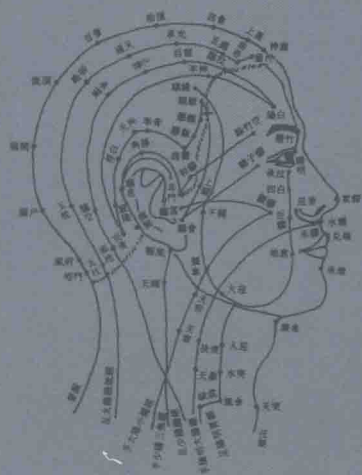


化学实验 基本技能与实训

张 拴 赵忠孝 主编

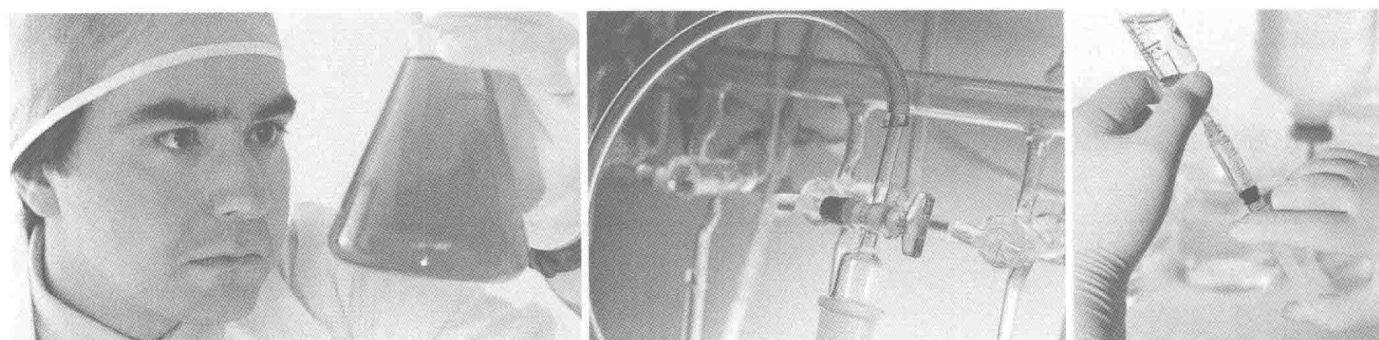


本书以近年来大学基础化学实验教学改革成果为基础，经反复修改而成。其中共收编基本实验68个、综合性实验19个、设计性实验10个、开放性应用性实验13个、探究性实验10个，从定性到定量，从易到难，循序渐进，体现了教育教学规律，适合学生思维的发展……

陕西科学技术出版社
陕西师范大学出版总社有限公司

普通高等院校（中医药相关专业）实验教学指导

化学实验 基本技能与实训



◎主 编 张 拴 赵忠孝

◎副主编 贺少堂 郭 惠 孟庆华 李 娜
张光辉 权 彦 李小蓉 张 朋

◎主 审 吉卯社

陕 西 科 学 技 术 出 版 社
陕西师范大学出版总社有限公司

图书代号 JC14N1385

图书在版编目(CIP)数据

化学实验基本技能与实训 / 张拴, 赵忠孝主编. —西安:
陕西科学技术出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5369-6244-6

I. ①化… II. ①张… ②赵… III. ①化学实验—教材
IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 210242 号

化学实验基本技能与实训

张 拴 赵忠孝 主编

责任编辑 / 都亚林 李艳茸
责任校对 / 王艺蒙
封面设计 / 鼎新设计
出版发行 / 陕西科学技术出版社
(西安市北大街 147 号 邮编 710003)
陕西师范大学出版总社有限公司
(西安市长安南路 199 号 邮编 710062)
网 址 / <http://www.snupg.com>
经 销 / 新华书店
印 刷 / 陕西省富平县万象印务有限公司
开 本 / 880mm × 1230mm 1/16
印 张 / 27.75
字 数 / 790 千
版 次 / 2014 年 9 月第 1 版
印 次 / 2014 年 9 月第 1 次印刷
书 号 / ISBN 978-7-5369-6244-6
定 价 / 50.00 元

读者购书、书店添货如发现印刷装订问题,请与陕西师范大学出版总社高教出版社联系调换。
电 话:(029)85303622(传真) 85307826

《化学实验基本技能与实训》

编委会

主 编	张 拴	赵忠孝	
副 主 编	贺少堂	郭 惠	孟庆华
	李 娜	张光辉	权 彦
	李小蓉	张 朋	
编委会成员	(以编委姓氏汉语拼音为序)		
	郭 惠	贺少堂	刘靖利
	李 娜	李小蓉	孟庆华
	宁显唯	权 彦	王 媚
	杨蓉利	张光辉	张 朋
	张 拴	张 鑫	赵志梅
	赵忠孝		
主 审	吉卯祉		

普通高等院校(中医药相关专业)实验教学指导

编委会

总 主 编 王昌利

副总主编 卫 昊

编 委 会 (按姓氏笔画排序)

卫 昊 王 薇 王昌利 李 娜

吴建华 张 拴 赵 勤 赵忠孝

胡本祥 郭东艳 崔春利 程虎印

总序

医药学类专业实践教学具有较强的学科综合性、技能实践性的特点,中医药学专业人才不仅要具有传统的中医药理论知识,更应具有良好的实践动手能力和科研创新能力,达到知识、能力、素质三者协调发展。实验教学是中医药学类专业教学的一个重要环节,是检验理论课教学内容的一种方法和手段,也是中医药学专业教学的重要环节和教学特色所在。

基于此,我们在中药学国家级专业综合改革试点项目、国家级特色专业建设点、陕西省专业综合改革试点项目、陕西省特色专业建设点、陕西省中药人才培养模式创新实验区等国家级、省级教育教学质量工程项目建设和陕西省中药饮片技术工程研究中心、陕西省中药基础与新药研究重点实验室、陕西省秦岭中草药应用开发工程技术研究中心等实验平台建设的基础上,组织相关院校专家共同编写了《普通高等院校(中医药相关专业)实验教学指导》。本教材在遵循上述教学理念的同时,实验内容编写突出实用性、系统性、可操作性、地域性等特点,引入部分陕西道地药材、“太白七药”的提取、鉴定与炮制等实验项目。同时,将实验教学和科学研究相结合,构建了新的知识框架体系,引入了部分科研方法,进行了知识更新,拓展了实验教学内容,突出了对学生实践能力和创新意识的培养。

本教材在编写过程中得到了第四军医大学、南京中医药大学、成都中医药大学、浙江中医药大学、江西中医药大学、辽宁中医药大学、甘肃中医学院、西藏民族学院、西安医学院、陕西国际商贸学院、杨凌职业技术学院、安徽中医药高等专科学校、陕西步长制药有限公司、咸阳市食品药品检测中心等单位及相关专家的大力支持,在此一并表示感谢。

由于学科知识交叉,编写时间仓促,编者水平有限,部分内容和方法还有待完善,需要在实践中进一步探索和总结,所以本套教材编写中难免存有错漏,恳请专家、同仁和使用者提出宝贵意见,以便修订完善。

王昌利
2014年8月

前言

化学是一门实验科学,许多化学理论和规律都是根据大量实验资料进行分析、概括、综合和总结而形成的,同时实验又为理论的完善和发展提供了依据。化学实验教学是高等学校化学教育过程中的一个重要环节,其目的在于:使学生掌握物质变化的感性知识,掌握重要化合物的制备、分离和表征方法,加深对基本原理和基本知识的理解掌握,培养用科学的实验方法获取新知识的能力;掌握化学实验的技能,培养独立工作能力和独立思考能力;培养细致观察和记录实验现象、正确处理实验数据以及准确表达实验结果及分析实验结果的能力;培养实事求是的科学态度,准确、细致、整洁等良好的科学习惯和科学的思维方法;培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神和勇于开拓的创新意识。

进入 21 世纪以来,为了加强对学生动手能力和创新思维能力的培养,我们对中药学专业化学实验教学做了全面的改革,逐渐加大综合性与设计性实验的比例,取得了许多有益的成果。本书就是在四大化学实验教学改革研究成果的基础上,借鉴许多其他兄弟院校改革成功的经验编写,主要有以下特点:

1. 突破了原“四大化学”实验的学科壁垒,使之融为一体,旨在充分发挥化学实验教学在素质教育和创新能力培养中的独特地位,使学生在实践中学习、巩固、深化和提高化学的基本知识、基本理论,掌握基本操作技术、培养实践能力和创新能力。

2. 按照实验技能及技术特点和难易程度对化学实验进行分类,分别设立基本操作技能训练实验、综合技能训练实验、综合性和设计性实验、应用型和开放性实验以及研究性和探索性试验。其中基本操作技能训练实验又被分成仪器的基本操作训练、化学原理实验,物质含量测定实验,物质基本性质实验、物质的制备实验、天然有机化合物的提取、分离及纯化实验六大模块。

3. 较为系统完整的介绍了化学实验必备的基本技能。从常用普通实验仪器的认识、洗涤与干燥;化学试剂的分类、存放与取用;称量仪器;使用方法与维护;容量仪器的校正与使用;加热、冷却操作与温度的测控;搅拌、搅拌器与搅拌装置;干燥与干燥剂;化合物分离方法与基本技术;溶液 pH 值的测定与控制;试管实验基本技术;化学制备实验仪器的装配;大型分析仪器的使用与维护等十二个方面,为学生系统掌握化学实验技能提供理论上的支撑,形成一个较为完整的化学实验技术教育体系。

4. 实用性强。从中药教育的实际和培养创新型中医药人才的实际需求出发,使教材内容更适合

当前教学要求,更富时代特色及特点。

5. 本教材共收编实验 120 个,其中包括基本实验 68 个、综合性实验 19 个、设计性实验 10 个、开放性应用性实验 13 个、探究性实验 10 个,从定性到定量,从易到难,循序渐进,体现了教育教学规律,适合学生思维的发展。

6. 针对非化学或接触化学较少的其他专业学生,并拓宽中药学及药学类专业学生的知识视野。本书还选取了一些学生较为感兴趣的、与本专业有一定联系的内容,如:洗涤剂、化妆品、香精、色素、天然高分子提取、中药有效成分提取、药物有效期测定等方面的内容,作为开放性或应用性实验,向全体学生开放,以体现知识的应用价值,提高学生爱科学、学科学、用科学的积极性。实现了科学性、系统性、启发性、先进性、实用性和专业性的统一。

另外书中还附有常用的化学数据表、常用试剂、药品的安全常识、提纯方法、配制方法,方便教师和学生查阅。

本书以我们近年来中药学专业化学实验教学改革成果为基础,经反复修改而成,参加本书编写的人员有陕西中医学院郭惠、贺少堂、李娜、李小蓉、孟庆华、权彦、张光辉、张朋、张拴、赵忠孝、王媚、宁显唯、张鑫等老师,贺少堂、赵忠孝老师分别参与了分析和有机部分实验内容的审稿工作,全书由张拴老师统稿,北京中医药大学原基础部主任吉卯祉教授对本书内容做了全面审定,在编写过程中,还得到了陕西中医学院领导和专家的大力支持和帮助,刘靖利、杨蓉利、赵志梅等参与了部分文字及制图工作,在此一并表示感谢。

另外,在本书的编写中,参考了国内同行编写的相关教材,并以参考文献集中列于书中,在此也向同行们表示感谢!

本书可作为高等中医药院校中药学、药学类本科生化学实验教材和研究生的实验必备的工具书。

由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

张 拴 赵忠孝

2014 年 6 月

目 录

第一编 化学实验的基础知识

一、化学实验课的目标与学习方法	(2)
(一)化学实验课的培养目标和任务	(2)
(二)化学实验课的学习方法	(2)
1. 化学实验的预习方法	(2)
2. 实验记录	(2)
(三)实验报告书写方法	(3)
1. 性质实验及其他实验报告	(4)
2. 合成制备实验报告	(4)
3. 定量测定实验报告	(6)
4. 化学实验的一般步骤	(8)
(四)实验课成绩评估方法	(8)
1. 预习	(8)
2. 实验操作及相关部分	(8)
3. 实验报告	(9)
二、化学实验的规则	(9)
(一)学生实验守则	(9)
(二)化学实验室安全守则	(10)
(三)化学实验室工作人员守则	(10)
(四)实验室意外事故处理	(11)
1. 火灾	(11)
2. 烫伤	(11)
3. 割伤	(11)
4. 灼伤	(11)
5. 试剂伤眼	(11)
6. 中毒	(11)
(五)实验室常见废物的处理	(12)

1. 废气	(12)
2. 废液	(12)
3. 固体废弃物	(14)
三、化学实验中的测量误差与有效数字	(15)
(一)误差的分类、起因及消除方法	(15)
1. 系统误差	(15)
2. 偶然误差	(15)
(二)准确度与精密度	(15)
1. 准确度	(15)
2. 精密度	(15)
3. 准确度与精密度的关系	(16)
(三)误差的传递	(16)
1. 系统误差的传递	(16)
2. 偶然误差的传递	(16)
(四)有效数字及运算	(17)
1. 有效数字	(17)
2. 有效数字的构成	(17)
3. 有效数字的位数	(17)
4. 有效数字的修约规则	(17)
5. 有效数字的运算规则	(17)
四、化学实验数据的处理和结果的表达	(18)
1. 列表法	(18)
2. 图解法	(18)
3. 作图方法	(18)
4. 实验结果的数值表示	(20)
五、化学手册 文献简介与使用	(21)
(一)化学实验文献简介	(21)
(二)化学手册、辞典和专业参考书简介及查阅	(22)
1. 化学手册、辞典简介及查阅方法	(22)
2. 实验教材及参考书	(24)
3. 有关期刊	(26)
(三)美国化学文摘及中外化学数据库简介	(26)
1. 美国化学文摘	(26)
2. 中文、外文数据库	(28)
(四)INTERNET 教学资源分布	(29)
1. 化学资源导航系统	(29)

2. 其他教学资源站点分布	(30)
3. 实验教学和管理资源网址	(31)

第二编 常用仪器和基本操作技术

一、常用普通实验仪器的认识 洗涤与干燥	(33)
(一) 常用普通实验仪器简介	(33)
1. 常用普通实验仪器简介	(33)
2. 标准磨口仪器简介	(39)
(二) 玻璃仪器的洗涤与干燥	(41)
1. 洗涤仪器的一般方法	(41)
2. 仪器内沉淀垢迹的洗涤方法	(42)
3. 仪器的干燥	(43)
二、化学试剂的分类 存放与取用	(44)
(一) 化学试剂分类	(44)
(二) 化学试剂的存放	(45)
(三) 固体试剂的取用法	(45)
(四) 液体试剂取用法	(46)
(五) 溶液的配制	(47)
1. 质量分数浓度溶液的配制	(47)
2. 体积分数浓度溶液的配制	(47)
3. 物质的量浓度溶液的配制	(47)
4. 质量体积浓度溶液的配制	(47)
5. 体积比浓度	(47)
6. 标准溶液的配制	(47)
三、称量仪器使用方法与维护	(49)
(一) 托盘天平	(49)
1. 称量前的检查	(49)
2. 物品称量	(49)
3. 称量时应注意的问题	(49)
(二) 电光天平的介绍和使用	(50)
1. 自动电光分析天平的构造原理及使用	(51)
2. 天平使用规则	(52)
3. 称量过程中必须注意的事项	(53)
4. 天平的灵敏性检测	(53)
5. 称量方法	(53)
6. 称样方法	(54)

(三) 现代电子天平的使用与维护	(55)
1. 电子分析天平的构造	(55)
2. 电子天平的选择	(55)
3. 电子天平的正确安装	(56)
4. 电子天平的预热	(56)
5. 电子天平的校准	(56)
6. 电子天平的正确操作及使用步骤	(56)
7. 电子天平的维护保养	(56)
四、容量仪器的使用	(57)
(一) 液体体积的度量	(57)
(二) 容量仪器的校正与使用	(57)
1. 量筒	(57)
2. 移液管、吸量管的校正与使用	(58)
3. 容量瓶的使用	(59)
4. 滴定管的使用与维护	(61)
5. 使用容量仪器注意事项及维护保养	(63)
五、加热 冷却操作与温度的测控	(63)
(一) 加热方法	(63)
1. 酒精灯、酒精喷灯的构造及使用	(63)
2. 电加热器的使用	(65)
3. 电热恒温鼓风干燥箱	(66)
4. 马弗炉的使用和维护	(68)
5. 热浴法	(70)
(二) 冷却方法	(71)
1. 冰水冷却	(71)
2. 冰盐冷却	(71)
3. 干冰或干冰与有机溶剂混合冷却	(71)
4. 液氮	(73)
5. 低温浴槽	(73)
(三) 温度的测量与控制技术	(73)
1. 温度的测量技术	(73)
2. 水银温度计的校正与使用	(76)
3. 贝克曼温度计	(77)
4. 温度的控制技术	(78)
六、搅拌 搅拌器与搅拌装置	(79)
(一) 常用的搅拌器	(79)

1. 玻璃棒及其使用	(80)
2. 磁力搅拌器	(80)
3. 电动搅拌器	(80)
(二) 搅拌装置	(80)
1. 搅拌装置	(80)
2. 密封装置	(81)
3. 搅拌棒	(81)
七、干燥与干燥剂	(82)
(一) 干燥的基本原理	(82)
1. 物理方法	(82)
2. 化学方法	(82)
3. 干燥剂的使用	(82)
(二) 液体的干燥	(82)
1. 常用干燥剂	(82)
2. 吸水容量和干燥效能	(83)
3. 干燥剂的用量	(83)
4. 干燥时的温度	(84)
5. 操作步骤与要点	(84)
(三) 固体的干燥	(84)
1. 自然晾干	(84)
2. 加热干燥	(84)
3. 干燥器干燥	(84)
4. 沉淀的烘干与灼烧	(85)
(四) 气体的净化和干燥	(85)
1. 净化和干燥装置	(86)
2. 净化剂的选择原则	(86)
3. 干燥剂的分类	(86)
4. 干燥剂的选择	(86)
5. 气体钢瓶的使用	(87)
八、化学实验基本分离方法与技术	(89)
(一) 溶解、蒸发、结晶和固液分离技术	(89)
1. 固体的溶解	(89)
2. 溶液的蒸发	(89)
3. 沉淀与过滤技术	(91)
4. 结晶与重结晶	(95)
(二) 固-固分离方法	(98)

1. 基本原理	(98)
2. 实验操作	(99)
(三)液-液分离技术	(99)
1. 蒸馏与沸点的测定	(99)
2. 分馏	(101)
3. 减压蒸馏	(102)
4. 水蒸气蒸馏	(106)
5. 萃取与分液漏斗的使用	(108)
(四)有效成分的溶剂萃取法	(111)
(五)有关物理常数的测定	(111)
1. 折光率的测定	(111)
2. 旋光度的测定	(113)
3. 熔点的测定	(115)
4. 黏度的测定	(117)
5. 电导率的测定技术	(119)
6. 色谱法简介	(121)
九、溶液 pH 值的测定与控制	(124)
(一)溶液 pH 值的测定	(124)
1. 酸碱指示剂	(124)
2. pH 试纸法	(124)
3. pH 计的使用	(125)
4. 溶液 pH 值的控制	(127)
十、试管实验基本技术	(127)
(一)往试管中滴加试剂	(128)
(二)试剂用量	(128)
(三)试管中固体或液体的加热	(128)
十一、化学制备实验仪器的装配	(129)
(一)有机化学制备仪器的选择、装配与拆卸	(129)
1. 有机化学制备仪简介	(129)
2. 仪器的选择	(130)
3. 仪器装配原则	(130)
(二)常用实验装置	(131)
1. 气体吸收装置	(131)
2. 回流(滴加)装置	(131)
3. 搅拌回流装置	(131)
4. 蒸馏、分馏装置	(132)

5. 滴加蒸馏(分馏)反应装置	(132)
十二、大型分析仪器的使用与维护	(133)
(一)紫外可见分光光度计	(133)
1. 工作原理	(134)
2. 使用方法	(134)
3. 维护与保养	(134)
(二)傅立叶红外光谱仪	(135)
1. 仪器工作原理	(135)
2. 使用方法	(136)
3. 制样	(136)
4. 维护方法	(137)
(三)荧光分光光度计	(138)
1. 工作原理	(138)
2. 使用方法	(138)
3. 维护方法	(140)
(四)原子吸收分光光度计	(140)
1. 工作原理	(140)
2. 使用方法	(140)
3. 维护方法	(141)
(五)气相色谱仪	(142)
1. Agilent 7890A 气相色谱仪的操作规程	(143)
2. 维护和保养	(144)
(六)高效液相色谱仪	(145)
1. 日立双泵 L-2000 高效液相色谱仪操作规程	(145)
2. 维护和保养	(146)

第三编 典型实验

一、基本操作技能训练	(148)
(一)仪器的基本操作训练	(148)
实验1 实验仪器的认领、洗涤与干燥	(148)
实验2 分析天平与称量练习	(149)
实验3 滴定分析器皿及其使用,容量器皿的校准	(152)
实验4 重结晶及熔点的测定	(155)
实验5 简单蒸馏及沸点的测定	(158)
实验6 物质折光率和旋光度的测定	(160)
实验7 恒温槽的装配与性能测定	(162)

实验 8 气相色谱仪性能测试	(164)
实验 9 高效液相色谱仪性能测试	(166)
(二) 化学原理实验	(167)
实验 10 电解质溶液	(167)
实验 11 氧化还原反应与电极电势	(170)
实验 12 配合物的生成、性质与应用	(172)
实验 13 醋酸电离度和电离常数的测定	(174)
实验 14 NaOH 标准溶液的配制和标定	(176)
实验 15 HCl 标准溶液的配制和标定	(178)
实验 16 AgNO ₃ 标准溶液的配制和标定	(179)
实验 17 EDTA 标准溶液的配制和标定	(180)
实验 18 碘标准溶液的配制和标定	(182)
实验 19 醋酸的电位滴定	(183)
实验 20 氧化铝活度的测定	(185)
实验 21 氨基酸的纸色谱	(187)
实验 22 牛黄中胆酸的薄层色谱测定	(189)
实验 23 固体试样红外光谱的测定(KBr 法)	(190)
实验 24 液体试样红外光谱的测定	(193)
实验 25 气相色谱法测定冰片中龙脑的含量	(194)
实验 26 高效液相色谱法测定槐花中芦丁的含量	(195)
实验 27 燃烧热的测定	(196)
实验 28 二组分气—液平衡相图的绘制	(201)
实验 29 蔗糖转化速率的测定	(203)
实验 30 最大气泡法测定液体表面张力	(206)
实验 31 固液界面吸附	(208)
实验 32 黏度法测定聚合物的黏均分子量	(210)
(三) 物质含量测定实验	(213)
实验 33 葡萄糖的干燥失重的测量	(213)
实验 34 草酸的含量测定	(214)
实验 35 混合碱中各组分含量测定	(215)
实验 36 KBr 含量的测定	(217)
实验 37 自来水总硬度及钙镁离子含量的测定	(218)
实验 38 维生素 C 含量的测定	(220)
实验 39 分光光度法测定铁(以邻二氮菲为显色剂)	(222)
实验 40 饮用水中氟含量的测定	(224)
实验 41 荧光法测定维生素 B ₁ 的含量	(227)

(四) 物质基本性质实验	(229)
实验 42 卤素、氧、硫、磷、硼	(229)
实验 43 铬、锰、铁、铜、银	(234)
实验 44 烃与卤代烃的性质	(238)
实验 45 醇、酚、醚、醛和酮的性质	(239)
实验 46 羧酸及其衍生物、糖、胺的性质	(243)
(五) 物质的制备实验	(247)
实验 47 硫酸亚铁铵的制备	(247)
实验 48 硫代硫酸钠的制备	(248)
实验 49 环己烯的制备	(250)
实验 50 溴乙烷的制备	(252)
实验 51 正溴丁烷的合成	(253)
实验 52 无水乙醇的制备	(255)
实验 53 2-甲基-2-己醇的合成	(257)
实验 54 正丁醚的制备	(259)
实验 55 苯乙酮的制备	(261)
实验 56 环己酮肟的制备	(262)
实验 57 维生素 B ₁ 催化合成 1,2 二苯基乙酮(安息香)	(264)
实验 58 肉桂酸的合成	(266)
实验 59 苯甲酸的制备	(268)
实验 60 己二酸的制备	(269)
实验 61 乙酸乙酯的制备	(271)
实验 62 乙酸正丁酯的合成	(273)
实验 63 甲基橙的制备	(274)
实验 64 阿司匹林的合成	(276)
(六) 天然有机化合物的提取、分离及纯化实验	(277)
实验 65 茶叶中咖啡因的提取	(277)
实验 66 黄连中黄连素的提取及其含量分析	(280)
实验 67 丁香中挥发油的提取与分离	(281)
实验 68 肉桂中肉桂醛的提取	(281)
二、综合技能训练实验	(283)
实验 69 常见非金属阴离子的分离与鉴定	(283)
实验 70 常见阳离子的分离与鉴定	(285)
实验 71 无机阴、阳离子的鉴定和未知物的鉴别	(289)
实验 72 药用氯化钠的制备与检验	(291)
实验 73 碳酸钠溶液的配制和浓度的标定	(293)