

新世纪 全国高等中医药院校规划教材



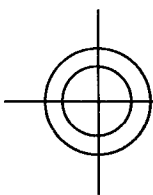
分析化学

(下册)

供中药类专业用

主编 黄世德 梁生旺

中国中医药出版社



新世纪全国高等中医药院校规划教材

分析化学

下 册

(供中药类专业用)

主 编 黄世德 (成都中医药大学)
梁生旺 (河南中医学院)
副主编 张 洁 (长春中医学院)
王兆伦 (山东中医药大学)
彭新君 (湖南中医学院)
许腊英 (湖北中医学院)
江 滨 (广州中医药大学)
叶晓雯 (云南中医学院)
李彦冰 (黑龙江中医药大学)
主 审 陈定一 (北京中医药大学)

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

分析化学(下册)/黄世德,梁生旺主编. —北京:中国中医药出版社,2005.6

新世纪全国高等中医药院校规划教材

ISBN 7-80156-811-7

I. 分… II. ①黄… ②梁… III. 分析化学—中医学院—教材

IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017746 号

中国中医药出版社出版

发行者:中国中医药出版社

(北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 电话:64405750

邮编:100013)

(邮购联系电话:84042153 64065413)

印刷者:天津市蓟县宏图印务有限公司

经销者:新华书店总店北京发行所

开本:850×1168 毫米 16 开

字数:582 千字

印张:24.75

版次:2005 年 6 月第 1 版

印次:2005 年 6 月第 1 次印刷

册数:5000

书号:ISBN 7-80156-811-7/R·811

定价:30.00 元

如有质量问题,请与出版社出版部调换。

HTTP://WWW.CPTCM.COM

全国高等中医药专业教材建设

专家指导委员会

- 主任委员 李振吉 (国家中医药管理局副局长)
- 副主任委员 王永炎 (中国中医研究院名誉院长 中国工程院院士)
贺兴东 (国家中医药管理局科技教育司司长)
- 委员 (按姓氏笔画排列)
- 王绵之 (北京中医药大学 教授)
- 王明来 (国家中医药管理局科技教育司副司长)
- 王新陆 (山东中医药大学校长 教授)
- 邓铁涛 (广州中医药大学 教授)
- 石学敏 (天津中医学院教授 中国工程院院士)
- 龙致贤 (北京中医药大学 教授)
- 皮持衡 (江西中医学院 教授)
- 刘振民 (北京中医药大学 教授)
- 任继学 (长春中医学院 教授)
- 严世芸 (上海中医药大学校长 教授)
- 李任先 (广州中医药大学 教授)
- 李庆生 (云南中医学院院长 教授)
- 吴咸中 (天津中西医结合医院教授 中国工程院院士)
- 张士卿 (甘肃中医学院院长 教授)
- 肖培根 (中国医学科学院教授 中国工程院院士)
- 陈可冀 (中国中医研究院教授 中国科学院院士)
- 周仲瑛 (南京中医药大学 教授)
- 郑守曾 (北京中医药大学校长 教授)
- 胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)
- 项平 (南京中医药大学校长 教授)
- 施杞 (上海中医药大学 教授)
- 徐志伟 (广州中医药大学副校长 教授)

曹洪欣 (黑龙江中医药大学校长 教授)
梁繁荣 (成都中医药大学副校长 教授)
焦树德 (中日友好医院 教授)
路志正 (中国中医研究院 教授)
颜德馨 (上海铁路医院 教授)

前 言

“新世纪全国高等中医药院校规划教材”是依据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，在教育部、国家中医药管理局规划指导下，由全国中医药高等教育学会组织、全国高等中医药院校联合编写、中国中医药出版社出版的高等中医药院校本科系列教材。

本系列教材采用了“政府指导、学会主办、院校联办、出版社协办”的运作机制。为确保教材的质量，在教育部和国家中医药管理局指导下，建立了系统完善的教材管理体制，成立了全国高等中医药专业教材建设专家指导委员会、全国高等中医药教材建设研究会，对本系列教材进行了整体规划，在主编遴选、教学大纲和教材编写大纲、教材质量等方面进行了严格的审查、审定。

本系列教材立足改革，更新观念，以新的专业目录为依据，以国家规划教材为重点，按主干教材、配套教材、改革创新教材分类，以宽基础、重实践为原则，是一套以国家规划教材为重点，门类齐全，适应培养新世纪中医药高素质、创造性人才需要的系列教材。在教材组织编写的过程中引入了竞争机制，教材主编和参编人员全国招标，按照条件严格遴选，专家指导委员会审议，择优确定，形成了一支以一线专家为主体，以老带新的高水平的教材编写队伍，并实行主编负责制，以确保教材质量。

本系列教材编写实施“精品战略”，从教材规划到教材编写、专家审稿、编辑加工、出版，都有计划、有步骤实施，层层把关，步步强化，使“精品意识”、“质量意识”贯彻全过程。每种教材的教学大纲、编写大纲、样稿、全稿，都经过专家指导委员会审定，都经历了编写会、审稿会、定稿会的反复论证，不断完善，重点提高内在质量。尤其是根据中医药教材的特点，在继承与发扬、传统与现代、理论与实践、中医与西医等方面进行了重点论证，并在继承传统精髓的基础上择优吸收现代研究成果；在写作方法上，大胆创新，使教材内容更为系统化、科学化、合理化，更便于教学，更利于学生系统掌握基本理论、基本知识和基本技能；注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

在出版方面，出版社全面提高“精品意识”、“质量意识”，从编辑、设计、印刷、装帧质量，在各个环节都精心组织、精心施工，力争出版高水平的精品教材，使中医药教材的出版质量上一个新台阶。

本系列教材按照中医药专业培养目标和国家中医药执业医师资格考试要求，以国家规划教材为重点，门类齐全，适合全国各高等中医药院校中医学专业、针灸推拿学专业、中药学专业本科教学使用。是国家中医执业医师资格考试、国家中医药专业技术人员职称资格考试的参考书。

本系列教材于2002年年底出版的主要为中医专业、针灸推拿专业、中药专业教材，共计46门，其中34门被教育部评选为“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”。

值得提出的是，本系列教材在审定时，专家指导委员会王永炎院士、邓铁涛教授、任继学教授、肖培根院士、胡之璧院士等专家对教材书稿进行了严格把关，提出精辟的意见，对保证教材质量起了重要作用；本套教材的编写出版，得到中国中医药出版社和全国高等中医药院校在人力、物力上的大力支持，为教材的编写出版创造了有利条件。各高等中医药院校，既是教材的使用单位，又是教材编写任务的承担单位，在本套教材建设中起到了主体作用。在此一并致谢！

本系列教材在继承的基础上进行了一定力度的改革与创新，在探索的过程中难免有不足之处，甚或错漏之处，敬请各教学单位、各位教学人员在使用中发现问题，及时提出批评指正，以便我们重印或再版时予以修改，使教材质量不断提高，更好地适应新世纪中医药人才培养需要。

全国中医药高等教育学会
全国高等中医药教材建设研究会

2002年8月

新世纪全国高等中医药院校规划教材

《分析化学》编委会

主 编 黄世德 (成都中医药大学)

梁生旺 (河南中医学院)

副主编 张 洁 (长春中医学院)

王兆伦 (山东中医药大学)

彭新君 (湖南中医学院)

许腊英 (湖北中医学院)

江 滨 (广州中医药大学)

叶晓雯 (云南中医学院)

李彦冰 (黑龙江中医药大学)

编 委 (以姓氏笔画为序)

万 丽 (成都中医药大学)

王新宏 (上海中医药大学)

王淑美 (河南中医学院)

尹 华 (浙江中医学院)

李 锦 (天津中医学院)

张 丽 (南京中医药大学)

张元桐 (辽宁中医学院)

张明昶 (贵阳中医学院)

张小荣 (西南交通大学药学院)

陈 丽 (福建中医学院)

侯小涛 (广西中医学院)

彭晓霞 (甘肃中医学院)

谢晓梅 (安徽中医学院)

主 审 陈定一 (北京中医药大学)

编写说明

普通高等中医药院校《分析化学》教材已先后出版了三版。本教材是根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神,为适应我国高等中医药教育发展的需要,全面推进素质教育,培养21世纪高素质创新人才而编写的“新世纪全国高等中医药院校规划教材”之一。本书(上、下册)共二十三章,其中上册十章,下册十三章。可供全国高等院校中药类各专业及其他相关专业使用,也可供有关科研和药品检验部门的人员参阅。按照现有教学大纲要求,参照各兄弟院校提出的宝贵意见,本教材除保持原教材的特色外,对有关内容进行了精选、调整和充实,使教材基本内容更为突出、适用。将原教材第十二章可见分光光度法和第十三章紫外分光光度法两章合并为紫外-可见分光光度法一章;第十七章核磁共振氢谱和第十八章核磁共振碳谱两章合并为核磁共振波谱法一章;删去了原教材第二十六章流动注射分析法。本教材主编为黄世德、梁生旺,参加编写的有黄世德(第1章)、江滨(第2章)、李锦(第3章)、张元桐(第4、7章)、尹华(第5章)、彭晓霞(第6章)、侯小涛(第8章)、王兆伦(第9章)、谢晓梅(第10章)、王淑美(第11章)、张丽(第12章)、张明昶(第13章)、彭新君(第14章)、张洁(第15章)、陈丽(第16章1~8节)、万丽(第17章)、王新宏(第18章)、梁生旺(第19章、第16章第9节)、张小荣(第20章)、叶晓雯(第21章)、许腊英(第22章)、李彦冰(第23章)等二十一所兄弟院校的老师。编委会对教材的每章内容都进行了认真的讨论,并由相应的副主编分别初审、修改,然后由主编黄世德复审、修改、定稿上册,梁生旺主编复审、修改、定稿下册。在编写过程中得到了各位编写老师所在单位的大力支持,尤其是《分析化学》第一版、第二版主编北京中医药大学教授陈定一主审对本书的编写提出了许多宝贵的建议,并参加了统稿会议和定稿会议,在此一并表示感谢。

由于科学技术的飞速发展,又囿于编写者知识水平,书中存在的错误和不妥之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

《分析化学》编委会

二〇〇五年五月

目 录

第十一章 光学分析法导论	(1)
第一节 光学分析法及其分类	(1)
一、光谱法	(1)
(一) 发射光谱法	(1)
(二) 吸收光谱法	(1)
(三) 散射光谱法	(2)
二、非光谱法	(2)
第二节 电磁辐射的性质	(3)
一、波动性和微粒性	(3)
二、电磁波谱	(4)
第三节 光谱法仪器	(4)
一、辐射源	(5)
二、分光系统	(5)
三、试样容器	(5)
四、检测器	(6)
五、读出装置	(6)
第十二章 紫外-可见分光光度法	(8)
第一节 基本原理	(8)
一、紫外-可见吸收光谱	(8)
(一) 紫外-可见吸收光谱的产生	(8)
(二) 紫外-可见吸收光谱主要类型	(9)
(三) 紫外光谱中一些常用术语	(10)
(四) 吸收带	(11)
二、Lambert-Beer 定律	(13)
三、吸光系数	(14)
(一) 摩尔吸光系数	(14)
(二) 百分吸光系数	(15)
第二节 光度法的误差	(15)
一、偏离 Beer 定律的因素	(15)
(一) 化学因素	(15)
(二) 光学因素	(15)

二、测量误差及测量条件的选择	(17)
(一) 透光率测量误差	(17)
(二) 测量条件的选择	(17)
第三节 显色反应及显色条件的选择	(18)
一、显色反应	(18)
二、显色条件的选择	(18)
(一) 显色剂用量	(18)
(二) 溶液酸度	(19)
(三) 显色时间	(19)
(四) 温度	(19)
(五) 溶剂	(19)
三、干扰的消除	(20)
(一) 控制酸度	(20)
(二) 选择适当的掩蔽剂	(20)
(三) 生成惰性配合物	(20)
(四) 选择适当的测量波长	(20)
(五) 选择适宜空白溶液	(20)
(六) 分离	(21)
第四节 紫外-可见分光光度计	(21)
一、主要部件	(21)
(一) 光源	(21)
(二) 单色器	(22)
(三) 吸收池	(23)
(四) 检测器	(23)
(五) 信号显示系统	(24)
二、分光光度计的类型	(24)
(一) 单光束分光光度计	(24)
(二) 双光束分光光度计	(25)
(三) 双波长分光光度计	(26)
第五节 定性定量分析方法	(26)
一、定性方法	(26)
(一) 比较吸收光谱	(27)
(二) 比较吸收光谱的特征数据	(27)
(三) 比较吸光度比值	(28)
二、单组分样品的定量方法	(28)
(一) 标准曲线法	(28)
(二) 标准对照法	(29)

(三) 吸光系数法	(29)
三、多组分样品的定量方法简介	(30)
(一) 解线性方程组法	(30)
(二) 双波长分光光度法	(31)
(三) 导数光谱法	(32)
第六节 紫外-可见吸收光谱与分子结构的关系	(34)
一、有机化合物的紫外吸收光谱	(34)
(一) 饱和化合物	(34)
(二) 不饱和化合物	(34)
二、影响紫外吸收光谱的主要因素	(38)
(一) 位阻影响	(38)
(二) 跨环效应	(39)
(三) 溶剂效应	(39)
(四) 体系 pH 值的影响	(40)
三、结构分析	(41)
(一) 从吸收光谱中初步推断官能团	(41)
(二) 判断顺反异构体	(41)
(三) 判断互变异构体	(42)
(四) 判断同分异构体	(42)
第十三章 红外分光光度法	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 基本原理	(45)
一、振动-转动光谱	(45)
(一) 谐振子与位能曲线	(46)
(二) 振动能与振动频率	(47)
二、振动形式	(48)
(一) 伸缩振动(ν)	(48)
(二) 弯曲振动(δ)	(48)
三、振动自由度	(49)
四、基频峰与泛频峰	(50)
(一) 基频峰	(50)
(二) 泛频峰	(50)
五、特征峰与相关峰	(51)
(一) 特征峰	(51)
(二) 相关峰	(51)
六、吸收峰峰位	(53)
七、吸收峰峰数	(53)

(一) 振动耦合与费米共振	(53)
(二) 红外非活性振动	(54)
(三) 简并	(54)
八、吸收峰强度	(54)
第三节 影响谱带位置的因素	(55)
一、内部因素	(55)
(一) 诱导效应	(56)
(二) 共轭效应	(56)
(三) 偶极场效应	(56)
(四) 氢键效应	(57)
(五) 键角效应	(57)
(六) 空间位阻	(58)
二、外部因素	(58)
第四节 红外分光光度计	(58)
一、光栅型红外分光光度计的主要部件	(59)
(一) 辐射源(光源)	(59)
(二) 色散元件	(59)
(三) 检测器	(59)
(四) 吸收池	(60)
二、光栅型红外分光光度计的工作原理	(60)
三、傅里叶变换红外光谱仪简介	(61)
(一) 傅里叶变换红外光谱仪的构成	(61)
(二) 光学系统及工作原理	(62)
(三) 傅里叶变换红外光谱仪的优点	(63)
四、样品的制备	(63)
(一) 固体样品	(63)
(二) 液体样品	(64)
(三) 气体样品	(64)
第五节 红外光谱与分子结构的关系	(64)
一、特征区与指纹区	(65)
(一) 特征区	(65)
(二) 指纹区	(65)
二、红外光谱的九个重要区段	(65)
三、典型光谱	(65)
(一) 烷烃类	(66)
(二) 烯烃类	(67)
(三) 炔烃类	(67)

(四) 芳烃类	(68)
(五) 醇、酚及羧酸类	(70)
(六) 醚类	(71)
(七) 酯和内酯类	(72)
(八) 醛、酮类	(73)
(九) 胺及酰胺类	(74)
(十) 硝基化合物	(75)
第六节 应用	(76)
一、定性分析	(76)
(一) 官能团定性	(76)
(二) 与已知物对照	(76)
(三) 核对标准光谱图	(76)
二、纯度检查	(76)
三、定量分析	(77)
四、图谱解析	(78)
(一) 样品的来源及性质	(78)
(二) 图谱解析程序	(79)
(三) 图谱解析实例	(80)
第十四章 荧光分析法	(85)
第一节 概述	(85)
第二节 基本原理	(85)
一、分子荧光的产生	(85)
(一) 分子的激发态	(85)
(二) 荧光的产生过程	(86)
(三) 无辐射跃迁	(87)
二、激发光谱与荧光光谱	(88)
第三节 荧光与分子结构的关系	(89)
一、荧光效率和荧光寿命	(89)
二、荧光强度与分子结构的关系	(89)
(一) 跃迁类型	(89)
(二) 共轭效应	(89)
(三) 刚性结构和共平面效应	(90)
(四) 取代基效应	(90)
三、影响荧光强度的外界因素	(91)
(一) 溶剂的影响	(91)
(二) 温度的影响	(91)
(三) pH 值的影响	(91)

(四) 氢键的影响	(92)
(五) 散射光的影响	(92)
(六) 荧光熄灭剂的影响	(93)
(七) 表面活性剂的影响	(94)
第四节 荧光分光光度计	(94)
一、主要部件	(94)
(一) 激发光源	(94)
(二) 单色器	(95)
(三) 样品池	(95)
(四) 检测器	(95)
(五) 读出装置	(95)
二、荧光计的类型	(95)
三、荧光计的校正	(96)
(一) 波长的校正	(96)
(二) 灵敏度的校正	(96)
(三) 激发光谱和荧光光谱的校正	(96)
第五节 定性定量	(96)
一、定性分析	(96)
二、定量分析	(97)
(一) 荧光强度与浓度的关系	(97)
(二) 定量分析方法	(98)
第六节 应用	(98)
一、无机化合物和有机化合物的荧光分析	(98)
二、荧光分析法在中药研究中的应用	(99)
第十五章 原子吸收光谱法	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 基本原理	(102)
一、原子的吸收和发射	(102)
二、原子的量子能级和能级图	(103)
(一) 光谱项	(103)
(二) 能级图	(104)
三、基态原子数	(104)
四、谱线宽度及其影响因素	(105)
(一) 自然宽度	(105)
(二) 多普勒(Doppler)宽度变宽	(105)
(三) 压力变宽	(106)
(四) 其他变宽	(106)

五、原子吸收光谱的测量	(106)
(一) 积分吸收	(106)
(二) 峰值吸收及其测量	(107)
第三节 原子吸收分光光度计	(108)
一、仪器的主要部件	(108)
(一) 光源	(108)
(二) 原子化器	(109)
(三) 单色器	(111)
(四) 检测系统	(111)
二、原子吸收分光光度计的类型	(111)
(一) 单道单光束型	(112)
(二) 单道双光束型	(112)
(三) 双道或多道型	(112)
第四节 干扰及其抑制	(112)
一、光谱干扰	(112)
(一) 光谱线干扰	(112)
(二) 背景校正方法	(113)
二、物理干扰	(114)
三、化学干扰	(114)
(一) 选择合适的原子化条件	(114)
(二) 加入释放剂	(114)
(三) 加入保护剂	(114)
(四) 加入饱和剂	(114)
(五) 加入基体改进剂	(115)
四、电离干扰	(115)
第五节 定量分析方法	(115)
一、样品的制备	(115)
(一) 标准溶液的制备	(115)
(二) 被测试样的处理	(115)
二、测定条件的选择	(116)
(一) 分析线	(116)
(二) 狭缝宽度	(116)
(三) 空心阴极灯的工作电流	(116)
(四) 原子化条件	(116)
(五) 其他	(117)
三、定量方法	(117)
(一) 标准曲线法	(117)

(二) 标准加入法	(117)
(三) 内标法	(118)
四、灵敏度和检出限	(118)
(一) 灵敏度	(118)
(二) 检出限	(118)
第六节 应用与实例	(119)
一、应用	(119)
(一) 各类试样的测定	(119)
(二) 中药材及生物试样的测定	(119)
二、实例	(120)
第十六章 核磁共振波谱法	(122)
第一节 概述	(122)
第二节 基本原理	(122)
一、原子核的自旋与磁矩	(122)
二、自旋核在磁场中的行为	(123)
三、核磁共振的产生	(125)
四、核的弛豫	(125)
第三节 化学位移	(127)
一、化学位移的产生	(127)
二、化学位移的表示方法	(128)
第四节 化学位移与分子结构的关系	(129)
一、影响化学位移的因素	(129)
(一) 电性效应	(129)
(二) 磁各向异性	(130)
(三) 范德华效应	(132)
(四) 氢键的影响	(133)
(五) 溶剂效应	(133)
二、不同类别质子的化学位移	(133)
(一) 烷烃质子的化学位移	(135)
(二) 烯烃质子的化学位移	(136)
(三) 炔烃质子的化学位移	(137)
(四) 苯环芳氢的化学位移	(137)
(五) 活泼氢的化学位移	(138)
第五节 核磁共振波谱仪	(139)
一、主要部件	(139)
(一) 磁铁	(139)
(二) 射频振荡器	(139)