

供卫生检验类专业用

全国高等医药教材建设研究会·卫生部规划教材
全国高等学校教材

分析化学

主 编 邹学贤
副主编 赵云斌
高希宝



人民卫生出版社

全国高等医药教材建设研究会·卫生部规划教材

全国高等学校教材

供卫生检验类专业用

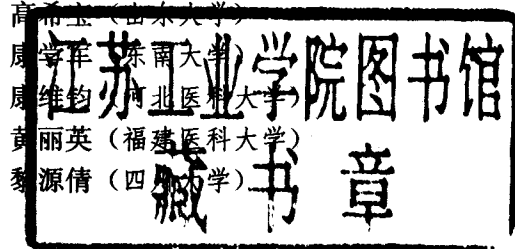
分析化学

主 编 邹学贤

副主编 赵云斌 高希宝

编 者 (以姓氏笔画为序)

毋福海 (广东药学院)	张海燕 (安徽医科大学)
王学生 (华北煤炭医学院)	金念祖 (南京医科大学)
孙成均 (四川大学)	赵云斌 (华中科技大学)
吕春平 (吉林大学)	高希宝 (山东大学)
李贵荣 (南华大学)	康学军 (东南大学)
杨叶梅 (昆明医学院)	康维钧 (河北医科大学)
邹学贤 (昆明医学院)	黄丽英 (福建医科大学)
张洪权 (郑州大学)	黎源倩 (四川医学)
张丽萍 (包头医学院)	



秘 书 杨叶梅 (兼)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/邹学贤主编. —北京:

人民卫生出版社, 2006. 3

ISBN 7-117-07424-8

I. 分… II. 邹… III. 分析化学 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 006979 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

分 析 化 学

主 编: 邹学贤

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>

E - mail: pmph@pmph.com

邮购电话: 010-67605754

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 27

字 数: 683 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-07424-8/R·7425

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

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

全国高等学校卫生检验专业规划教材

出版说明

为了进一步促进卫生检验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和卫生部教材办公室于2005年开始组织编写了国内第一套供卫生检验专业使用的规划教材。

该套教材由国内近20所开办卫生检验专业的医药卫生院校的一线专家参加编写,在编写过程中紧紧围绕该专业的培养目标;注重教材编写的“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性);强调卫生检验专业与预防医学专业及临床检验专业等相关教材的区别与联系;注重整套教材的整体优化与互补,旨在培养具备预防医学基本理论知识和卫生检验技能,能在疾病控制中心、环境卫生或食品卫生监测等机构工作的高级卫生检验人才。

该套教材共有10种,于2006年7月全部出版。

全国高等学校卫生检验专业规划教材

编写委员会

主任委员: 陈学敏 (华中科技大学)

副主任委员: 张朝武 (四川大学)

委员: 周宜开 (华中科技大学)

孙成均 (四川大学)

邹学贤 (昆明医学院)

陈大义 (四川省卫生管理

干部培训学院)

冀元棠 (安徽医科大学)

毋福海 (广东药学院)

王 充 (中山大学)

孙长颢 (哈尔滨医科大学)

和彦苓 (内蒙古科技大学)

康维钧 (河北医科大学)

代学碧 (重庆医科大学)

黎明兰 (吉林大学)

王志玉 (山东大学)

刘桂芬 (山西医科大学)

茅 力 (南京医科大学)

陈 廷 (济宁医学院)

邓学良 (南华大学)

全国高等学校卫生检验专业规划教材目录

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1. 《食品理化检验》 | 主 编：黎源倩
副主编：孙长颢 叶蔚云 代兴碧 |
| 2. 《生物材料检验》 | 主 编：孙成均
副主编：冀元棠 王爱国 |
| 3. 《免疫学检验》 | 主 编：徐顺清 刘衡川
副主编：黎明兰 宋 宏 |
| 4. 《分析化学》 | 主 编：邹学贤
副主编：赵云斌 高希宝 |
| 5. 《病毒学检验》 | 主 编：李洪源 王志玉
副主编：裴晓芳 |
| 6. 《细菌学检验》 | 主 编：张朝武
副主编：唐 非 黄升海 |
| 7. 《水质检验》 | 主 编：张克荣
副主编：康维均 张翼祥 |
| 8. 《空气检验》 | 主 编：吕昌银 毋福海
副主编：杜晓燕 刘 萍 |
| 9. 《临床与职业卫生检验》 | 主 编：牛 侨
副主编：吴永会 陈 锋 张春之 |
| 10. 《卫生检验检疫》 | 主 编：周宜开
副主编：张德纯 苏 虹 |

前 言

分析化学是高等医学院校卫生检验、医学检验、预防医学及药学等专业的专业基础课之一。2000年由昆明医学院、华西医科大学等14所院校共同编写、人民卫生出版社出版了《分析化学》教材。经过几次重印及教学实践,从使用本教材的全国各高等院校师生反馈的信息得知,教材在教学中发挥了重要作用,达到了预期效果。

随着我国公共卫生事业的发展,社会对卫生检验专业人才的需求与日俱增。2004年12月卫生部教材办公室在成都召开的“全国高等学校卫生检验专业规划教材编写论证会”上,将分析化学列为第一批编写的卫生检验专业规划教材之一。根据各院校的推荐,卫生部教材办及卫生检验教材编写委员会审批,确定了《分析化学》的主编、副主编及编者,与上一版《分析化学》相比,参编院校作了部分调整,编者变动较大,一批在教学科研第一线的中青年学科带头人,参加了本教材编写,为教材增添了活力。

《分析化学》作为高等医学院校有关专业的基本教材,其基本内容是相同的,考虑到教材的适用面应广一些,在内容的选择上,适当拓展了部分章节的内容,特别是在联系实际时兼顾了预防医学、卫生检验、医学检验及药学专业的需要。

全书共22章,主要内容包括三个部分。

1. 分析化学的基本知识、基本理论和基本概念 包括绪论、误差及分析质量控制,由于计量认证和实验室认可已经成为一种国际趋势,是国家对向社会提供公正数据的产品质量检验机构的基本要求,本书将“计量认证和实验室认可”作为一章专门介绍。还在第2章中介绍了分析测量的不确定度及其表达。

2. 化学分析法 在打好基础的前提下,对经典化学分析法的内容作了提炼和压缩,删去了“定性分析”一章。

3. 仪器分析法 在保持原来仪器分析基本方法和基本内容的同时,适当增加了比较成熟的现代仪器分析的新方法和新技术,使教材能反映本学科领域的发展势态和倾向性问题,例如在电化学分析法中,引入了电化学生物传感器、催化极谱法等;在光学分析中,加强了现代光谱分析法的内容;近年来原子荧光分析法发展很快,并应用于卫生检验中,本书将其作为一章专门介绍;色谱分析部分,将经典液相色谱法放在“色谱分析概论”中介绍,“离子色谱法”列为一章介绍。近年来一些现代仪器分析方法,如毛细管电泳分析法、化学发光法、电感耦合等离子体原子发射光谱法、质谱法及核磁共振波谱法等应用日益广泛,本书将其并为一章介绍。

最后一章“样品分析的一般步骤”,是在学习了分析化学的基本理论和分析方法的基础上,向读者介绍如何开展分析测试工作,作为本教材的总结。

在教材编写过程中,尽量注意其可读性和实用性,以便于学生自学,在每章章末附有习

题,引导学生思考,以加深对教学内容的理解。书末附有关键词中英文对照。

本书可作为高等医学院校卫生检验、医学检验及预防医学专业本科教材,也可作为药学及其它相关专业的教材及研究生和检验技术人员参考。

本书的编写得到了昆明医学院、华中科技大学及山东大学等参编院校的领导 and 有关部门的大力支持和热情帮助,在此一并致谢。

限于编者的水平,书中存在的错漏及不妥之处,恳请专家和读者批评指正。

邹学贤

2005年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务和作用	1
第二节 分析方法的分类	2
第三节 分析过程的一般步骤与分析结果的表示	4
一、分析过程的一般步骤	4
二、定量分析结果的表示	5
第四节 分析化学的发展	6
第二章 分析测量中的误差及分析质量保证	8
第一节 分析测量中的误差及其表示方法	8
一、误差的分类	8
二、误差的表示方法	9
三、误差的传递	12
第二节 随机误差的统计概念	13
一、随机误差的正态分布	13
二、有限数据随机误差的 t 分布	14
三、平均值的置信区间	15
第三节 分析数据的处理	16
一、有效数字及其运算规则	16
二、可疑数据的取舍	17
三、分析数据的显著性检验	19
第四节 分析质量保证	21
一、分析质量保证	22
二、实验室质量控制	22
三、标准物质和标准分析方法	25
习题	26
第三章 计量认证与实验室认可	29
第一节 概述	29
一、计量认证和实验室认可的发展历程	29
二、计量认证与实验室认可的区别与联系	30
三、计量认证和实验室认可的意义和作用	31
第二节 实验室评审的法律依据和主要内容	31

• 2 • 分析化学

一、主要法律法规依据	31
二、实验室评审的主要内容	32
第三节 实验室认可一般程序	34
第四节 现场评审方式	35
习题	36
第四章 重量分析法	37
第一节 概述	37
第二节 沉淀重量法	37
一、沉淀重量法基本原理	37
二、沉淀的制备	39
三、沉淀的过滤和干燥	40
四、称量形式和结果计算	41
第三节 挥发重量法	41
第四节 萃取重量法	43
习题	43
第五章 滴定分析法概论	45
第一节 概述	45
一、滴定分析过程及术语	45
二、滴定分析法对化学反应的要求	45
三、滴定分析方法的分类	46
四、基准物质和标准溶液	47
五、滴定分析的误差	48
第二节 滴定分析中的计算	49
一、计算的基本关系式	50
二、计算示例	51
习题	54
第六章 酸碱滴定法	56
第一节 酸碱平衡及有关浓度的计算	56
一、酸碱质子理论	56
二、水溶液中弱酸(碱)各型体的分布	59
三、酸碱溶液中 H^+ (OH^-) 浓度的计算	61
第二节 酸碱指示剂	64
一、酸碱指示剂的作用原理	64
二、指示剂的变色范围	64
三、影响指示剂变色范围的因素	66
四、混合指示剂	66

第三节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	67
一、强碱(酸)滴定强酸(碱)	67
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	69
三、多元酸的滴定	71
四、多元碱的滴定	72
第四节 酸碱标准溶液的配制与标定	73
一、酸标准溶液的配制与标定	73
二、碱标准溶液的配制和标定	74
第五节 非水溶液的酸碱滴定	74
一、非水溶剂的分类	74
二、非水溶剂的性质	75
三、非水滴定条件的选择	77
第六节 酸碱滴定法的应用	78
一、水溶液中酸碱滴定法的应用	78
二、非水溶液中酸碱滴定法的应用	80
习题	81
第七章 配位滴定法	83
第一节 概述	83
第二节 乙二胺四乙酸及其螯合物	83
一、乙二胺四乙酸	83
二、乙二胺四乙酸的螯合物	84
三、金属 EDTA 螯合物的离解平衡	85
第三节 配位滴定法的原理	90
一、配位滴定曲线	90
二、配位滴定条件的判断	92
三、酸度对配合物稳定性的影响	94
第四节 金属指示剂	96
一、金属指示剂的作用原理	96
二、金属指示剂的选择	96
三、金属指示剂的封闭与僵化	97
四、常用的金属指示剂	97
第五节 提高配位滴定选择性的方法	98
一、控制溶液的酸度	98
二、掩蔽干扰离子	99
三、用其它螯合剂滴定	101
第六节 配位滴定的标准溶液的配制和滴定方式	101
一、标准溶液配制和标定	101
二、配位滴定的方式和应用	102

习题	104
第八章 氧化还原滴定法	106
第一节 概述	106
第二节 氧化还原反应	106
一、标准电极电位与条件电位	106
二、氧化还原反应进行的方向和程度	110
三、氧化还原反应的速度	112
第三节 氧化还原滴定	113
一、氧化还原滴定曲线	113
二、指示剂	116
第四节 高锰酸钾法	117
一、方法概要	117
二、标准溶液	118
三、应用与示例	118
第五节 碘量法	119
一、方法概要	119
二、标准溶液	120
三、应用与示例	121
第六节 重铬酸钾法	122
习题	123
第九章 沉淀滴定法	125
第一节 概述	125
第二节 银量法	125
一、滴定曲线	125
二、指示终点的方法	127
三、标准溶液	131
第三节 银量法应用示例	131
习题	132
第十章 电位分析法	133
第一节 电位分析法基础	133
一、化学电池	133
二、电池电动势和电极电位	134
三、液体接界电位	136
第二节 直接电位法	136
一、基本原理	136
二、参比电极	137

三、指示电极—离子选择性电极	138
四、直接电位法的分析方法	144
五、直接电位法的准确度	147
六、直接电位法的应用示例	148
第三节 电化学生物传感器简介	149
一、概述	149
二、电化学生物传感器的基本组成和工作原理	149
三、电化学生物传感器分类	150
四、电化学生物传感器进展	152
习题	153
第十一章 电导分析法和库仑分析法	154
第一节 电导分析法	154
一、基本原理	154
二、电导的测量	156
三、直接电导法的应用	158
四、电导滴定法简介	158
第二节 库仑分析法	159
一、有关电解的基础知识	160
二、库仑分析法基本原理	162
三、控制电位库仑分析法	163
四、恒电流库仑分析法	164
习题	168
第十二章 伏安法和电位溶出分析法	170
第一节 经典极谱法	170
一、极谱法的基本原理	170
二、干扰电流及其消除方法	173
三、极谱分析方法	175
四、经典极谱法的特点	175
第二节 单扫描示波极谱法	175
一、单扫描示波极谱法的基本原理	175
二、单扫描示波极谱法的特点和应用	177
第三节 极谱催化波	177
一、平行催化波	177
二、氢催化波	178
三、极谱催化波的应用	179
第四节 溶出伏安法	179
一、溶出伏安法的基本原理	180

二、溶出伏安法的实验装置	181
三、定量分析方法	182
四、溶出伏安法的特点和应用	183
第五节 电位溶出分析法	183
一、电位溶出法的基本原理	183
二、电位溶出曲线	184
三、电位溶出法的特点和应用	185
习题	185
第十三章 紫外-可见分光光度法	187
第一节 概述	187
第二节 电磁辐射及其与物质的相互作用	188
一、电磁辐射与电磁波谱	188
二、电磁辐射与物质的相互作用	188
第三节 分子吸收光谱	189
一、分子吸收光谱的产生	189
二、分子吸收光谱及其特征	190
三、紫外-可见吸收光谱的主要类型	190
四、有机化合物的紫外吸收光谱	192
第四节 光的吸收定律	192
一、光的吸收定律	192
二、影响光吸收定律的因素	194
第五节 分光光度计	195
一、分光光度计的主要部件	195
二、分光光度计的类型	197
第六节 分光光度法反应条件和测量条件的选择	200
一、显色反应及其条件的选择	200
二、测定条件的选择	202
第七节 定性及定量分析方法	204
一、定性分析	204
二、纯度检测	204
三、定量分析	204
第八节 催化动力学分光光度法	207
一、指示反应与指示物质	207
二、定量依据	207
三、定量方法	208
第九节 提高分析灵敏度和准确度的方法	208
第十节 紫外-可见分光光度法的应用示例	209
习题	210

第十四章 分子荧光分析法	212
第一节 概述	212
第二节 基本原理	212
一、分子荧光的发生过程	212
二、激发光谱和荧光光谱	214
三、荧光与物质的分子结构	215
四、荧光强度与溶液浓度的关系	216
五、影响荧光强度的外部因素	217
第三节 荧光分析仪器	220
一、仪器的主要部件	220
二、仪器的类型	221
第四节 荧光分析方法和应用	221
一、定性分析	221
二、定量分析	221
三、荧光分析法的应用	222
第五节 磷光分析法简介	224
习题	225
第十五章 原子吸收分光光度法	226
第一节 概述	226
第二节 基本原理	226
一、原子吸收光谱与共振线	226
二、原子吸收线轮廓与谱线宽度	227
三、原子吸收值与原子浓度的关系	228
第三节 原子吸收分光光度计	230
一、仪器的主要部件	230
二、原子吸收分光光度计	235
第四节 定量分析方法	236
第五节 原子吸收分光光度法的干扰及其消除方法	237
一、光谱干扰	237
二、电离干扰	238
三、化学干扰	238
四、物理干扰	239
五、背景吸收	239
第六节 实验技术和应用示例	241
一、测量条件的选择	241
二、灵敏度和检测限	242
三、应用实例	242
习题	244

第十六章 原子荧光光谱法	245
第一节 概述	245
一、原子荧光光谱与原子荧光分析	245
二、原子荧光光谱法的特点	245
第二节 原子荧光光谱法的基本原理	246
一、原子荧光的类型	246
二、原子荧光光谱定量分析的基本公式	248
三、饱和荧光	248
四、荧光猝灭	249
第三节 仪器装置	249
一、原子荧光光谱仪的基本结构	249
二、多道原子荧光光谱仪	252
第四节 原子荧光分析中的干扰和消除	253
第五节 原子荧光分析方法	254
一、氢化物发生原子荧光光谱法	254
二、激光诱导原子荧光光谱法	255
第六节 原子荧光光谱法的应用	255
习题	256
第十七章 色谱分析法概论	258
第一节 概述	258
一、色谱法的发展	258
二、色谱法的分类	258
三、色谱法的基本原理	259
第二节 经典液相柱色谱法	260
一、吸附柱色谱法	260
二、分配柱色谱法	263
三、离子交换色谱法	263
四、尺寸排阻色谱法	264
第三节 平面色谱法	265
一、薄层色谱法	265
二、纸色谱法简介	270
习题	271
第十八章 气相色谱法	272
第一节 概述	272
一、气相色谱法的分类	272
二、气相色谱法的分析流程	272
三、气相色谱常用术语	273

第二节 气相色谱理论色谱分离条件的选择	275
一、塔板理论	275
二、速率理论	278
三、气相色谱分离条件的选择	280
第三节 色谱柱	283
一、气相色谱柱的分类	283
二、气相色谱固定相	283
三、填充色谱柱的制备	286
第四节 色谱检测器	287
一、检测器的性能指标	287
二、火焰离子化检测器	289
三、电子捕获检测器	291
四、火焰光度检测器	292
第五节 气相色谱定性定量分析	293
一、定性分析	293
二、定量分析	295
第六节 毛细管柱气相色谱法	298
一、概述	298
二、毛细管柱色谱法的基本原理	298
三、毛细管柱色谱操作条件的选择	298
四、毛细管色谱柱	299
五、毛细管柱气相色谱仪	301
六、毛细管色谱的应用	302
第七节 顶空气相色谱法	303
一、方法原理	303
二、顶空分析装置	304
三、影响顶空气相色谱法灵敏度的因素	304
四、误差来源及消除	305
五、顶空气相色谱法的应用	305
第八节 气相色谱法的特点和应用	306
一、气相色谱法的特点	306
二、气相色谱法的应用	306
习题	308
第十九章 高效液相色谱法	310
第一节 概述	310
一、高效液相色谱法的特点	310
二、高效液相色谱法的分类	311
第二节 高效液相色谱仪	311

一、高压输液系统	311
二、进样系统	313
三、分离系统	314
四、检测系统	314
五、数据处理系统	316
第三节 影响色谱峰展宽的因素及分离条件的选择	317
一、影响色谱峰展宽的因素	317
二、分离条件的选择	319
第四节 高效液相色谱固定相与流动相	320
一、固定相	320
二、流动相	322
第五节 高效液相色谱法的应用	324
习题	324
第二十章 离子色谱法	325
第一节 离子色谱仪	325
第二节 离子色谱法的基本原理及影响色谱峰展宽的因素	327
一、离子交换树脂的类型和选择性系数	327
二、离子色谱法的基本原理	328
三、影响色谱峰展宽的因素	331
第三节 色谱条件的选择	332
一、固定相的选择	332
二、色谱柱长度的选择	333
三、洗脱液的选择	334
四、洗脱液流速的选择	334
第四节 离子色谱法的应用	334
习题	335
第二十一章 其它仪器分析方法简介	337
第一节 电感耦合等离子体原子发射光谱法	337
一、概述	337
二、ICP-AES 的基本原理	337
三、ICP-AES 的仪器装置	338
四、ICP-AES 的应用和展望	340
第二节 流动注射分析法	340
一、流动注射分析法的基本原理	341
二、流动注射分析的装置	342
三、流动注射分析法的应用	345
四、流动注射分析法的特点	345