

普通高等教育药学专业“十一五”规划教材

实用现代色谱技术

SHIYONG XIANDAI SEPU JISHU

主编 杜 斌
郑鹏武

郑州大学出版社

普通高等教育药学专业“十一五”规划教材

实用现代色谱技术

SHIYONG XIANDAI SEPU JISHU

主编 杜 斌
郑鹏武

郑州大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

实用现代色谱技术/杜斌,郑鹏武主编. —郑州:郑州大学出版社,
2009.9

ISBN 978 - 7 - 5645 - 0132 - 7

I. 实… II. ①杜…②郑… III. 色谱法 IV. 0657.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 146066 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南龙华印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:23.25

字数:554 千字

版次:2009 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 0132 - 7 定价:38.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



编写指导委员会

普通高等教育药学专业

“十五”规划教材

名誉主任 于德泉

主任委员 宋毛平 刘宏民

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

马承严	马祥志	王 玮	王 锋
王学如	卢 奎	曲有乐	吕文戈
朱 华	闫福林	许启泰	李春来
吴基良	张振中	张晓丹	陈 旭
苗明三	金哲雄	黄胜堂	颜朝国

委 员 (以姓氏笔画为序)

马凤余	马承严	马祥志	王 玮
王 锋	王西芳	王学如	卢 奎
曲有乐	吕文戈	朱 华	朱 军
刘丽萍	刘宏民	闫福林	许启泰
李春来	李喜强	吴 洁	吴基良
闵 清	张 宇	张永清	张振中
张晓丹	陈 旭	陈松林	苗明三
林桂涛	金哲雄	姜凤超	姚素梅
黄胜堂	韩 莹	谢晓梅	颜朝国

办 公 室 吕双喜 李同奎



参编院校

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

(以笔画为序)

山东中医药大学
天津医科大学
长沙医学院
右江民族医学院
扬州大学
华中科技大学
安徽中医学院
佳木斯大学
河南工业大学
河南大学
河南中医学院
河南职工医学院
郑州大学
陕西中医学院
绍兴文理学院
咸宁学院
哈尔滨商业大学
重庆工商大学
济宁医学院
桂林医学院
莆田学院
浙江海洋学院
淮阴工学院
新乡医学院



总序

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

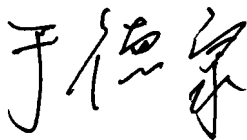
近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,下发了《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》,提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。

当前,各类高校都相继开办了药学专业,高等院校的药学教育发展迅速,办学规模和办学层次逐年增加,市场对药学专业的学生需求逐年递增,学生就业率高,形成了高等院校一个新的亮点。然而,传统的高等院校药学专业,其课程体系、教学内容与新的教学模式之间的矛盾也日益突出。为了解决这个问题,配合高等院校药学专业建设的需要,更好地顺应社会发展对新一代药学人才的需求,进一步提高教学质量,加强药学专业的学科建设和课程建设,加快教材改革,适应教学改革的需要,更好地发展药学专业的本科教育,当是恭逢其时的事。2005年,在郑州大学出版社、郑州大学药学院的牵头组织下,部分参编院校对国内药学专业的培养目标、培养模式、课程体系、教学内容和教学大纲等进行了广泛而深入的调研,分析了国内药学专业相关教材的现状,此举得到了湖北、山东、安徽、陕西、江西、黑龙江、吉林、浙江、江苏、福建、河南、重庆、广西等省市、自治区三十多所院校的积极响应,也得到了国内一大批药学教育专家的支持。为了集思广益,保证高规格、高质量地出炉这套教材,紧扣当前药学专业本科教学的实际,组织召开了高等院校药学专业教学研讨会暨教材编写会,无论是大的环节,还是小的细节,无不经过与会专家和教授的科学规划、认真研讨和商榷,最终确定了这套普通高等教育药学专

业“十一五”规划教材编写的指导思想、体例和规范。每本教材的主编,都是学术水平高、教学经验丰富的一线教师,这就保证了这套新教材的编写质量。

可以说,这套教材的出版,为促进我国药学专业本、专科教育质量的不断提高,贡献了一份绵薄之力,很好地顺应了当前高等院校药学教育迅速发展的新趋势,也必将会对我国高等院校药学专业教育产生深远而积极的影响。同时也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

中国工程院院士
中国协和医科大学教授

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '于', '德', and '家' (Yu Dejun).

2006年9月



作者名单

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

主 编 杜斌 郑鹏武

副主编 (以姓氏笔画为序)

邱明艳 宋 旭 屈建莹

姚寒春 燕 红

编 委 (以姓氏笔画为序)

杜 斌 邱明艳 宋 旭

张 楠 郑鹏武 屈建莹

郝吉升 姚寒春 燕 红



内容提要

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

本书是为满足医药卫生、环境化学、材料科学、食品工程等諸多学科中基础教育的需要,结合编者多年的教学经验编写而成的。全书共分9章,可归纳为三部分:色谱法的基础理论、样品前处理技术和色谱法的新技术、新发展。本书在介绍色谱基本概念、基本色谱方法的同时,也详细地阐述了当今较热门的毛细管电泳法、毛细管电色谱和应用较广的联用技术。除介绍现代色谱技术的原理和方法外,本书突出了实用性,以便帮助大家理解和学习。在内容的编排上力求做到深入浅出、循序渐进、结构严谨,并将难点适当分散。

本书既可供高等学校各相关专业学生阅读,也可作为广大色谱技术人员的参考书。



前言

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

色谱作为一种分离与分析技术,已有百年历史。近半个世纪以来,色谱技术发展迅速,无论是理论,还是各种分离模式,都趋向成熟,已成为分析化学的一个重要分支。色谱技术为医药、卫生、化工、环保等学科的发展作出了极大的贡献,同时在基因工程、生物工程及材料科学等方面也有着广阔的应用前景。作为这些学科必不可少的工具和手段,色谱技术愈发显示出其重要性,成为相关专业高素质人才必须掌握的重要内容。多维色谱,如 LC-LC-MS 等用于药物、蛋白质、多肽结构的测定,并使操作完全自动化,这是 21 世纪色谱分析的发展方向之一。可以说:没有色谱技术,就没有生命科学与自然科学的良好发展。

有关色谱技术的各种书籍多是以色谱专业人员为对象编写的,或仅在仪器分析中予以简单介绍,缺少针对大专院校学生而编写的、能适应现代教育发展需要的色谱书籍。本着面对未来、面向社会需要的原则,着眼于夯实基础、造就合格人才的需要,我们把色谱方法的基础性、实用性和前瞻性统一起来,并确保与其他各相关课程的有效衔接。在查阅大量文献和参考大量书籍的基础上编写了这本《实用现代色谱技术》,力求在内容的编排上做到“先易后难,深入浅出,简明扼要,广度与深度适宜”。

本书共分 9 章,包括绪论、基础理论、气相色谱法、高效液相色谱法、薄层色谱、高效毛细管电泳、毛细管电色谱、色谱联用技术和样品前处理技术。各章编写分工如下:第 1 章(杜斌);第 2 章(杜斌);第 3 章(郑鹏武、邱明艳);第 4 章(杜斌、屈建莹);第 5 章(燕红);第 6 章(姚寒春、郝吉升);第 7 章(宋

旭);第8章(宋旭);第9章(姚寒春、张楠)。

感谢吕双喜老师在本书的出版过程中给予的诸多帮助。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者指正。

编 者

2009年4月



目录

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

1 绪论	(1)
1.1 色谱法发展简史	(1)
1.1.1 色谱法的产生	(1)
1.1.2 色谱法的发展	(1)
1.1.3 色谱法的现状和未来	(3)
1.2 色谱法的定义与分类	(4)
1.2.1 色谱法的定义	(4)
1.2.2 按流动相和固定相的状态分类	(4)
1.2.3 按固定相使用的方式分类	(5)
1.2.4 按分离机制分类	(5)
1.2.5 按使用领域对色谱仪的分类	(6)
1.3 色谱法与其他分离方法的比较	(7)
1.3.1 色谱法的特点和优点	(7)
1.3.2 色谱法的缺点	(7)
1.3.3 和其他方法的联合使用	(7)
1.4 色谱法的应用领域和性能比较	(8)
1.4.1 色谱法的应用领域	(8)
1.4.2 不同色谱技术的比较	(8)
1.5 国内外主要色谱会议	(9)
1.5.1 国内主要色谱会议	(9)
1.5.2 国外主要色谱会议	(9)
1.6 国内外主要色谱期刊和色谱网站	(10)
1.6.1 国内外主要色谱期刊	(10)
1.6.2 国内外主要色谱网站	(10)

2 基础理论	(12)
2.1 色谱参数	(12)
2.1.1 色谱流出曲线与色谱峰	(12)
2.1.2 定性参数	(15)
2.1.3 柱效参数	(17)
2.1.4 分离参数	(19)
2.1.5 相平衡参数	(19)
2.1.6 色谱基本方程式	(21)
2.2 塔板理论	(23)
2.2.1 基本假设	(23)
2.2.2 正态分布方程式	(25)
2.2.3 塔板理论的作用与不足	(26)
2.3 速率理论	(26)
2.3.1 气相色谱速率方程式	(27)
2.3.2 液相色谱速率理论	(31)
2.4 分子间作用力	(35)
3 气相色谱法	(38)
3.1 概述	(38)
3.1.1 气相色谱法的发展简史	(38)
3.1.2 气相色谱法的分类	(39)
3.1.3 气相色谱法的特点及应用	(40)
3.1.4 气相色谱仪器	(41)
3.2 填充柱气相色谱	(42)
3.2.1 填充柱气液色谱的固定液	(43)
3.2.2 填充柱气液色谱的载体	(49)
3.2.3 气液填充柱的制备	(52)
3.2.4 气-固色谱固定相	(53)
3.3 毛细管柱气相色谱	(55)
3.3.1 毛细管气相色谱分类	(56)
3.3.2 毛细管柱与填充柱性能的比较	(57)
3.3.3 毛细管柱气相色谱的进样方式	(58)
3.3.4 毛细管气相色谱柱的评价	(61)
3.4 顶空气相色谱	(62)
3.4.1 顶空气相色谱的概念和类型	(62)
3.4.2 顶空气相色谱装置	(64)
3.5 气相色谱常用检测器	(66)
3.5.1 检测器的分类和性能评价	(67)
3.5.2 性能指标	(68)

3.5.3	热导检测器	(73)
3.5.4	氢火焰离子化检测器	(77)
3.5.5	电子捕获检测器	(80)
3.5.6	火焰光度检测器	(82)
3.5.7	氮磷检测器	(85)
3.6	气相色谱分离条件的优化	(87)
3.6.1	柱系统的选择	(87)
3.6.2	载气种类和流速的选择	(89)
3.6.3	其他条件的选择	(90)
3.7	定性分析方法	(90)
3.7.1	利用保留值定性	(90)
3.7.2	利用保留值定性规律定性	(93)
3.7.3	利用选择性检测器定性	(95)
3.7.4	利用化学试剂定性	(96)
3.7.5	利用两谱联用定性	(96)
3.8	定量分析方法	(97)
3.8.1	定量校正因子	(97)
3.8.2	定量分析方法	(100)
3.8.3	定量分析方法间的比较	(103)
3.9	气相色谱仪的维护与常见故障排除	(104)
3.9.1	日常维护	(104)
3.9.2	故障诊断与排除	(105)
4	高效液相色谱法	(109)
4.1	概述	(109)
4.1.1	高效液相色谱法的发展简史	(109)
4.1.2	高效液相色谱与经典液相色谱的比较	(110)
4.1.3	高效液相色谱法与气相色谱法的比较	(111)
4.1.4	高效液相色谱仪的国内外生产厂家及仪器型号	(112)
4.2	高效液相色谱仪的基本组成	(113)
4.2.1	高压输液系统	(113)
4.2.2	进样系统	(116)
4.2.3	柱系统	(118)
4.2.4	检测系统	(124)
4.3	高效液相色谱固定相填料	(135)
4.3.1	液-固吸附色谱固定相	(135)
4.3.2	液-液分配色谱固定相	(136)
4.3.3	化学键合固定相	(138)
4.3.4	其他基质材料的固定相	(140)

4.4 高效液相色谱流动相	(142)
4.4.1 高效液相色谱流动相溶剂的物理性质	(142)
4.4.2 正相 HPLC 流动相的选择	(142)
4.4.3 反相 HPLC 流动相的选择	(144)
4.4.4 洗脱方式	(145)
4.5 其他分离模式	(147)
4.5.1 分子排阻色谱	(147)
4.5.2 离子交换色谱	(154)
4.5.3 离子对色谱	(158)
4.5.4 手性色谱	(160)
4.5.5 超临界流体色谱	(164)
4.5.6 高速逆流色谱	(168)
4.6 高效液相色谱仪的维护与常见故障排除	(171)
4.6.1 日常维护	(171)
4.6.2 故障诊断与排除	(171)
5 薄层色谱	(179)
5.1 概述	(179)
5.1.1 薄层色谱法的特点	(179)
5.1.2 薄层色谱法的发展简史和近况	(180)
5.2 薄层色谱法的基础理论	(181)
5.2.1 流速	(181)
5.2.2 保留值	(182)
5.2.3 塔板数和塔板高度	(184)
5.2.4 分离参数	(184)
5.3 薄层色谱系统	(187)
5.3.1 薄层色谱法操作流程图	(187)
5.3.2 薄层板	(188)
5.3.3 点样	(191)
5.3.4 展开	(193)
5.3.5 定位	(197)
5.4 高效薄层色谱法	(199)
5.4.1 高效薄层与经典薄层的比较	(199)
5.4.2 吸附剂粒度与分离效能	(200)
5.4.3 国内的高效薄层预制板	(200)
5.5 反相薄层色谱法	(200)
5.5.1 反相键合相薄层板的制备	(200)
5.5.2 反相键合相薄层板的特点	(201)
5.5.3 反相键合相薄层板的展开	(201)

5.6 薄层定性方法	(203)
5.6.1 利用保留值定性	(203)
5.6.2 利用板上化学反应定性	(203)
5.6.3 利用板上光谱图定性	(203)
5.6.4 与其他技术联用定性	(205)
5.7 定量分析	(205)
5.7.1 目视法	(206)
5.7.2 洗脱法	(206)
5.7.3 薄层扫描法	(207)
6 高效毛细管电泳	(213)
6.1 概述	(213)
6.1.1 毛细管电泳的概念	(213)
6.1.2 毛细管电泳发展简史	(213)
6.1.3 毛细管电泳的特点	(214)
6.1.4 电泳与色谱的比较	(215)
6.2 高效毛细管电泳的基本装置和理论	(215)
6.2.1 高效毛细管电泳仪的基本装置	(215)
6.2.2 毛细管电泳仪主要生产厂家和型号	(218)
6.2.3 毛细管电泳的理论基础	(219)
6.3 毛细管电泳中影响柱效的因素	(226)
6.3.1 进样	(228)
6.3.2 焦耳热和温度效应	(229)
6.3.3 溶质和管壁间的作用	(230)
6.3.4 纵向扩散	(231)
6.3.5 其他影响因素	(231)
6.4 毛细管电泳的基本分离模式和原理	(232)
6.4.1 毛细管区带电泳	(232)
6.4.2 胶束电动毛细管色谱	(234)
6.4.3 毛细管凝胶电泳	(237)
6.4.4 毛细管等电聚焦	(238)
6.4.5 毛细管等速电泳	(239)
6.5 毛细管涂层和进样技术	(241)
6.5.1 毛细管涂层技术	(241)
6.5.2 进样技术	(248)
6.6 毛细管电泳检测方法	(252)
6.6.1 紫外-可见吸收检测	(253)
6.6.2 激光诱导荧光检测	(255)
6.6.3 电化学检测	(257)

6.6.4	质谱检测	(258)
6.7	毛细管电泳分离条件的优化	(261)
6.7.1	分离介质的选择	(261)
6.7.2	分离电压的选择	(264)
6.7.3	添加剂的选择	(265)
6.7.4	分离温度的选择	(266)
6.7.5	毛细管尺寸的选择	(267)
6.7.6	分离条件选择流程	(267)
6.8	毛细管电泳仪的维护与常见故障排除	(268)
6.8.1	日常维护	(268)
6.8.2	故障诊断与排除	(269)
7	毛细管电色谱	(272)
7.1	概述	(272)
7.1.1	毛细管电色谱的发展简史	(272)
7.1.2	毛细管电色谱的特点	(273)
7.1.3	毛细管电色谱的分类	(273)
7.2	毛细管电色谱的基本原理	(275)
7.2.1	分离原理	(275)
7.2.2	保留机制	(277)
7.2.3	分离效能	(277)
7.3	毛细管电色谱柱的制备	(278)
7.3.1	填充法	(278)
7.3.2	拉制法	(280)
7.3.3	填充毛细管柱塞子的制备	(280)
7.4	分离条件的优化	(280)
7.4.1	缓冲溶液浓度	(280)
7.4.2	缓冲溶液 pH 值	(281)
7.4.3	操作电压	(281)
7.4.4	有机溶剂	(281)
8	联用技术	(282)
8.1	概述	(282)
8.1.1	联用方法及现状	(282)
8.1.2	质谱仪	(283)
8.1.3	接口	(287)
8.2	气相色谱/质谱联用技术	(288)
8.2.1	气相色谱/质谱联用技术的发展	(288)
8.2.2	气相色谱/质谱联用技术的特点	(288)
8.2.3	气相色谱-质谱联用仪的装置	(289)