一、滴定分析法的原理和特点	(28)
二、滴定分析法的基本概念和有关术语	(28)
三、主要的滴定分析方法	(28)
第二节 滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	(29)
一、滴定分析法对化学反应的要求	(29)
二、滴定方式	(29)
第三节 标准溶液的配制和标定	(30)
一、标准溶液的配制	(30)
二、标准溶液的标定	(31)
第四节 滴定分析法的计算	(32)
一、滴定分析计算的依据	(32)
二、滴定分析计算实例	(32)
学习指导	(35)
习题	(37)
第三章 酸碱滴定法	(39)
第一节 概述	(39)
第二节 酸碱指示剂	(39)
一、指示剂的变色原理	(39)
二、指示剂的变色范围	(40)
三、影响指示剂变色范围的因素	(42)
四、混合指示剂	(42)
第三节 酸碱滴定曲线及指示剂的选择	(43)
一、强酸强碱的滴定	(43)
二、一元弱酸(弱碱)的滴定	(47)
三、多元酸(碱)的滴定	(50)
第四节 终点误差	(53)
第五节 标准溶液的配制和标定	(54)
一、标准酸溶液的配制和标定	(54)
二、标准碱溶液的配制和标定	(55)
第六节 应用和实例	(56)
一、直接滴定法	(56)
二、间接滴定法	(56)
第七节 非水溶液中的酸碱滴定	(57)
一、溶剂	(58)

二、碱的滴定	(64)
三、酸的滴定	(66)
学习指导	(67)
习题	(69)
第四章 重量分析法和沉淀滴定法	(72)
第一节 重量分析法	(72)
一、挥发法	(72)
二、萃取法	(72)
三、沉淀法	(73)
第二节 沉淀滴定法	(76)
一、银量法	(76)
二、应用和示例	(82)
学习指导	(84)
习题	(86)
第五章 氧化还原滴定法	(89)
第一节 概述	(89)
一、氧化还原反应的特点	(89)
二、氧化还原滴定法应具备的条件	(89)
三、氧化还原滴定法的分类	(89)
第二节 氧化还原指示剂	(89)
一、自身指示剂	(89)
二、专属指示剂	(90)
三、氧化还原指示剂	(90)
第三节 碘量法	(90)
一、概述	(90)
二、碘量法	(91)
三、标准溶液	(93)
第四节 高锰酸钾法	(95)
一、概述	(95)
二、标准溶液	(95)
三、应用和示例	(96)
学习指导	(98)
习题	(99)
第六章 电化学分析法	(101)
第一节 电位法的基本原理	(101)

一、化学电池	(101)
二、指示电极和参比电极	(102)
第二节 直接电位法	(103)
一、溶液 pH 的测定	(103)
二、其他离子浓度的测定	(104)
第三节 电位滴定法	(105)
一、测定原理	(105)
二、确定化学计量点的方法	(106)
三、应用和示例	(107)
第四节 永停滴定法	(107)
一、测定原理	(107)
二、永停滴定法的类型	(108)
三、测定方法	(109)
四、应用和示例	(109)
学习指导	(110)
习题	(111)
第七章 配位滴定法	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 配位平衡	(113)
一、配合物的稳定常数	(113)
二、配位反应的副反应和副反应系数	(114)
三、配合物的条件稳定常数	(116)
第三节 配位滴定中酸度的选择	(117)
一、配位滴定的最低 pH	(117)
二、最低酸度 (最高 pH)	(117)
第四节 金属指示剂	(118)
一、金属指示剂的作用原理	(118)
二、常用的金属指示剂	(119)
第五节 标准溶液的配制和标定	(120)
一、EDTA 标准溶液的配制和标定	(120)
二、锌标准溶液的配制和标定	(121)
第六节 滴定方式	(121)
一、直接滴定法	(121)
二、返滴定法	(121)
三、置换滴定法	(122)
四、间接滴定法	(122)
学习指导	(122)

习题	(124)
----------	-------

仪器分析模块

第八章 光谱分析法	(129)
-----------------	-------

第一节 光谱分析法概述	(129)
一、光学分析法	(129)
二、电磁辐射与电磁波谱	(129)
三、光谱分析法的分类和应用	(130)
四、物质对光的选择性吸收	(132)
五、吸收曲线	(133)
第二节 紫外-可见分光光度法	(133)
一、朗伯-比尔定律	(134)
二、吸光系数	(134)
三、偏离朗伯-比尔定律的因素	(136)
四、紫外-可见分光光度计	(137)
五、紫外-可见吸收光谱的应用	(141)
第三节 红外光谱分析法简介	(145)
一、概述	(145)
二、基本原理	(145)
三、红外分光光度计	(148)
四、红外光谱在药物分析中的应用	(149)
学习指导	(152)
习题	(155)

第九章 色谱法	(158)
---------------	-------

第一节 色谱法概述	(158)
一、色谱法的发展	(158)
二、色谱法的分类	(159)
三、色谱法的基本原理	(160)
第二节 薄层色谱法	(163)
一、基本原理	(163)
二、吸附剂和展开剂的选择	(164)
三、操作程序	(166)
四、定性和定量分析	(169)
五、应用和示例	(171)
第三节 纸色谱法	(172)

一、基本原理	(172)
二、影响 R_f 值的因素	(172)
三、操作方法	(173)
第四节 气相色谱法	(174)
一、气相色谱法的分类	(174)
一、气相色谱法的基本理论	(175)
三、气相色谱仪的基本组成	(177)
四、定性和定量分析	(186)
五、应用和示例	(190)
第五节 高效液相色谱法	(190)
一、基本原理	(191)
二、高效液相色谱法的分类	(193)
三、高效液相色谱仪	(196)
四、定性和定量分析	(198)
五、应用和示例	(200)
学习指导	(201)
习题	(204)
附录	(206)
I 常见化合物的相对分子质量	(206)
II 相对原子质量表	(209)
III 弱酸和弱碱的电离常数	(211)
IV 难溶化合物的溶度积常数 (18 ~ 25℃)	(213)
V 氨羧配合剂类配合物的稳定常数 (18 ~ 25℃)	(214)
VI 标准电极电位表 (298.15K)	(216)
VII 标准缓冲液的 pH	(224)
参考文献	(225)

绪 论

第一节 分析化学的应用

一、分析化学的任务

分析化学是研究物质化学组成及其分析方法的一门学科，主要包括定性分析、定量分析和结构分析。定性分析的任务是鉴定物质的化学组成（或成分），即解决物质是由哪些元素、离子、基团或化合物组成；定量分析的任务是测定待测样品中有关组分的含量；结构分析的任务是确定物质的化学结构，如分子结构、晶体结构等。在分析物质时，一般先进行定性分析以确定物质的组成，然后选择合适的定量分析方法确定成分的含量。当然，若样品成分已知，可直接进行定量分析。

二、分析化学在药学中的应用

分析化学的应用范围几乎涉及国民经济、国防建设、资源开发及人的衣食住行等各个方面。这里简单介绍一下分析化学在药学中的应用。分析化学的理论和实验技能在药物分析、药物化学、天然药物化学、药剂学、药理学和中药学等各个学科都有广泛应用。而且，随着我国药学事业的飞速发展，分析化学课程显得愈加重要。目前，分析化学在生命科学、环境科学、材料科学等学科前沿领域发挥极大的作用。在医学科学中，分析化学在药物成分含量、药物作用机制、药物代谢与分解、药物动力学、疾病诊断以及滥用药物等的研究中，是不可缺少的手段；此外，分析化学在新药的寻找、药品质量控制、病因调查等方面也起着重要作用。

在药学教育中，分析化学是一门重要的专业基础课，其他许多专业课都要应用分析化学的知识解决该学科中的某些问题。例如，药物分析中分析方法的选择、药物有效成分的含量分析等；药物化学中原料、中间体及成分分析，理化性质和结构关系的探索等；药剂学中制剂稳定性、生物利用度等的测定；中草药化学中有效成分的分离、鉴定和测定等；药理学中药物分子的理化性质和药理作用的关系，体内代谢情况的考察，等等，都与分析化学有密切的关系。

第二节 分析方法的分类

根据分析任务、分析对象、测定原理、操作方法和基本要求的不同，分析化学可分为不同的类型。

一、结构分析、定性分析和定量分析

结构分析的主要任务是研究物质的分子结构或晶体结构。分析化学中常通过紫外光谱、红外光谱、核磁共振谱和质谱等进行结构分析。定性分析的任务是测定物质的组成,即物质是由哪些元素、原子团、官能团或化合物组成。定量分析的任务是测定物质的含量,通常采用滴定分析、色谱分析、光谱分析和电化学分析等方法进行定量分析。

二、化学分析和仪器分析

1. 化学分析

化学分析是建立在物质的化学反应基础上的分析方法。由于化学分析法历史悠久,因此又被称为经典分析法。它包括定性分析和定量分析,定性分析是根据试样与试剂化学反应的现象和特征来鉴定物质的化学组成;定量分析则根据试样中被测组分与试剂定量进行的化学反应来测定该组分的相对含量。例如,被测组分 C 与试剂 R 进行定量反应:



若通过称量得到生成物的重量,进而求待测组分 C 的量,这种方法为重量分析法。若根据与组分 C 反应的试剂 R 的浓度和体积求组分 C 的量,这种方法称为滴定分析或容量分析。

化学分析法所用仪器简单,结果准确,应用范围广泛,但对于试样中极微量的杂质的定性或定量分析不够灵敏。

2. 仪器分析

仪器分析法是以物质的物理和物理化学性质为基础的分析方法。由于仪器分析要采用精密的仪器,因此具有灵敏、快速、准确等特点。仪器分析发展很快,主要分为:

(1) 电化学分析 按照电化学原理分为电导分析、电位分析、电解分析等。

(2) 光学分析 主要有吸收光谱分析法,包括紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、原子吸收分光光度法和核磁共振波谱法等;发射光谱分析法,包括荧光分光光度法、火焰分光光度法等;旋光分析法,折光分析法等。

(3) 色谱分析法 主要有液相色谱和气相色谱法等。其中液相色谱包括柱色谱法、薄层色谱法、纸色谱法、高效液相色谱法等。

第三节 分析化学的发展

分析化学的起源可以追溯至古代炼金术。在科学史上,分析化学曾经是研究化学的开路先锋,它对元素的发现、原子量的测定等都曾作出重要贡献。但是,直到 19 世纪末,人们还认为分析化学尚无独立的理论体系,只能算是分析技术,不能算是一门科学。

20 世纪以来,分析化学经历了三次巨大变革:

第一次变革是 20 世纪初,建立了溶液中酸碱、配位、沉淀、氧化还原四大平衡理论,为分析化学提供了理论基础,使分析化学由一门技术发展为一门科学。

第二次变革是 20 世纪 40~60 年代,物理学与电子学的发展促进了以光谱分析、极谱

分析为代表的仪器分析方法的发展,改变了经典的以化学分析为主的局面,使仪器分析获得蓬勃发展。

第三次变革是 20 世纪 70 年代末至今,生命科学、环境科学、新材料科学等发展的要求,生物学、信息科学、计算机技术的引入,使分析化学进入了一个崭新的境界,现代分析化学的任务已突破了以往单纯测定物质的组成及含量的局限,而且要对物质的形态、结构、薄层及活性等作出追踪分析。例如,在药物分析中,不仅要分析药物的组成和含量,还要分析药物的晶形结构。此外,对药物的分析不仅仅局限于静态分析,还要进行动态分析,观察药物在生物体内的疗效。

现代分析化学已突破了纯化学领域,它将化学与数学、物理学、计算机学及生物学紧密地结合起来,发展成为一门多学科性的综合学科。

思 考 题

1. 简述分析化学的任务。
2. 简述分析化学按照不同的标准如何分类。
3. 简述分析化学在药学中的应用。
4. 结合自己的知识,探讨分析化学的发展。

(王永丽)

