

高等医学院校教材

供检验、预防、影像专业用

临床检验仪器学 [第2版]

主编/曾照芳



ANISO MICRO
SUSPECT AB NO 50

人民卫生出版社

高等医学院校教材

供检验、预防、影像专业用

临床检验仪器学

第 2 版

主编 曾照芳

(以下以姓氏笔画为序)

副主编 向华 李霞 孟庆勇 徐克前

编 委

马 雷 (大连大学)	冯仲杨 (大连大学)
向 华 (重庆医科大学)	孙开胜 (中南大学湘雅医学院)
李 霞 (武汉大学医学院)	宋玉国 (北华大学)
张艾华 (内蒙古科技大学)	张光军 (新乡医学院)
张明亮 (山西医科大学汾阳学院)	张振荣 (山西医科大学汾阳学院)
张 超 (广州医学院)	和彦苓 (内蒙古科技大学)
周 新 (武汉大学医学院)	郑 军 (重庆医科大学)
孟庆勇 (广东医学院)	贺志安 (新乡医学院)
徐克前 (中南大学湘雅医学院)	徐德选 (江苏大学)
黄维嘉 (重庆医科大学临床学院)	崔 飏 (重庆医科大学临床学院)
曾照芳 (重庆医科大学)	谢国民 (重庆医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床检验仪器学/曾照芳主编.—2版.—北京:人民卫生出版社,2005.3

ISBN 7-117-06618-0

I. 临… II. 曾… III. 医用分析仪器—医学院校—教材 IV. TH776

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 143217 号

临床检验仪器学

第 2 版

主 编: 曾照芳

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 24.75

字 数: 544 千字

版 次: 2001 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 2 版第 5 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06618-0/R · 6619

定 价: 37.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

第二版前言

《临床检验仪器学》教材自 2001 年 3 月由人民卫生出版社出版以来,已历时四年。经十几所高等医学院校相关专业使用后,一致认为此教材能推陈出新、面向未来,选材新颖、实用性强,有代表性、有前瞻性,能紧密结合临床实际,为各专业后继课程的学习提供了必要和坚实的基础,是一本理论联系实际的好教材。

由于临床医学、检验医学、预防医学、影像医学的快速发展,临床检验仪器的更新换代日新月异。为了在教材内容的深度和广度上尽快适应新的需求,同时也为了采纳各校教学中所提出的宝贵意见和建议,在各使用本教材单位的多次要求下,决定对本教材进行增删、修订,出版本教材第二版。

新教材的编写原则是突出“新型、实用、有代表性、有前瞻性”,并按篇、章、节结构。各章内容在原教材的基础上均有若干增加和删除,在编写内容的取舍上也有一些新的思路。对那些繁琐难懂的相关公式,与临床检验仪器关系不甚密切的光学、电学线路图以及近几年临床已经逐步淘汰的仪器内容,均进行了删减;增加了临床上近几年新出现的、前沿的检验仪器的工作原理、结构分类、性能指标、使用方法、维护保养、常见故障的排除以及发展趋势等相关内容。特别对于临床检验中检测分析质量控制也用了一定的篇幅进行专门介绍。为便于学生学习,各章后均附有一定数量的思考题。全书内容丰富,语言精炼,体现专业特色,坚持理论联系实际的原则。相信第二版教材会更具专业特色,教材的质量和水平也将有进一步的提高。

本教材可供高等医学院校检验医学、影像医学、预防医学各专业本科学生、研究生、成人和高职教育专科、本科学生 72~108 学时教学使用,也可供从事以上各专业临床工作的技术人员继续教育学习使用。

在本教材第二版的编写和正式出版的过程中,除得到人民卫生出版社的大力扶持外,还得到了许多院校特别是各参编院校的领导和专家的大力支持和鼎力相助。在此一并表示衷心的感谢。在此特别要感谢参加第一版编写的大连大学的朱枚教授和第三军医大学的翟建才教授两位前辈的大力支持与帮助。

由于各学科的飞速发展和检验仪器的不断更新,在我们尽力开拓创新以求教材尽量完美的同时,仍然会有不少的遗漏甚至缺点和错误。我们殷切希望各位教学第一线的教师、各位专家、读者给予批评指正,我们将不断地改进和完善,以使本教材能与时俱进。

编 者

2004 年 12 月

目 录

概 论	1
一、学习《临床检验仪器学》课程的目的	1
二、临床检验仪器的分类和进展	1
三、临床检验仪器常用的性能指标	4
四、临床检验仪器的主要部件	7
五、临床检验仪器的选用标准	9

第一篇 光谱分析仪器

第一章 紫外-可见分光光度计	13
第一节 基本原理	14
一、电磁波谱	14
二、物质对光的吸收	14
三、光的吸收定律	16
第二节 紫外-可见分光光度计的基本结构和工作原理	17
一、光源	17
二、单色器	18
三、吸收池	19
四、检测器	20
五、信号显示系统	21
第三节 影响分光光度法准确性的因素	21
一、单色性不纯的影响	21
二、杂散光的影响	21
三、吸收池的影响	21
四、电压、检测器负高压波动的影响	22
五、其它因素的影响	22
第四节 紫外-可见分光光度计的类型	22
一、单波长单光束分光光度计	22
二、单波长双光束分光光度计	23
三、双波长分光光度计	24
第五节 紫外-可见分光光度计性能指标及评价	25

一、波长准确度和波长重复性	25
二、光度准确度	25
三、光度线性范围	25
四、分辨率	25
五、光谱带宽	26
六、杂散光	26
七、基线稳定度	26
八、基线平直度	26
第六节 紫外-可见分光光度计常见故障及排除方法	27
第二章 荧光分析仪器	29
第一节 荧光分析的原理	29
一、荧光发生的机理	29
二、激发光谱和荧光光谱	31
三、物质的分子结构和荧光的关系	31
第二节 荧光光谱仪	32
一、荧光光谱仪的光学部件和工作原理	32
二、荧光光度计	34
三、荧光分光光度计	34
四、仪器的使用与维护	35
第三节 荧光光谱仪的应用	36
一、在生物化学中的应用	36
二、在医药学中的应用	36
三、在环境保护中的应用	37
第三章 原子光谱分析仪	38
第一节 原子吸收光谱仪	38
一、原子吸收光谱仪的结构	38
二、原子吸收光谱仪的性能	42
三、原子吸收光谱仪的常见故障及排除方法	43
第二节 原子发射光谱仪	45
一、火焰光度计和火焰分光光度计	45
二、摄谱仪	47
三、光电直读光谱仪	48
四、激光显微发射光谱仪	49
第三节 原子光谱分析仪在临床检验中的应用	49
一、血浆中钠、钾的火焰光度法测定	49
二、血清锌的原子吸收法测定	50
三、几种公认的血铅测量方法	50
第二篇 光学显微镜和电子显微镜	
第四章 光学显微镜	54
第一节 光学显微镜概述	54

一、显微镜的工作原理	54
二、显微镜的性能参数	54
第二节 像差和色差	56
一、像差	56
二、色差	57
第三节 显微镜的基本结构	58
一、光学系统	58
二、机械系统	62
第四节 普通光学显微镜	65
一、双目生物显微镜	65
二、倒置生物显微镜	65
三、摄影显微镜	66
四、显微镜的使用和维护	67
第五节 特种类型显微镜	69
一、暗场显微镜	69
二、荧光显微镜	69
三、紫外光显微镜	70
四、偏光显微镜	70
五、相衬显微镜	72
六、干涉相衬显微镜	73
七、近场显微镜	74
第六节 显微镜的常见故障及排除	74
一、光学故障及其排除	74
三、机械故障及排除	76
第五章 电子显微镜	79
第一节 电子显微镜概述	79
一、电子显微镜的进展	79
二、电子显微镜的基本类型	80
三、电子显微镜的基本结构	80
四、电子显微镜的医学应用	83
第二节 透射电子显微镜	84
一、透射电镜的工作原理	85
二、透射电镜的电子光学成像系统	85
第三节 扫描电子显微镜	87
一、扫描电子显微镜的成像原理	87
二、扫描电子显微镜的基本结构	87
三、透射电镜和扫描电镜的比较	89
第四节 扫描隧道显微镜和原子力显微镜	90
一、扫描隧道显微镜的工作原理及基本装置	90
二、扫描隧道显微镜的性能特点及应用	91
三、原子力显微镜的工作原理及基本装置	92

四、原子力显微镜在生物学中的应用	92
第五节 电子显微镜的维护	92
一、镜筒部分的维护	93
二、真空系统的维护	93
三、电器部分的维护	93
第三篇 分离分析仪器	
第六章 离心机	95
第一节 离心机的工作原理	96
一、圆周运动与离心现象	96
二、液体中的微粒在重力场中的分离	96
三、液体中的微粒在离心力场中的沉降	96
四、沉降系数	98
第二节 常用的离心方法	99
一、差速离心法	99
二、密度梯度离心法	99
三、分析离心法	100
第三节 离心机的分类与结构	101
一、离心机的分类	101
二、离心机的结构	102
三、离心转头	104
四、离心机的主要技术参数及性能指标	104
第四节 离心机的使用和维护	105
一、离心方法的选择	105
二、离心机的转速和离心时间的确定	105
三、离心机的使用、维护	106
四、离心机常见故障及排除方法	107
第五节 离心方法的进展和离心机的应用	108
一、离心方法的进展	109
二、离心机的应用实例	109
第七章 色谱仪器	110
第一节 色谱法概述	110
一、色谱法的研究进展	110
二、基本概念和原理	110
三、色谱法的分类及特点	112
四、色谱仪的输出信息	113
五、色谱仪的发展趋势	114
第二节 气相色谱仪	114
一、气路系统	115
二、进样系统	116
三、气相色谱柱及温度控制	117

四、程序升温气相色谱法	118
五、气相色谱仪常用检测器	120
六、气相色谱仪的操作	124
第三节 高效液相色谱仪	124
一、溶剂输送系统	125
二、进样系统	127
三、分离系统和温度控制系统	128
四、高效液相色谱仪用检测器	129
五、操作条件的选择	132
第四节 色谱仪的数据处理系统	132
一、数据处理系统	132
二、色谱仪中的微机功能	133
第八章 电泳仪	135
第一节 电泳原理	135
一、电场强度的影响	136
二、溶液 pH 值的影响	136
三、溶液的离子强度的影响	136
四、粒子的迁移率	137
五、其他因素	137
第二节 常用电泳技术	138
一、电泳技术的分类	138
二、电泳方法简介	138
第三节 电泳设备	142
一、电泳槽	142
二、电泳电源	144
三、附加装置	145
四、电泳仪的主要技术指标	145
第四节 常用电泳仪及应用	146
一、常用的电泳仪简介	146
二、常用电泳仪的应用	147
第五节 电泳仪临床应用实例	149
一、核苷酸的纸电泳	149
二、蛋白质的聚丙烯酰胺凝胶电泳	150
三、蛋白质二元等电聚焦凝胶电泳	150
第九章 毛细管电泳仪	151
第一节 毛细管电泳的工作原理	151
一、基本工作原理	151
二、电渗流	152
三、谱带展宽及其主要的影响因素	152
第二节 毛细管电泳分离模式	153
一、毛细管区带电泳	153

二、毛细管胶束电动色谱	154
三、毛细管凝胶电泳	154
四、毛细管等电聚焦	154
五、毛细管等速电泳	155
六、毛细管电色谱	155
第三节 毛细管电泳仪的基本结构	155
一、毛细管柱	155
二、检测器	156
第四节 仪器简介	158
一、第一型高效电泳仪	158
二、第二型毛细管电泳仪	159
 第四篇 细胞及分子生物学仪器	
第十章 培养箱	165
第一节 电热恒温培养箱	166
一、电热恒温培养箱结构和原理	166
二、电热恒温培养箱使用注意事项	166
第二节 二氧化碳培养箱	167
一、CO ₂ 培养箱的分类和结构	167
二、CO ₂ 培养箱的进展	169
第三节 厌氧培养箱——厌氧培养系统	170
一、缓冲室	171
二、催化除氧系统	171
三、自动连续循环换气系统	171
四、手套操作工作室	172
第四节 其他类型培养箱	172
第十一章 流式细胞仪	174
第一节 基本原理	174
一、生物学颗粒分析原理	174
二、细胞分选原理	175
第二节 流式细胞仪的分类和基本结构	175
一、流式细胞仪的分类	175
二、流式细胞仪的基本结构	175
第三节 流式细胞仪的主要性能指标	181
一、荧光测量灵敏度	181
二、仪器的分辨率	181
三、前向角散射光检测灵敏度	181
四、FCM 分析速度	181
五、FCM 分选指标	182
第四节 流式细胞仪应用的技术要求	182

一、检测样品制备	182
二、免疫分析中常用的荧光染料与标记染色	182
三、流式细胞仪操作技术的质量控制	182
第五节 流式细胞仪的维护及常见故障的排除	183
一、仪器的维护	183
二、常见故障及排除	183
第六节 流式细胞仪的临床应用	184
一、流式细胞仪在免疫学中的应用	184
二、流式细胞仪在血液学中的应用	184
三、流式细胞仪在细胞生物学中的应用	185
四、流式细胞仪在肿瘤学中的应用	185
五、流式细胞仪在 AIDS 病检测中的分析	185
六、流式细胞仪对自身免疫性疾病相关 HLA 抗原的分析	186
第十二章 PCR 基因扩增仪	187
第一节 基本原理	187
第二节 PCR 扩增仪的分类与结构	188
一、PCR 扩增仪的分类	188
二、PCR 扩增仪的结构	188
第三节 PCR 扩增仪的性能指标	191
第四节 PCR 扩增仪的操作规程及常见故障的排除	192
一、PCR 扩增仪的操作规程	193
二、常见故障及排除	193
第五节 PCR 扩增仪的临床应用	194
第十三章 全自动 DNA 测序仪和蛋白质自动测序仪	196
第一节 全自动 DNA 测序仪	196
一、全自动 DNA 测序仪的工作原理	196
二、全自动 DNA 测序仪的结构与功能	199
三、全自动 DNA 测序仪的常见故障及维护	200
四、全自动 DNA 测序仪的进展	201
五、全自动 DNA 测序仪的主要应用	202
第二节 蛋白质测序仪	202
一、蛋白质测序仪的工作原理	202
二、蛋白质测序仪的结构及其各部件的功能	203
三、蛋白质测序仪的主要应用	203
第五篇 临床检验常规仪器	
第十四章 血液分析仪器	205
第一节 血细胞分析仪	206
一、血细胞分析仪分型	206
二、电阻抗法血细胞分析仪基本原理	206

三、联合检测型血细胞分析仪的检测原理	208
四、血细胞分析仪网织红细胞检测原理	210
五、血红蛋白测定原理	211
六、仪器的基本结构	211
七、仪器的性能指标	212
八、仪器的安装、维护与调校	213
九、常见故障及排除	214
十、血细胞分析仪的进展	216
第二节 血液凝固分析仪	217
一、血凝仪的检测原理和方法	217
二、血凝仪的分类和基本结构	219
三、血凝仪的检测项目	220
四、仪器评价	220
五、血凝仪的特点	221
六、血凝仪的进展	221
第三节 血液流变学分析仪器	222
一、血液粘度计	222
二、红细胞变形测定仪	225
三、血液流变学分析仪器的进展	227
第十五章 尿液分析仪器	229
第一节 尿液分析仪	229
一、尿液分析仪的分类	229
二、尿液分析仪工作原理	230
三、仪器的结构与功能	232
四、尿液分析仪的安装、调校	233
五、尿液分析仪的使用注意事项及维护与保养	234
第二节 尿沉渣分析仪	237
一、流式细胞术尿沉渣分析仪	238
二、影像式尿沉渣分析仪	242
第三节 尿液分析仪的质量控制	243
一、质量控制的一般情况	243
二、质控物的选择与使用	244
三、质控步骤	244
第十六章 自动生化分析仪	246
第一节 基本结构和原理	246
一、检测系统	246
二、进样、加液系统	249
三、反应系统	250
四、清洗系统	250
五、数据处理系统	250
第二节 自动生化分析仪的分类	250

一、全自动生化分析仪	250
二、半自动生化分析仪	252
第三节 自动生化分析仪的性能及评价	253
一、自动生化分析仪的性能	253
二、自动生化分析仪的评价	254
第四节 自动生化分析仪的使用要点及方法	255
一、生化分析仪使用的基本常识	255
二、生化分析仪的参数设置	256
三、自动生化分析方法	257
第十七章 电化学临床分析仪器	261
第一节 电化学分析原理	261
一、pH 值测定原理	261
二、离子选择性电极工作原理	261
三、PO ₂ 电极的工作原理	262
四、PCO ₂ 电极的工作原理	263
第二节 电解质分析仪	263
一、电解质分析仪的分类	264
二、电解质分析仪的结构	264
三、电解质分析仪的维护、保养与故障排除	266
第三节 血气分析仪	268
一、工作原理	268
二、仪器结构	269
三、常见血气分析仪简介	273
四、血气分析仪的维护、保养与故障排除	274
第十八章 微生物快速检测仪	277
第一节 自动血培养检测和分析系统	277
一、仪器的工作原理	277
二、仪器的结构与功能	280
三、仪器的性能	281
四、常见故障及维修	281
五、血培养仪的进展	282
第二节 微生物自动鉴定及药敏系统	282
一、工作原理	283
二、基本结构与功能	283
三、仪器的性能评价	284
四、仪器维修	285
五、微生物自动鉴定及药敏系统的进展	285
第十九章 生物安全柜	286
第一节 生物安全柜的工作原理和分类	286
一、工作原理	286

二、生物安全柜的分类	286
第二节 生物安全柜的结构与功能	288
第三节 生物安全柜的实际应用	289
一、仪器的安装	289
二、维护与保养	290
第二十章 免疫分析仪	292
第一节 酶免疫分析仪	292
一、酶免疫分析法	292
二、酶免疫分析仪基本结构及工作原理	293
三、酶标仪的性能评价	294
四、酶标仪的维护	295
五、酶免疫分析仪的临床应用	295
第二节 发光免疫分析仪	296
一、发光免疫分析法简介	296
二、发光免疫分析仪基本结构及工作原理	296
三、发光免疫分析仪的临床应用	298
第三节 放射免疫分析仪	299
一、放射免疫分析与放射性检测	299
二、液体闪烁计数器	300
三、晶体闪烁计数器	302
四、放射免疫分析仪的应用	305
第四节 免疫浊度分析仪	305
一、免疫浊度分析法概述	305
二、免疫浊度分析仪	306
三、免疫浊度分析仪的临床应用	307

第六篇 现代波谱分析仪器

第二十一章 质谱仪	309
第一节 质谱仪的基本原理及性能指标	310
一、基本原理	310
二、质谱仪的性能指标	310
第二节 质谱仪的基本结构和分类	311
一、质谱仪的基本结构	311
二、质谱仪的种类	314
第三节 生物质谱技术及其应用	314
一、生物质谱技术	315
二、生物质谱技术的应用	316
第二十二章 磁共振波谱分析仪	319
第一节 核磁共振的基本原理	319
一、原子核的磁矩	319

二、磁共振	320
三、弛豫过程	321
四、磁共振信号	322
第二节 磁共振波谱分析仪 (MRS) 的结构	323
一、磁体	323
二、射频系统	324
三、数据处理及图像显示系统	325
四、其它部件	325
第三节 磁共振波谱分析仪的操作与安装	325
一、表面线圈技术的改进	326
二、磁共振波谱分析仪的安装	327
第四节 磁共振波谱分析仪的临床应用	327
一、活体磁共振波谱分析	327
二、各脏器组织的 MRS	330
 第七篇 临床检验仪器中的计算机技术	
第二十三章 数据传输和接口技术	335
第一节 数据传输	336
一、数据采集	336
二、数据处理	338
第二节 接口技术	339
一、接口电路的功能	339
二、可编程并行接口	340
三、串行 I/O 接口	340
四、D/A 转换 (数模转换)	340
五、中断系统	341
第三节 计算机技术在临床检验仪器中的应用	342
一、计算机技术在血液分析仪中的应用	342
二、计算机技术在电化学检验仪器中的应用	343
三、计算机在原子吸收光谱检测仪器中的应用	343
第二十四章 医学检验仪器的信号与图像处理技术	344
第一节 医学检验仪器的信号处理	344
一、模拟信号处理	344
二、数字信号处理	345
第二节 医学检验仪器的图像处理	346
一、医学检验仪器的图像处理的特点和类型	346
二、图像模型和数字化表达方法	347
三、几种常用的医学检验仪器的图像处理技术	347
四、血细胞自动分类中图像处理技术的应用	348
第二十五章 实验室信息系统	351
第一节 硬件接口 RS-232C	351

一、电气特性	351
二、连接器的机械特性	352
三、RS-232C 的接口信号	352
第二节 检验仪器数据的采集、传输格式和条形码	353
一、检验仪器数据的采集	353
二、检验数据的传输格式	354
三、条形码	354
第三节 实验室信息管理系统	356
一、单机版实验室信息管理系统	356
二、实验室信息系统	357
参考文献	360
汉英科技专业词汇	364
英汉科技专业词汇	371

概 论

一、学习《临床检验仪器学》课程的目的

检验医学在国外习惯上称为实验室医学(laboratory medicine)。它是一门涉及范围相当广泛,包括多个专业的交叉性学科。现代医学中,检验医学已经远远超出了早先以单纯辅助临床诊断的认识范围。随着现代医学的不断发展,临床检验的范围日益广泛,检验的项目也越来越多。各种定量的检测结果对疾病的诊断、治疗、预后判断和健康评价有着十分重要的价值,正在发挥着越来越大的作用。

近年来,由于临床医学发展中诊断、治疗、预后监测和医学研究的诸多需要,医学检验方法的进展十分迅速。血液学、免疫学、生物化学和微生物学的任何新理论,新技术以及重大科研成果,凡是能直接用于诊断疾病的,迟早都会发展成为一种检验方法学并应用于临床实验室。随着医学技术的不断发展,医学界对诊断检测日益重视,相应的医学检验仪器日益先进。随着数学方法和统计学方法、电子技术和计算机技术向检验医学的广泛渗透,使得临床检验仪器向着精密化、自动化、简易化和综合化的方向发展,大大地提高了临床检验的速度与精度以及对资料的处理能力和管理质量。随着高灵敏度、多功能、智能化程度较高的检测仪器的不断涌现和广泛应用,临床医学的发展对实验室检验,判断结果的依托性的不断增大,对检验工作者的专门知识和技术、技能要求越来越高。培养和提高医学院校相关专业的各层次学生,培养实验室工作人员熟练掌握和使用各类现代化检验仪器,使之在疾病的诊断和治疗中发挥最佳的效能,成为相当急迫,重要的任务。

因此,教育培养各层次学生和相关工作人员掌握各种常用检验仪器的工作原理、分类结构、性能指标、使用方法、常见故障的排除、临床检验仪器中的计算机技术,并了解其发展趋势,为他们更好地从事临床检验工作打下坚实的基础,这就是学习本课程的目的。

二、临床检验仪器的分类和进展

(一) 临床检验仪器的分类

临床检验仪器的分类历来就是一个比较困难的问题,各方面人士对此争议较大。有主张以临床检验的方法为主对临床检验仪器进行分类的,如按目视检查、理学检查、化学