



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材

全国高等学校教材
供卫生检验与检疫专业用

仪器分析

主 编 李 磊 高希宝
副主编 许 茜 杨冰仪 贺志安

 人民卫生出版社



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材

全国高等学校教材
供卫生检验与检疫专业用

仪器分析

主 编 李 磊 高希宝
副主编 许 茜 杨冰仪 贺志安
编 委 (以姓氏笔画为序)

牛凌梅(河北医科大学)
石 勇(吉林大学)
刘丽燕(哈尔滨医科大学)
许 茜(东南大学)
李 磊(南京医科大学)
李贵荣(南华大学)
杨叶梅(昆明医科大学)
杨冰仪(广东药学院)
吴拥军(郑州大学)

秘 书 王 丽(南京医科大学)

余 蓉(成都中医药大学)
张丽萍(包头医学院)
茅 力(南京医科大学)
周 颖(复旦大学)
贺志安(新乡医学院)
高希宝(山东大学)
程祥磊(南昌大学)
曾红燕(四川大学)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

仪器分析 / 李磊, 高希宝主编. —北京: 人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-20083-7

I. ①仪… II. ①李…②高… III. ①仪器分析—高等学校—教材 IV. ①0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 286404 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

仪 器 分 析

主 编: 李 磊 高希宝

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 30

字 数: 749 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-20083-7/R · 20084

定 价: 52.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

全国高等学校卫生检验与检疫专业 第2轮规划教材出版说明

为了进一步促进卫生检验与检疫专业的人才培养和学科建设,以适应我国公共卫生建设和公共卫生人才培养的需要,全国高等医药教材建设研究会于2013年开始启动卫生检验与检疫专业教材的第2版编写工作。

2012年,教育部新专业目录规定卫生检验与检疫专业独立设置,标志着该专业的发展进入了一个崭新阶段。第2版卫生检验与检疫专业教材由国内近20所开办该专业的医药卫生院校的一线专家参加编写。本套教材在以卫生检验与检疫专业(四年制,理学学位)本科生为读者的基础上,立足于本专业的培养目标和需求,把握教材内容的广度与深度,既考虑到知识的传承和衔接,又根据实际情况在上一版的基础上加入最新进展,增加新的科目,体现了“三基、五性、三特定”的教材编写基本原则,符合国家“十二五”规划对于卫生检验与检疫人才的要求,不仅注重理论知识的学习,更注重培养学生的独立思考能力、创新能力和实践能力,有助于学生认识并解决学习和工作中的实际问题。

该套教材共18种,其中修订12种(更名3种:卫生检疫学、临床检验学基础、实验室安全与管理),新增6种(仪器分析、仪器分析实验、卫生检验检疫实验教程:卫生理化检验分册/卫生微生物检验分册、化妆品检验与安全性评价、分析化学学习指导与习题集),全套教材于2015年春季出版。

第2届全国高等学校卫生检验与检疫专业 规划教材评审委员会

主任委员：裴晓方（四川大学）

副主任委员：和彦苓（包头医学院）
康维钧（河北医科大学）
吕昌银（南华大学）

委员（排名不分先后）：
孙成均（四川大学）
毋福海（广东药学院）
陈廷（济宁医学院）
孙长颢（哈尔滨医科大学）
邱景富（重庆医科大学）
姚余有（安徽医科大学）
吕斌（华中科技大学）
陆家海（中山大学）
张加玲（山西医科大学）
李磊（南京医科大学）
李娟（吉林大学）
高希宝（山东大学）
罗萍（成都中医药大学）
程祥磊（南昌大学）
左云飞（大连医科大学）
周华芳（贵阳医学院）
张凯（济宁医学院）
贾天军（河北北方学院）
梅勇（武汉科技大学）
江新泉（泰山医学院）
于学杰（山东大学）
许文波（中国疾病预防控制中心）
杨大进（中国疾病预防控制中心）

秘书：汪川（四川大学）

全国高等学校卫生检验与检疫专业 第2轮规划教材目录

- | | | | |
|----------------|---|------------------------------|---|
| 1. 分析化学(第2版) | 主 编 毋福海
副主编 赵云斌
副主编 周 彤
副主编 李华斌 | 10. 免疫学检验(第2版) | 主 编 徐顺清
主 编 刘衡川
副主编 司传平
副主编 刘 辉
副主编 徐军发 |
| 2. 分析化学实验(第2版) | 主 编 张加玲
副主编 邵丽华
副主编 高 红
副主编 曾红燕 | 11. 临床检验基础(第2版) | 主 编 赵建宏
主 编 贾天军
副主编 江新泉
副主编 胥文春 |
| 3. 仪器分析 | 主 编 李 磊
主 编 高希宝
副主编 许 茜
副主编 杨冰仪
副主编 贺志安 | 12. 实验室安全与管理(第2版) | 主 编 和彦苓
副主编 许 欣
副主编 刘晓莉
副主编 李士军 |
| 4. 仪器分析实验 | 主 编 黄佩力
副主编 张海燕
副主编 茅 力 | 13. 生物材料检验(第2版) | 主 编 孙成均
副主编 张 凯
副主编 黄丽玫
副主编 闫慧芳 |
| 5. 食品理化检验(第2版) | 主 编 黎源倩
主 编 叶蔚云
副主编 吴少雄
副主编 石红梅
副主编 代兴碧 | 14. 卫生检疫学(第2版) | 主 编 吕 斌
主 编 张际文
副主编 石长华
副主编 殷建忠 |
| 6. 水质理化检验(第2版) | 主 编 康维钧
主 编 张翼翔
副主编 潘洪志
副主编 陈云生 | 15. 卫生检验检疫实验教程:
卫生理化检验分册 | 主 编 高 蓉
副主编 徐向东
副主编 邹晓莉 |
| 7. 空气理化检验(第2版) | 主 编 吕昌银
副主编 李 珊
副主编 刘 萍
副主编 王素华 | 16. 卫生检验检疫实验教程:
卫生微生物检验分册 | 主 编 张玉妥
副主编 汪 川
副主编 程东庆
副主编 陈丽丽 |
| 8. 病毒学检验(第2版) | 主 编 裴晓方
主 编 于学杰
副主编 陆家海
副主编 陈 廷
副主编 曲章义 | 17. 化妆品检验与安全性
评价 | 主 编 李 娟
副主编 李发胜
副主编 何秋星
副主编 张宏伟 |
| 9. 细菌学检验(第2版) | 主 编 唐 非
主 编 黄升海
副主编 宋艳艳
副主编 罗 红 | 18. 分析化学学习指导与习
题集 | 主 编 赵云斌
副主编 白 研 |

前 言

基于社会和经济对人才培养的需要,全国高等医药教材建设研究会充分调研的基础上,于2013年8月23日在四川大学华西公共卫生学院召开了“全国高等学校卫生检验与检疫专业规划教材第2轮修订论证会”。根据全国卫生检验与检疫专业教学大纲内容和仪器分析快速发展的现状,决定在第1轮教材基础上新增《仪器分析》教材。

仪器分析是医药技术类专业的核心课程。在教材编写之初,全面征求了相关高校的意见,形成了与教学大纲匹配的编写大纲。编写时充分体现“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、启发性、先进性、实用性)、“三特定”(特定对象、特定要求、特定限制)的编写原则。首先在内容上与时俱进:按仪器分析原理形成相对独立、相互关联的主题内容模块——光学分析、电化学分析、色谱分析、质谱与联用技术;结合现代仪器分析的发展,单列一章内容介绍样品前处理技术原理及装置;考虑卫生安全工作需要和标准的变更,将国家食品安全标准、职业卫生标准、饮用水标准、中国药典等对分析方法的要求充实到教材的对应章节,保证教材的实用性、适用性和参考价值。其次在编排上彰显特色:全书各章均按概述、基本概念和原理(仪器结构原理)、仪器构成和特点、技术方法、应用进行阐述,规范了教材编排的结构体系;为便于课堂教学和自主学习,本教材在每章内容之后进行了提炼总结,梳理了基础知识和内容框架,提示了重点和难点内容,给出了学习要求;每章最后附有复习思考题,供教学参考选用;书末附有关键词中英文对照。利于学生系统性、连贯性掌握仪器分析技术。

本教材内容全面,适用性广,除了供卫生检验与检疫专业使用外,还可供预防医学、医学检验、药学、食品科学与工程、食品质量与安全、生物科学、生物技术、环境科学等其他相关专业使用,也可作为医药卫生类专业研究生学习、自学考试及从事卫生检验与检疫工作人员的参考用书。

本教材由全国16所高校的教师合作编写,参编教师均来自仪器分析教学一线,具有丰富的仪器分析教学经验和科研成果。南京医科大学、山东大学等编者所在院校给予了大力支持。在此一并致谢。

限于编者水平,教材中可能存在某些疏漏和不足,恳请专家和读者批评指正,以便不断修订完善。

编 者

2014年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 仪器分析的产生与发展	1
一、仪器分析的产生	1
二、仪器分析的发展	1
三、仪器分析与化学分析的关系	2
第二节 仪器分析的内容、特点和学习要求	3
一、仪器分析的内容	3
二、仪器分析的特点	4
三、仪器分析的学习要求	5
第三节 仪器分析方法和分析结果评价的基本指标	6
一、精密度	6
二、准确度	7
三、线性与灵敏度	9
四、检出限与定量限	10
五、稳定性	11
第四节 仪器分析的发展趋势	12
一、提高灵敏度、选择性和分辨率	12
二、仪器设备的微型化、智能化	12
三、仪器接口及联用技术	12
四、生物大分子多维结构表征及检测	12
五、扩展时空多维信息	13
第二章 光学分析法概论	14
第一节 电磁辐射及其与物质的相互作用	14
一、电磁辐射与电磁波谱	14
二、电磁辐射与物质的相互作用	15
第二节 光学分析法分类	18
一、光谱法与非光谱法	18
二、原子光谱法与分子光谱法	18
三、吸收光谱法与发射光谱法	18
第三节 光学分析仪器	19
一、光谱分析仪器	19
二、非光谱仪器	22
第四节 光学分析发展趋势	24
一、发展方向	24

二、发展趋势	25
第三章 紫外-可见分光光度法	26
第一节 紫外-可见分光光度法基本原理	26
一、紫外-可见吸收光谱	26
二、光的吸收定律	29
第二节 紫外-可见分光光度计	31
一、主要部件	31
二、分光光度计的类型	34
三、光学性能与仪器校正	36
第三节 紫外-可见分光光度法分析条件的选择	37
一、溶剂	37
二、显色反应及其条件	38
三、测量条件	40
四、提高分析灵敏度和准确度的方法	41
第四节 紫外-可见分光光度法的应用	42
一、定性分析	42
二、纯度检测	43
三、定量分析	43
四、结构分析	46
第四章 分子发光分析法	48
第一节 分子荧光分析	48
一、基本原理	48
二、荧光分析仪器	51
三、荧光分析技术	52
四、影响荧光产生的因素	54
五、荧光分析法的特点及应用	59
第二节 化学发光与生物发光分析	62
一、化学发光基本原理	62
二、化学发光仪的基本组成	66
三、流动注射化学发光分析	67
四、化学发光分析的特点及应用	71
五、生物发光分析	73
第三节 磷光分析法简介	74
一、低温磷光	74
二、室温磷光	75
三、磷光分析法及应用	75
第五章 原子吸收分光光度法	78
第一节 基本原理	78
一、原子吸收光谱与共振吸收线	78



二、原子吸收谱线轮廓与谱线宽度	79
三、Boltzman 分布定律	81
四、原子吸收值及其与原子浓度的关系	82
第二节 原子吸收分光光度计	83
一、主要部件和原理	83
二、原子吸收分光光度计类型	90
三、仪器的维护及注意事项	92
第三节 分析条件选择及优化	92
一、测量条件的选择	92
二、干扰及消除方法	95
三、样品处理及进样	99
第四节 定量分析与应用	99
一、定量方法	99
二、灵敏度和检出限	101
三、应用	102
第六章 原子荧光光谱法	104
第一节 基本原理	104
一、原子荧光光谱的产生	104
二、原子荧光光谱的类型	104
三、原子荧光强度与原子浓度的关系	106
四、饱和荧光与荧光猝灭	107
第二节 仪器装置	108
一、原子荧光光谱仪基本构造	108
二、原子荧光光谱仪类型	110
三、仪器使用注意事项及维护	111
第三节 原子荧光分析条件选择与优化	112
一、原子荧光分析条件的选择	112
二、原子荧光分析中的干扰和消除	113
第四节 原子荧光分析方法与应用	114
一、氢化物发生原子荧光光谱法	114
二、激光诱导原子荧光光谱法	116
三、形态分析中的原子荧光灯用技术	117
第七章 原子发射光谱法	118
第一节 基本原理	118
一、原子发射光谱的产生	118
二、分析线和特征谱线	119
三、谱线强度与待测物浓度的关系	119
第二节 原子发射光谱仪	120
一、基本结构及性能	120
二、原子发射光谱仪的发展	124



第三节 原子发射光谱法分析条件选择与优化	126
一、分析条件的选择	126
二、干扰及消除	127
第四节 原子发射光谱法的应用	129
一、定性分析	129
二、定量分析	130
三、技术应用	130
第八章 其他光学分析法简介	132
第一节 红外吸收光谱法	132
一、基本原理	132
二、红外光谱仪	135
三、红外光谱法应用	136
第二节 核磁共振波谱法	137
一、基本原理	138
二、核磁共振波谱仪	140
三、核磁共振氢谱	141
四、核磁共振碳谱简介	143
第三节 X射线分析法	144
一、基本原理	144
二、X射线分析法	146
第四节 激光动态光散射与激光拉曼光谱法	148
一、激光动态光散射	148
三、激光拉曼光谱法	149
第五节 旋光谱和圆二色光谱	152
一、基本原理	152
二、ORD和CD的测量仪器及应用	155
第九章 电位分析法	158
第一节 电位分析法基础	158
一、化学电池	158
二、液体接界电位和盐桥	159
三、电池电动势和电极电位	160
第二节 直接电位法	161
一、参比电极	161
二、指示电极	163
三、基本原理	165
四、常用的离子选择电极	166
五、离子选择电极的性能参数	170
六、定量方法及测量准确度	172
第三节 电位滴定法	176
一、基本原理	176



二、滴定终点的确定	177
三、指示电极的选择	177
第十章 伏安分析法和电位溶出分析法	180
第一节 经典极谱分析法	180
一、基本装置及原理	180
二、干扰电流及消除方法	183
三、极谱波方程式和半波电位	184
四、定性定量分析方法	186
五、现代极谱法简介	187
第二节 溶出伏安法	192
一、基本装置	192
二、基本原理	193
三、影响溶出峰电流的因素	195
四、特点与应用	196
第三节 电位溶出分析法	196
一、基本原理	197
二、常规电位溶出法和微分电位溶出法	198
三、分析条件的选择	198
四、特点和应用	199
第十一章 其他电化学分析法简介	201
第一节 电导分析法	201
一、溶液电导的概念	201
二、溶液电导的测定	203
三、电导分析应用	205
第二节 库仑分析法	208
一、电化学基础	208
二、基本原理	210
三、条件控制	212
四、特点及应用	213
第三节 电化学生物传感器	214
一、基本原理	214
二、信号转换器	214
三、电化学生物传感器的分类	215
四、特点和应用	217
第十二章 色谱分析法概论	219
第一节 色谱法简介	219
一、色谱法的基本概念	219
二、色谱法的分类	219
三、色谱法的发展概况	220



四、色谱法的发展趋势	221
五、色谱法的特点	222
第二节 色谱法基本过程和术语	223
一、色谱法的基本过程	223
二、色谱图及常用术语	225
第三节 色谱分析法基本理论	227
一、塔板理论	228
二、速率理论	231
三、色谱分离方程式	233
四、色谱分离条件的选择及系统适应性试验	234
第四节 色谱定性定量分析法	236
一、定性分析	236
二、定量分析	237
第十三章 经典液相色谱法	241
第一节 柱色谱法	241
一、液固吸附柱色谱法	241
二、液液分配柱色谱法	244
三、空间排阻色谱法	245
四、离子交换柱色谱法	247
第二节 平面色谱法	249
一、薄层色谱法	249
二、纸色谱法	252
第十四章 气相色谱法	255
第一节 概述	255
一、气相色谱法的分类	255
二、气相色谱法特点	255
第二节 气相色谱仪	256
一、气路系统	257
二、进样系统	257
三、分离及温控系统	257
四、检测系统	258
五、数据采集和处理系统	264
第三节 气相色谱柱技术	265
一、气相色谱柱分类	265
二、气相色谱固定相	265
三、填充色谱柱的制备	269
第四节 气相色谱法分析条件的选择和优化	270
一、色谱柱的选择	270
二、温度的选择	270
三、载气及流速的选择	272



四、进样的选择	273
第五节 毛细管气相色谱法和顶空气相色谱法	273
一、毛细管气相色谱法	273
二、顶空气相色谱法	277
第六节 气相色谱法的应用	280
第十五章 高效液相色谱法	283
第一节 概述	283
一、高效液相色谱法与其他色谱法的比较	283
二、高效液相色谱法的分类	284
第二节 高效液相色谱法的固定相和流动相	284
一、固定相	285
二、流动相	287
三、新型高效液相色谱分析方法	289
第三节 高效液相色谱仪	293
一、高压输液系统	293
二、进样系统	295
三、色谱分离系统	296
四、检测系统	296
五、数据记录和处理系统	299
六、高效液相色谱专家系统	300
第四节 高效液相色谱法分析条件的选择	300
一、影响色谱峰展宽的因素	300
二、分析条件的选择	303
第五节 超高效液相色谱法简介	305
一、超高效液相色谱法的特点	305
二、超高效液相色谱法的应用	306
第六节 高效液相色谱法的应用	306
一、应用范围	306
二、应用实例	307
第十六章 离子色谱法	311
第一节 离子交换剂	311
一、离子交换剂的类型	311
二、离子交换剂的性能指标	312
三、离子交换过程	312
四、离子交换剂的选择性系数	313
第二节 离子色谱法的类型	314
一、高效离子交换色谱法	314
二、高效离子排斥色谱法	315
三、离子对色谱法	316
第三节 离子色谱仪	318

一、输液系统	318
二、进样系统	318
三、分离系统	319
四、检测系统	319
五、数据采集与处理系统	323
第四节 离子色谱条件的选择	323
一、固定相	323
二、色谱柱长度	324
三、洗脱液	324
四、流速	325
第五节 离子色谱法的应用	325
一、无机阴离子分析	326
二、阳离子分析	326
三、有机物分析	326
第十七章 高效毛细管电泳分析法	328
第一节 基本概念和原理	328
一、电泳与电淌度	328
二、电渗与电渗流	329
三、分离效率和谱带展宽	330
四、分离度	332
五、分离模式	332
第二节 毛细管电泳仪	336
一、进样系统	336
二、分离系统	337
三、检测系统	338
四、数据处理记录系统	339
第三节 分析条件的选择和优化	339
一、分离电压	339
二、毛细管	339
三、缓冲液	340
四、添加剂	340
第四节 高效毛细管电泳法的应用	341
一、定性分析	341
二、定量分析	341
第十八章 其他色谱分析法简介	343
第一节 超临界流体色谱法	343
一、超临界流体的特性	343
二、超临界流体色谱法原理	344
三、超临界流体色谱仪	345
四、超临界流体色谱法应用	346



第二节 凝胶色谱法	347
一、凝胶色谱分类	347
二、凝胶色谱基本原理	347
三、凝胶的种类及性质	348
四、凝胶色谱仪	349
五、凝胶色谱法的应用	351
第十九章 质谱分析法	353
第一节 质谱仪和质谱法原理	353
一、质谱仪及其工作原理	353
二、质谱仪的主要性能指标和质谱图	363
三、质谱分析法的定性定量依据	365
第二节 质谱中的主要离子类型和特点	366
一、分子离子	366
二、碎片离子	366
三、同位素离子	366
四、加合离子	367
五、多电荷离子	367
六、亚稳离子	367
第三节 分子的裂解和重要有机化合物的裂解规律	367
一、有机分子的裂解反应类型	368
二、有机分子的裂解反应机理	371
三、常见有机化合物的裂解特征	374
第四节 质谱分析法应用	381
一、相对分子质量的测定	381
二、确定分子组成式(分子式)	383
三、结构解析	386
四、分析实例	387
第二十章 仪器联用分析技术	391
第一节 仪器联用分析技术简介	391
一、仪器联用技术	391
二、仪器联用分析种类和应用	392
第二节 气相色谱-质谱联用技术	395
一、仪器系统和工作原理	395
二、分析条件的选择和优化	398
三、定性和定量分析	399
四、技术应用	401
第三节 高效液相色谱-质谱联用技术	402
一、仪器系统和特点	402
二、分析条件的选择和优化	408
三、定性定量分析	411



四、技术应用	411
第四节 电感耦合等离子体质谱法及联用技术	412
一、电感耦合等离子体质谱法	412
二、色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术原理与应用	421
第二十一章 仪器分析样品前处理技术原理和装置	427
第一节 概述	427
一、样品前处理的必要性和重要性	427
二、样品前处理目的和意义	428
三、样品前处理的基本要求	428
四、样品前处理发展趋势	429
第二节 仪器分析常用的样品前处理技术	430
一、加速溶剂萃取	430
二、超临界流体萃取	432
三、微波辅助样品前处理技术	433
四、超声波辅助提取法	436
五、新型液-液萃取法	437
六、固相萃取法	439
七、固相微萃取	443
八、吹扫捕集技术	445
九、热解吸技术	447
十、凝胶渗透色谱净化处理技术	448
十一、膜分离净化技术	449
附录	451
附录一 压力单位换算关系	451
附录二 质谱中丢失的常见中性碎片质量及组成	451
附录三 一些常见的碎片离子	452
附录四 主要基团的红外特征吸收峰	454
参考文献	458
中英文名词对照索引	460