

高等医药院校教材

医学化学

徐春祥 徐瑞兴 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部全国高等学校教学研究中心“面向 21 世纪中国高等学校医药类专业数理化学基础课程的创新与实践”国家级课题的研究成果。

本书包括无机化学、有机化学、定量分析化学的基本内容及实验。全书共 21 章和 14 个实验,理论内容在前,实验内容在后。本书既重视医学化学中的重要概念和基本知识,又吸收了国内外近几年出版的无机化学、有机化学和分析化学教材的新内容,同时也选择了一些与医学关系密切的相关内容。

本书可供高等医药院校医学各专业本科学生使用,也可供医学各专业专科学生和成人专科学使用。

图书在版编目(CIP)数据

医学化学 / 徐春祥,徐瑞兴主编. —北京:高等教育出版社, 2004. 6

ISBN 7-04-014453-0

I. 医... II. ①徐... ②徐... III. 医用化学—医学院校—教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 045622 号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 秦凤英 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 王效珍 责任印制

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787×960 1/16
印 张 22.75
字 数 430 000
插 页 1

版 次 年 月第 1 版
印 次 年 月第 1 次印刷
定 价 24.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

《医学化学》是教育部全国高等学校教学研究中心“21 世纪中国高等学校医药类专业数理化基础课程的创新与实践”国家级课题的研究成果。

为了适应 21 世纪高等医学教育的改革及现代医学飞速发展的需要,提高高等医学院校医学化学的教学水平,我们在总结多年教学经验的基础上编写了这本教材。在编写过程中,既重视了医学化学中的重要概念和基本知识,又吸收了国内外近几年出版的无机化学、分析化学和有机化学教材的新内容,同时还有意识地选择了一些与医学关系密切的相关内容。本书可供高等医药院校医学各专业本科学生使用,也可供医学各专业专科学生和成人专科学生使用。

本书内容由浅入深,循序渐进,重点突出,有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。为了强化课后训练,有利于所学知识的巩固和应用,本书增大了各章的习题量。

在使用本教材时,各院校可根据具体情况,在保证课程基本要求的前提下对内容斟酌取舍。本书的编排顺序只供参考,任课教师可自行安排。

本书采用中华人民共和国国家标准 GB 3100~3102—93《量和单位》所规定的符号和单位;化学名词采用全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》(科学出版社,1991 年第一版)所推荐的名称;配位化合物的命名及化学式的书写执行中国化学会 1980 年颁布的《化学命名原则》(科学出版社,1984 年第一版)的规定。热力学各有关数据主要取自《NBS 化学热力学性质表》(刘天和、赵梦月译,中国标准出版社,1998 年 6 月)和由此表数据计算得到的。

全书包括二十一章和十四个实验,由徐春祥、徐瑞兴主编。参加本书理论内容编写的有大连医科大学刘有训(第一章)、中国医科大学马汝海(第二章)、四川大学刘娅(第三章)、湖南师范大学彭夷安(第四章)、吉林大学王宝珍(第五章)、哈尔滨医科大学徐春祥(第六章)、内蒙古医学院乌恩(第七章)、包头医学院阎秀英(第八章)、河南大学李省(第九章)、河南科技大学顾少华(第十章)、内蒙古医学院陈其秀(第十一章)、哈尔滨医科大学孙学滨(第十二章)、河北工程学院王广斗(第十三章)、齐齐哈尔医学院刘亚琴(第十四章)、山西医科大学黄文(第十五章)、首都医科大学徐瑞兴(第十六章)、赣南医学院李青松(第十七章)、泸州医学院聂咏飞(第十八章)、川北医学院卿笑天(第十九章)、天津医科大学姜炜(第二十章)、中山大学黄爱东(第二十一章)。参加本书实验内容编写的有哈尔滨医科大学黄静、王英骥、齐炜,大连医科大学徐恒瑰,哈尔滨医科大学

分校张林娜,佳木斯大学张瑞仁,内蒙古医学院云学英、张振涛,包头医学院吴刚,承德医学院陈治宇,赣南医学院范小娜,华北煤炭医学院刘正猛,潍坊医学院张普庆,长治医学院刘海林。哈尔滨医科大学黄静编写了索引,哈尔滨医科大学王英骥和齐炜绘制了插图。

本书在编写时参考了部分已出版的高等学校的教材和有关著作,从中借鉴了许多有益的内容,在此向有关的作者和出版社表示感谢。

高等教育出版社理科分社化学化工策划部主任岳延陆编审为本书的编辑出版做了大量的工作。在此一并致以衷心的感谢!

为了便于教学,编写了与本书配套的《医学化学学习指导》,并配有《医学化学电子教案》和《医学化学试题库》光盘,均由高等教育出版社出版。

限于编者的水平,本书虽经过多次修改,但仍难免有错误和不当之处,恳切希望专家和同行及使用本书的教师和同学们提出宝贵的意见,以便重印或再版时改正。

编 者

2004 年 1 月

目 录

第一章 溶液和溶胶	1
第一节 分散系	1
第二节 混合物的常用组成标度	2
一、B 的质量分数	2
二、B 的体积分数	2
三、B 的分子浓度	3
四、B 的质量浓度	3
五、B 的物质的量浓度	4
第三节 溶液的渗透压力	5
一、渗透现象和渗透压力	5
二、渗透压力与浓度、温度的关系	6
三、渗透浓度	7
四、渗透压力在医学上的意义	8
第四节 溶胶	10
一、溶胶的性质	10
二、溶胶胶团的结构	12
三、溶胶的聚沉	13
四、溶胶的制备与净化	14
习题	15
第二章 化学反应速率和化学平衡	17
第一节 化学反应速率	17
一、化学反应的表示法和化学计量数	17
二、化学反应速率的表示方法	18
三、反应速率理论简介	19
四、影响化学反应速率的因素	20
第二节 化学平衡	23
一、可逆反应	23
二、化学平衡	24
三、标准平衡常数	24
四、可逆反应进行的方向	27

第三节 化学平衡的移动	28
一、浓度对化学平衡的影响	28
二、压力对化学平衡的影响	28
三、温度对化学平衡的影响	29
四、催化剂与化学平衡的关系	30
习题	30
第三章 酸碱解离平衡和沉淀—溶解平衡	33
第一节 酸碱质子理论	33
一、酸碱的定义	33
二、酸碱反应	34
第二节 水溶液中的酸碱平衡	34
一、水的质子自递反应	34
二、酸碱解离平衡	35
三、弱酸的标准解离常数与其共轭碱的标准解离常数的关系	36
第三节 酸碱溶液 pH 的计算	37
一、氢离子浓度和 pH	37
二、一元弱酸溶液 pH 的计算	39
三、一元弱碱溶液 pH 的计算	40
四、同离子效应和盐效应	40
第四节 缓冲溶液	42
一、缓冲溶液的组成及作用机理	42
二、缓冲溶液 pH 的计算	43
三、缓冲容量和缓冲区间	44
四、缓冲溶液的选择与配制	46
五、缓冲溶液在医学上的意义	47
第五节 难溶强电解质的沉淀—溶解平衡	48
一、标准溶度积常数	48
二、沉淀的生成和溶解	51
习题	55
第四章 氧化还原反应与电极电势	58
第一节 氧化还原反应的基本概念	58
一、氧化值	58
二、氧化剂与还原剂	59
三、氧化还原电对	60
第二节 原电池	60

第三节 电极电势	62
一、电极电势的产生	62
二、标准氢电极和标准电极电势	63
三、影响电极电势的因素	64
第四节 电极电势的应用	67
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	67
二、判断氧化还原反应的方向	67
三、计算原电池的电动势	68
第五节 电势法测定溶液的 pH	70
一、参比电极	70
二、指示电极	71
三、电势法测定溶液的 pH	71
习题	72
第五章 原子结构和分子结构	74
第一节 核外电子运动的特殊性	74
一、核外电子运动的量子化特征	74
二、核外电子运动的波粒二象性	76
第二节 核外电子运动状态的描述	76
一、波函数	76
二、氢原子的波函数的角度分布图和基态电子云图	78
第三节 核外电子的排布与元素周期表	80
一、近似能级图	80
二、核外电子的排布	81
三、原子的外层电子组态与元素的分区	85
四、元素性质的周期性变化	86
第四节 离子键	88
一、离子键的形成	89
二、离子键的特征	89
三、离子的特征	89
第五节 共价键	91
一、价键理论	91
二、价层电子对互斥理论	96
三、杂化轨道理论	98
第六节 分子间作用力和氢键	101
一、分子的极性	101

二、分子间作用力	102
三、氢键	103
习题	104
第六章 配位化合物	107
第一节 配位化合物的基本概念	107
一、配位化合物的定义	107
二、配位化合物的组成	108
三、配位化合物的命名	109
第二节 配位平衡	110
一、配位化合物的标准稳定常数	110
二、标准稳定常数的应用	111
三、配位平衡的移动	112
第三节 螯合物	113
第四节 配位化合物在医学上的应用	114
习题	115
第七章 滴定分析法	117
第一节 滴定分析法概述	117
一、滴定分析的过程和特点	117
二、滴定分析法的分类	118
三、标准溶液的配制	118
四、滴定分析的计算	119
五、误差和偏差	119
六、有效数字及其运算规则	121
第二节 酸碱滴定法	123
一、酸碱指示剂	123
二、酸碱滴定曲线与指示剂的选择	124
三、酸碱标准溶液的配制和标定	128
四、酸碱滴定法的应用	129
第三节 氧化还原滴定法	130
一、高锰酸钾法	130
二、碘量法	132
第四节 配位滴定法	135
一、EDTA 滴定法概述	135
二、EDTA 标准溶液的配制和标定	136
三、EDTA 滴定法的应用	136

习题	137
第八章 吸光光度法	139
第一节 吸光光度法概述	139
一、吸光光度法的特点	139
二、物质对光的选择性吸收	139
第二节 光的吸收定律	141
第三节 比色法与吸光光度法	142
一、比色法	142
二、吸光光度法	143
习题	144
第九章 烷烃	146
第一节 烷烃的结构	146
一、烷烃的结构	146
二、烷烃的同系列和通式	147
三、同分异构现象	147
第二节 烷烃的命名	150
一、普通命名法	150
二、系统命名法	151
第三节 烷烃的性质	152
一、烷烃的物理性质	152
二、烷烃的化学性质	154
习题	154
第十章 烯烃和炔烃	156
第一节 烯烃	156
一、烯烃的结构	156
二、烯烃的同分异构现象	157
三、烯烃的命名	158
四、顺反异构体的命名	158
五、烯烃的物理性质	159
六、烯烃的化学性质	160
第二节 二烯烃	162
一、二烯烃的分类	162
二、二烯烃的命名	162
三、1,3-丁二烯的结构	163
四、1,3-丁二烯的加成反应	163

五、与医学有关的共轭烯烃	164
第三节 炔烃	164
一、乙炔的结构	164
二、炔烃的命名	165
三、炔烃的物理性质	165
四、炔烃的化学性质	166
习题	167
第十一章 环烃	169
第一节 脂环烃	169
一、单环脂环烃的命名	169
二、环烷烃的物理性质	170
三、环烷烃的化学性质	170
第二节 芳香烃	171
一、芳香烃的分类	171
二、单环芳香烃的构造异构和命名	172
三、苯的结构	173
四、单环芳香烃的物理性质	174
五、单环芳香烃的化学性质	175
第三节 一些常见的环烃	177
习题	178
第十二章 对映异构	180
第一节 分子的手性和不对称性	180
一、手性分子和对映异构体	180
二、手性分子的不对称性	181
第二节 对映异构体的旋光性	182
一、偏振光和旋光性	182
二、旋光角和质量旋光本领	183
第三节 含有一个手性碳原子的化合物的对映异构	184
第四节 构型的标记法	185
一、D/L 构型命名法	185
二、R/S 构型命名法	186
第五节 含有两个手性碳原子的化合物的对映异构	187
一、含有两个不同手性碳原子的化合物的对映异构	187
二、含有两个相同手性碳原子的化合物的对映异构	187
习题	188

第十三章 卤代烃	190
第一节 卤代烃的分类与命名	190
一、卤代烃的分类	190
二、卤代烃的命名	191
第二节 卤代烃的物理性质	192
第三节 卤代烷的化学性质	193
一、卤代烷的取代反应	193
二、卤代烷的消除反应	194
三、卤代烷与金属镁反应	194
第四节 卤代烯烃和卤代芳香烃	195
一、卤代烯烃和卤代芳香烃的分类	195
二、卤代烯烃和卤代芳香烃中卤原子的活性	195
第五节 卤代烃的重要代表物	196
习题	197
第十四章 醇、酚、醚	199
第一节 醇	199
一、醇的分类与命名	199
二、醇的结构	200
三、醇的物理性质	201
四、醇的化学性质	202
第二节 酚	204
一、酚的分类与命名	204
二、苯酚的结构	205
三、酚的物理性质	206
四、酚的化学性质	206
第三节 醚	208
一、醚的分类与命名	208
二、醚的结构	209
三、醚的物理性质	209
四、醚的化学性质	210
第四节 与医学有关的代表物	211
习题	212
第十五章 醛和酮	215
第一节 醛和酮的分类与命名	215
一、醛和酮的分类	215

二、醛和酮的命名	216
第二节 醛和酮的结构	217
第三节 醛和酮的性质	218
一、醛和酮的物理性质	218
二、醛和酮的化学性质	218
第四节 与医学有关的代表物	222
习题	223
第十六章 羧酸与羧酸衍生物	225
第一节 羧酸	225
一、羧酸的分类与命名	225
二、羧酸的结构	226
三、羧酸的物理性质	227
四、羧酸的化学性质	228
第二节 取代酸	230
一、羟基酸	230
二、羧基酸	232
三、酮-烯醇互变异构	234
第三节 羧酸衍生物	234
一、羧酸衍生物的命名	235
二、羧酸衍生物的物理性质	236
三、羧酸衍生物的化学性质	236
第四节 与医学有关的代表物	237
习题	239
第十七章 有机含氮化合物	242
第一节 胺	242
一、胺的分类与命名	242
二、胺的结构	243
三、胺的物理性质	244
四、胺的化学性质	245
五、与医学有关的代表物	246
第二节 重氮化合物和偶氮化合物	247
一、重氮化合物的化学性质	247
二、偶氮化合物	249
习题	249
第十八章 杂环化合物	251

第一节 杂环化合物的分类与命名	251
一、杂环化合物的分类	251
二、杂环化合物的命名	252
第二节 重要的五元杂环化合物及其衍生物	252
一、吡咯的结构	252
二、重要的五元杂环化合物及其衍生物	253
第三节 重要的六元杂环化合物及其衍生物	255
一、吡啶的结构	255
二、重要的六元杂环化合物及其衍生物	255
第四节 嘌呤及其衍生物	257
第五节 生物碱	258
一、生物碱的概念	258
二、生物碱的一般性质	258
三、重要的生物碱	258
习题	260
第十九章 糖类	261
第一节 单糖	261
一、葡萄糖的结构	261
二、果糖的结构	264
三、单糖的化学性质	264
四、重要的单糖及其衍生物	266
第二节 二糖	267
一、还原性二糖	267
二、非还原性二糖	268
第三节 多糖	268
一、淀粉	268
二、糖原	269
三、纤维素	270
习题	270
第二十章 脂类	272
第一节 油脂	272
一、油脂的组成与命名	272
二、油脂的物理性质	273
三、油脂的化学性质	274
第二节 磷脂	275

一、卵磷脂	275
二、脑磷脂	275
第三节 甾族化合物	276
一、甾族化合物的基本结构	276
二、重要的甾族化合物	276
习题	277
第二十一章 氨基酸	279
第一节 氨基酸的结构与命名	279
一、氨基酸的结构	279
二、氨基酸的分类与命名	281
第二节 氨基酸的化学性质	282
一、氨基酸的两性	282
二、与亚硝酸反应	283
三、显色反应	283
习题	283
医学化学实验	285
医学化学实验基本操作和仪器使用	285
一、量筒的使用	285
二、容量分析仪器及其使用	285
三、分析天平的使用	290
实验一 酸碱解离平衡和沉淀-溶解平衡	293
实验二 氧化还原反应与电极电势	297
实验三 配位化合物的生成及其性质	301
实验四 分析天平称量练习	304
实验五 酸碱标准溶液的配制与标定	305
实验六 食用醋中醋酸质量浓度的测定	308
实验七 熔点的测定	309
实验八 常压蒸馏及沸点的测定	311
实验九 旋光角的测定	314
实验十 从茶叶中提取咖啡因	317
实验十一 色谱法	319
实验十二 辣椒中胡萝卜素及色素的萃取与分离	322
实验十三 乙酰水杨酸的制备	324
实验十四 有机化合物的官能团的鉴定	326
附录	332

附录一	弱酸的标准解离常数	332
附录二	标准溶度积常数	333
附录三	标准电极电势	334
附录四	某些配离子的标准稳定常数	335
附录五	常用酸碱指示剂	336
附录六	常见化合物的摩尔质量	337
索引		341
主要参考文献		347
元素周期表		

第一章 溶液和溶胶

混合物是指含有一种以上物质的气体、液体或固体。而溶液是指含有一种以上物质的液体或固体,其中水溶液与人类的关系最为密切。在生命的长期演化过程中,机体的新陈代谢、食物的消化和吸收、营养物质的输送及转化都是在水溶液中进行的。人体内的体液是由血液、尿液、细胞内液、胃液等组成。

溶胶在自然界尤其是生物界中普遍存在,它与人类的生活及环境有着非常密切的关系,工农业生产以及生物、医学等其他学科都与溶胶有关。因此,研究溶胶的性质具有重要意义。

第一节 分散系

在进行科学研究时,常把一部分物质从其余物质之中划分出来作为研究对象,这部分被划分出来作为研究对象的物质称为系统。

一种或一种以上物质分散在另一种物质中形成的系统称为分散系统,简称分散系。分散系中被分散的物质称为分散相,起分散作用的物质,也就是分散相周围的介质称为分散介质。例如,医学临床上使用的生理氯化钠溶液和葡萄糖注射液都是分散系,其中的氯化钠、葡萄糖是分散相,而水是分散介质。

按分散系中分散相粒子直径的大小分类,可把分散系分为粗分散系、胶体分散系和分子分散系,如表 1-1 所示。

粗分散系主要包括悬浊液和乳浊液。悬浊液是分散相以固体小颗粒分散在液体中形成的多相分散系,如浑浊的河水、泥浆等都是悬浊液。乳浊液是分散相以小液滴分散在另一种液体中形成的多相分散系,如牛奶、某些杀虫剂的乳化液等都是乳浊液。

胶体分散系包括胶体溶液(简称溶胶)和高分子溶液。溶胶的分散相粒子是由许多个小分子或小离子组成的聚集体,分散相与分散介质之间存在着界面。溶胶是高度分散的多相系统,具有很大的表面积和很高的表面能,是不稳定系

表 1-1 分散系按分散相粒子的大小分类

分散相粒子直径	分散系类型		分散相粒子的组成	实 例
< 1 nm	分子分散系		小分子或小离子	生理盐水、葡萄糖溶液
1 ~ 100 nm	胶体分散系	溶胶	胶粒(分子、离子、原子的聚集体)	氢氧化铁溶胶 硫化砷溶胶
		高分子溶液	高分子	蛋白质溶液 核酸溶液
> 100 nm	粗分散系		粗粒子	泥浆、牛奶

统。高分子溶液的分散相粒子是单个的大分子或大离子,分散相能自动均匀地分散到分散介质中,分散相与分散介质之间没有界面。高分子溶液是单相稳定系统。

分子分散系又称真溶液,简称溶液。溶液是分散相以单个小分子或小离子的形式均匀地分散在分散介质中形成的分散系。溶液是一种高度分散的单相系统,它的稳定性很高。习惯上把溶液中的分散相称为溶质,把分散介质称为溶剂。水是一种最常用的溶剂,未指明溶剂的溶液就是水溶液。

第二节 混合物的常用组成标度

混合物的某些性质随其组成的不同而异。医学上常用的混合物的组成标度有以下几种。

一、B 的质量分数

B 的质量分数用符号 w_B 表示,定义为 B 的质量(m_B)与混合物的质量(m)之比:

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-1)$$

w_B 的 SI 单位是 1,可以用百分数表示。

例 1-1 将 500 g 蔗糖溶于水配制成 850 g 糖浆,计算此糖浆中蔗糖的质量分数。

解:据式(1-1),该糖浆中蔗糖的质量分数为

$$w_{\text{蔗糖}} = \frac{m_{\text{蔗糖}}}{m_{\text{溶液}}} = \frac{500 \text{ g}}{850 \text{ g}} = 0.588$$