

医药高职高专教育系列教材

分析化学

FENXI HUAXUE

主编 郭航鸣

郑州大学出版社

 医药高职高专教育系列教材

分析化学

FENXI HUAXUE



主编 郭航鸣

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/郭航鸣主编. —郑州:郑州大学出版社,
2004. 8

(医药高职高专教育系列教材)

ISBN 7-81048-913-5

I. 分… II. 郭… III. 分析化学-高等学校:技术学校-
教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 074088 号

郑州大学出版社出版发行
郑州市大学路 40 号
全国新华书店经销
郑州文华印务有限公司印制
开本:787 mm × 1 092 mm
印张:21.5
字数:497 千字
版次:2004 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052
发行部电话:0371-6966070

1/16

印次:2004 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-81048-913-5/R·604 定价:32.00 元

本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换

《医药高职高专教育系列教材》编审委员会

主 任:林忠文 王自勇

副主任:胡 野 杨昌辉 李晓阳 张橡楠

秘 书:石海平

办公室主任:李喜婷

委 员:(以姓氏笔画为序)

马晓建 王自勇 刘志华 张少华 张橡楠

李晓阳 杨昌辉 沃联群 林忠文 胡 野

侯金萍 莫 薇 郭航鸣 高明灿 梁 平

《医药高职高专教育系列教材》参编单位

广西卫生管理干部学院

浙江医药高等专科学校

金华职业技术学院

焦作职工医学院

怀化医学高等专科学校

河南医药高级技工学校

长春医学高等专科学校

商丘医学高等专科学校

广东省肇庆卫生学校

编写委员会

主 编 郭航鸣

副主编 周知行 彭丽佳 廖朝东

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁 辉 叶素芳 张 莹 周知行

姚 立 郭航鸣 彭丽佳 蔡其洪

廖朝东

编写说明

为了适应高职高专快速发展和教学改革的需要,加强教材建设,提高教材质量,由郑州大学出版社牵头组织9所院校共同参加本套教材的编写工作,并于2003年10月、11月分别在郑州、南宁举行“医药高职高专教育系列教材建设研讨会”和“主编会议”。会上对教材的建设进行了深入、细致、全面的讨论,力求编写出鲜明的高职高专特色教材。

根据“教育部关于高职高专教育人才培养工作的意见”和“关于加强高职高专教材建设的若干意见”的精神,编写人员继续坚持“三基五性”(基本知识、基本理论和基本技能;科学性、先进性、系统性、思想性和实用性)的原则,基本理论和基本知识以“必需、够用”为度,强调以培养适应社会需要为目标、以培养技术应用能力为目的,充分考虑高职高专教育的针对性、应用性、职业性和继续教育性的特点,并注重了教材的整体优化、标准化、规范化。本套教材包括了药学专业的基础能力课程和专业能力课程,共计14种。可供药学、药物制剂、药品营销和其他相关专业使用。

由于教材总体设计变化大,涉及课程和内容的整合,加之编写时间仓促,编写水平有限,因而在内容和形式上难免有不妥之处,深望各位同仁和广大读者不吝指教。

林忠文
2004年5月

《医药高职高专教育系列教材》主编名单

教材名称	主 编
基础化学	石海平
分析化学	郭航鸣
正常人体学	杨昌辉
微生物学与免疫学基础	胡 野
生物化学与生化药品	陈电容
临床医学概论	程卫兵
药理学	范照东
天然药物学	罗国海
药物化学	马 英
药物分析	梁李广
天然药物化学	杨宏健
药剂学	刘蜀宝
药事管理学	黄敏琪
医药市场营销	罗国海

前 言

本书是由全国医学高职高专教育研究会组织编写的医药高职高专系列教材之一。主要供全国高等职业技术教育和普通高等专科学校教育药学、中药学和开设本课程的医学相关专业的学生使用,也可作为函大、夜大等成人高校相关专业的教材或教学参考书。

本书以贯彻落实国家教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为社会培养面向 21 世纪,满足医药卫生事业发展需要的高等技术应用型人才作为编写指导思想;确立全面素质观和能力本位观,认真把握“必需为先、够用为度”的原则,突出理论知识的应用性,重视培养学生解决实际问题的能力和终生学习的能力;注意与相关课程内容的衔接,避免知识的重复和脱节,并为后期课程的学习和工作实践打下良好基础。

本书内容由化学定量分析、仪器分析和分析化学实验三部分组成。根据高职高专学生的实际情况,本书在内容选择上力求简明扼要,突出重点。删去了化学分析中的定性分析内容;将分析天平的原理和构造等内容列入分析实验中介绍;删去了各章中部分较复杂的数学推导和较深奥的理论知识,体现知识的实用性;将仪器分析中高效液相色谱法、红外分光光度法、原子吸收分光光度法、核磁共振波谱法、质谱法和荧光分析法等现代仪器分析法的内容合为一章作简要介绍。书中各章都有应用实例,章末附有适量的思考题与习题,有助于对理论知识的理解和运用。

分析化学实验是分析化学的重要环节,为了加强学生实验技能的训练,书中共编入 20 个有代表性的实验,各学校可根据实际教学情况酌情选用。

本书采用了国家颁布的法定计量单位。

本书由郭航鸣(主编)、周知行、彭丽佳、廖朝东、丁辉、叶素芳、蔡其洪、张莹、姚立等同志共同编写,叶素芳同志担任编写组秘书,做了许多教材整理工作。在本书编写过程中,得到了主编单位金华职业技术学院和各编者学校的大力支持和帮助,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限和编写时间仓促,书中存在的欠缺和错误在所难免,恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

2004 年 4 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 分析化学方法的分类	1
一、定性分析、定量分析和结构分析	2
二、化学分析和仪器分析	2
三、常量、半微量、微量和超微量分析	3
第三节 分析化学的发展趋势	3
第四节 分析化学的学习方法	4
第二章 误差和分析数据的处理	5
第一节 误差及其产生的原因	5
一、误差的分类	5
二、误差的表示方法	6
三、提高分析结果准确度的方法	9
第二节 有效数字及其运算规则	10
一、有效数字的概念	10
二、数字的修约规则	10
三、有效数字的运算法则	11
四、有效数字在分析化学实验中的应用	11
第三节 统计学中的几个基本概念	12
一、测量值的集中趋势和分散程度	12
二、偶然误差的正态分布	12
三、标准正态分布曲线及其数学表达式	13
第四节 分析结果的数据处理	13
一、异常值的取舍	13
二、平均值的精密度和置信区间	16
三、显著性检验	17
第三章 重量分析法	21
第一节 沉淀法	21
一、沉淀法对沉淀形式和称量形式的要求	21

二、沉淀形态及其影响因素	22
三、沉淀的纯净	23
四、沉淀的条件	24
五、沉淀法的基本操作	25
六、沉淀法的结果计算	26
第二节 挥发法	27
一、直接法	27
二、间接法	27
第三节 萃取法	28
一、分配系数和分配比	28
二、萃取效率	28
第四章 滴定分析概论	31
第一节 概述	31
一、滴定分析法及其分类	31
二、滴定分析法对化学反应的要求及滴定方式	32
第二节 标准溶液	33
一、标准溶液浓度的表示方法	33
二、标准溶液的配制与标定	34
第三节 滴定分析的计算	35
一、滴定分析计算的依据	35
二、滴定分析计算实例	36
第五章 酸碱滴定法	41
第一节 水溶液中的酸碱平衡	41
一、酸碱质子理论	41
二、水的质子自递反应	42
三、共轭酸碱对的 K_a 与 K_b 及其相互关系	42
第二节 酸碱指示剂	44
一、酸碱指示剂的变色原理和变色范围	44
二、影响指示剂变色范围的因素	45
三、混合指示剂	46
第三节 酸碱滴定类型及指示剂的选择	47
一、强酸强碱的滴定	47
二、一元弱酸(弱碱)的滴定	50
三、多元酸(碱)的滴定	53
第四节 溶液中酸碱分布系数与终点误差	54
一、溶液中酸碱组分的分布	54
二、滴定终点误差	56

第五节 酸碱标准溶液的配制和标定	58
一、酸标准溶液	58
二、碱标准溶液	59
第六节 应用与示例	59
一、混合碱的分析	59
二、乙酰水杨酸(阿司匹林)的测定	60
三、药物中总氮测定	60
第六章 非水溶液中的酸碱滴定法	62
第一节 基本原理	62
一、溶剂的分类和选择	62
二、溶剂的性质	63
第二节 碱的滴定	66
一、溶剂的选择	66
二、标准溶液的配制与标定	66
三、指示剂	67
四、应用与示例	67
第三节 酸的滴定	68
一、溶剂的选择	68
二、标准溶液的配制与标定	69
三、指示剂	69
四、应用与示例	69
第七章 沉淀滴定法	71
第一节 银量法	71
一、滴定曲线	71
二、指示终点的方法	73
三、标准溶液的配制和标定	77
第二节 应用与示例	77
一、可溶性卤化物的测定	77
二、血清氯的测定	77
三、有机卤化物的测定	78
第八章 配位滴定法	80
第一节 EDTA 及其与金属离子的配位作用	80
第二节 配位平衡	81
一、配合物的稳定常数	81
二、配位反应的副反应及副反应系数	82
三、配合物的条件稳定常数	85
第三节 配位滴定的基本原理	86

一、滴定曲线·····	86
二、滴定条件的选择·····	90
三、金属指示剂·····	91
第四节 标准溶液·····	93
一、EDTA 标准溶液的配制与标定·····	93
二、锌标准溶液的配制与标定·····	94
第五节 应用与示例·····	94
一、滴定方式·····	94
二、应用与示例·····	96
第九章 氧化还原滴定法·····	99
第一节 氧化还原平衡·····	99
一、条件电位·····	99
二、氧化还原反应进行的方向·····	100
三、氧化还原反应进行的程度·····	101
四、氧化还原反应的速度·····	102
第二节 氧化还原滴定·····	103
一、滴定曲线·····	103
二、指示剂·····	105
第三节 碘量法·····	106
一、基本原理·····	106
二、指示剂·····	107
三、标准溶液·····	107
四、应用与示例·····	109
第四节 高锰酸钾法·····	110
一、基本原理·····	110
二、标准溶液·····	110
三、应用与示例·····	111
第五节 亚硝酸钠法·····	112
一、基本原理·····	112
二、指示剂·····	113
三、标准溶液·····	113
四、应用与示例·····	114
第六节 其他氧化还原滴定法·····	114
一、重铬酸钾法·····	114
二、硫酸铈法·····	114
三、溴酸钾法和溴量法·····	115

第十章 电位分析法	117
第一节 基本原理	117
一、参比电极	117
二、指示电极	119
第二节 定量分析方法	123
一、直接电位法	123
二、电位滴定法	125
第三节 永停滴定法	127
第十一章 紫外-可见分光光度法	131
第一节 概述	131
一、光的基本性质	131
二、光谱的产生	132
三、光谱法的分类	133
四、紫外-可见吸收光谱	135
第二节 基本原理	136
一、朗伯-比尔定律	136
二、吸光系数	137
三、偏离光吸收定律的因素	138
第三节 紫外-可见分光光度计	139
一、主要部件	139
二、分光光度计的类型	141
第四节 分析条件的选择	143
一、仪器测量条件的选择	143
二、显色反应条件的选择	144
三、参比溶液的选择	145
第五节 定性定量分析	146
一、定性鉴别	146
二、纯度检查	147
三、单组分样品的定量分析	148
四、多组分样品的定量分析	149
第六节 紫外吸收光谱与有机化合物分子结构的关系	152
一、基本概念	152
二、紫外光谱在有机化合物结构研究中的应用	156
第十二章 液相色谱法	159
第一节 概述	159
一、色谱法的产生及发展	159
二、色谱法的分类	160

三、色谱法的基本原理	161
第二节 柱色谱法	163
一、液-固吸附柱色谱法	163
二、液-液分配柱色谱法	167
三、离子交换柱色谱法	168
四、凝胶柱色谱法	170
第三节 薄层色谱法	171
一、分离原理	171
二、固定相的选择	172
三、展开剂的选择	172
四、操作方法	173
五、定性和定量分析	176
六、应用与示例	178
第四节 纸色谱法	179
一、基本原理	179
二、影响 R_f 值的因素	180
三、操作方法	181
第十三章 气相色谱法	183
第一节 概述	183
一、气相色谱法的特点	183
二、气相色谱法的分类	183
三、气相色谱法的一般流程	184
第二节 基本原理	184
一、基本概念	184
二、基本理论	187
第三节 气相色谱仪	190
一、载气系统	191
二、进样系统	191
三、色谱柱系统	192
四、检测系统	194
五、记录系统	197
六、温度控制系统	197
第四节 分离条件的选择	198
一、分离度及分离方程式	198
二、分离条件的选择	199
第五节 定性与定量分析	200
一、定性分析	200

二、定量分析	201
三、应用与示例	204
第十四章 其他几种仪器分析方法简介	206
第一节 高效液相色谱法	206
一、基本原理	206
二、固定相与流动相	207
三、高效液相色谱仪	209
四、定性与定量分析方法	212
第二节 红外分光光度法	213
一、基本原理	213
二、红外分光光度计及样品制备	218
三、光谱解析方法及示例	220
第三节 原子吸收分光光度法	222
一、基本原理	222
二、原子吸收分光光度计	223
三、定量方法及应用	225
第四节 核磁共振波谱法	225
一、基本原理	226
二、核磁共振仪	226
三、核磁共振氢谱与化学结构的关系	227
第五节 质谱法	230
一、基本原理	231
二、质谱仪	232
三、有机化合物的质谱分析	233
第六节 荧光分析法	234
一、基本概念	235
二、分子结构与荧光的关系	236
三、荧光分光光度计	236
四、定量分析方法及应用	237
第十五章 定量分析的一般步骤	239
第一节 取样	239
一、液体试样的取样	239
二、气体试样的取样	239
三、固体试样的取样	239
第二节 样品处理	240
一、溶解法	240
二、熔融法	241



三、有机试样的分解	241
第三节 干扰物质的分离与测定方法的选择	242
一、分离法	242
二、测定方法的选择	243
分析化学实验	245
实验一 分析天平的性能检查	245
【附一】 分析天平的结构与使用方法	247
【附二】 电子天平简介	252
实验二 分析天平的称量练习	254
实验三 滴定分析操作练习	255
【附】 滴定分析仪器和基本操作	257
实验四 酸碱标准溶液的配制与标定	262
【附】 滴定分析实验报告	265
实验五 醋酸的含量测定	266
实验六 双指示剂法测定混合碱的含量	267
实验七 醋酸钠含量的测定	269
实验八 硝酸银标准溶液的配制与标定	270
实验九 氯化铵的含量测定	272
实验十 直接法配制 EDTA 标准溶液	274
实验十一 水的总硬度测定, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量测定, 明矾含量的测定	275
实验十二 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	278
实验十三 间接碘量法测定铜盐的含量	280
实验十四 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	282
实验十五 过氧化氢的含量测定	283
实验十六 直接电位法测定溶液 pH 值	285
【附】 标准缓冲溶液的配制	288
实验十七 分光光度法测定水样中铁的含量	288
【附】 721 型分光光度计	291
实验十八 混合磺胺类药物的薄层分离与鉴定	292
实验十九 纸色谱法分离鉴定混合氨基酸	294
实验二十 气相色谱法测定苯	296
附录	298
一、国际相对原子质量	298
二、常见化合物的相对分子质量	301

三、弱酸、弱碱在水中的离解常数	304
四、难溶化合物的溶度积(K_{sp})	306
五、标准电极电位	307
六、氧化还原电对的条件电位	311
七、标准缓冲溶液的 pH 值	312
八、常用缓冲溶液的配制	312
九、常用基准物的干燥条件和应用	313
十、配位滴定有关常数	314
十一、主要基团的红外特征吸收峰	317
参考文献	325