

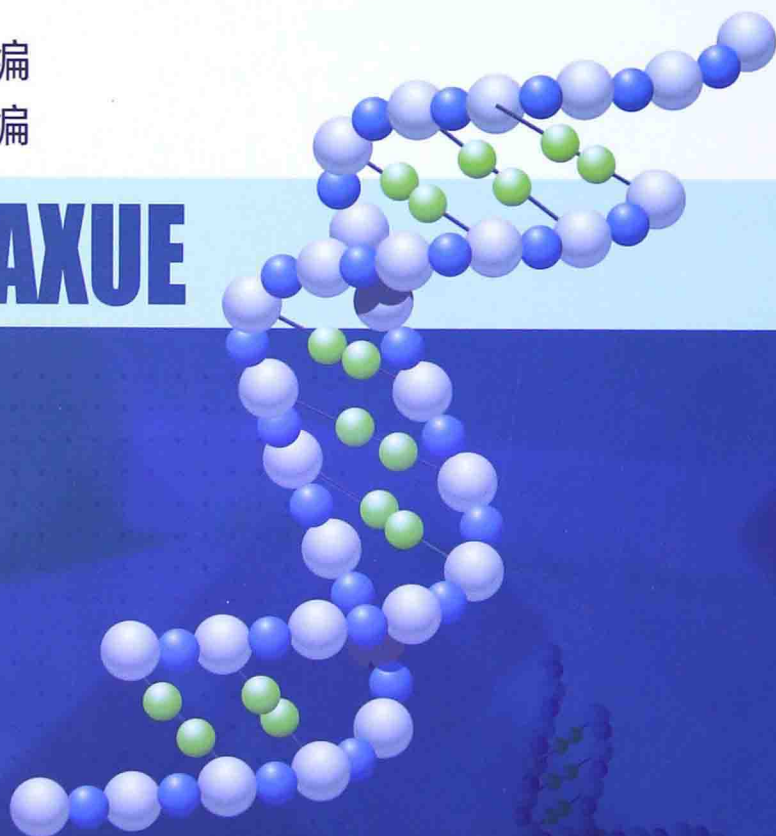
高等学校“十二五”规划教材

医用化学

第二版

游文玮 何 炜 主 编
唐中坤 王海波 副主编

YIYONG HUAXUE



化学工业出版社

高等学校“十二五”规划教材

医用化学

第二版

游文玮 何 炜 主 编
唐中坤 王海波 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共 21 章, 分上、下两篇。上篇为化学基础部分, 主要介绍溶液、电解质溶液、缓冲溶液、原子结构和分子结构、配位化合物、氧化还原与电极电位、滴定分析法、比色分析法、胶体分散系等化学基础理论和基本概念; 下篇为有机化学部分, 按官能团分类法划分章节, 主要有链烃、环烃、卤代烃、醇酚醚、醛酮醌、羧酸及其衍生物、取代羧酸和旋光异构、含氮有机化合物、杂环化合物和生物碱、脂类化合物、糖类化合物等, 每章从各类化合物的分子结构入手, 着重阐明化合物的结构和性质。全书内容适量、简明扼要、重点突出, 并注意与医学类专业的结合和联系。每章后有大量习题, 方便复习巩固之用。

本书可作为临床医学、医学影像、预防医学、护理学、中医学等专业短学制本科、专升本、专科的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

医用化学/游文玮, 何炜主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2014. 7

高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-20685-5

I. ①医… II. ①游…②何… III. ①医用化学-高等学校-教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 099723 号

责任编辑: 宋林青

装帧设计: 史利平

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20¼ 彩插 1 字数 496 千字 2014 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

《医用化学》（第二版）编写人员

主 编 游文玮 何 炜

副 主 编 唐中坤 王海波

编写人员 （以姓氏笔画为序）

王巧峰 王全军 王希军 王海波

朱修援 何 炜 钟 凡 洪 霞

徐建明 唐中坤 高 鹏 谢 扬

覃 军 路新卫 游文玮

再版说明

《医用化学》在多年使用过程中，受到了广大师生的一致好评，普遍反映该教材内容选择恰当、章节编排合理、叙述深入浅出、简明扼要、通俗易懂，突出了《医用化学》这门课程的特色。唯一不足之处是书后习题题型稍显单一，对学生掌握基础理论、基础知识的自我检查作用不够。为了扬长避短，更好地发挥本教材的积极作用，特对第一版进行了修订。

本版教材保持了第一版简明扼要、突出医用化学特色的风格，第一版基本内容、基本结构、专业术语和量的符号、图表格式不变，对章节具体内容做了少量修订或修正。每章章首增加了“内容提要”，章末增加了“本章要求”，便于学生复习时掌握重点。增加了每章后习题题型，以利于学生更好地理解并掌握各知识点。

本次修订工作由南方医科大学、第四军医大学、井冈山大学、赣南医学院、白求恩医学院等单位共同完成。在征求各单位意见的基础上各单位编委与第一版教材有所变动。

感谢《医用化学》第一版所有编委的辛勤付出！感谢使用并对本教材的修订提出宝贵意见的各位老师和同学！

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，诚请使用本教材的教师及广大读者给予批评指正。

编者

2014年4月

第一版前言

Preface

本教材是在四所军医大学及白求恩医学院多年医用化学教学实践的基础上集体编写的。在本书的编写过程中，始终坚持实事求是、理论联系实际的原则，注重教材的思想性、科学性、先进性和适用性；在强调化学基础理论和基础知识的同时，力求突出医用化学的特点，并注意了与中学化学教材的衔接及医学后续课程的联系。

全书共二十一章，分上下两篇，上篇为基础化学部分，主要介绍溶液、电解质溶液、缓冲溶液、原子结构与分子结构、配位化合物、氧化还原与电极电位、胶体分散系、滴定分析及比色分析等无机化学和分析化学的部分基础理论和基本概念。下篇为有机化学部分，按照传统的官能团分类方法划分章节，主要内容有链烃、环烃、卤代烃、醇酚醚、醛酮醌、羧酸及其衍生物、取代羧酸和旋光异构、含氮有机化合物、杂环化合物和生物碱、脂类和甾族化合物及糖类化合物；重点介绍有机化学的基本概念、基本理论、经验规则以及各类化合物的化学性质，从各类化合物分子结构入手，着重阐明化合物的结构和性质的关系。全书内容适量，广度、深度适中，并坚持由浅入深、循序渐进的原则，重点突出，简明扼要，通俗易懂。

本书主要单位均采用国家法定计量单位；有关化学术语以科学出版社《英汉化学化工词汇》（2000年第四版）为准；化合物的命名依据中国化学会《有机化学命名原则》（1980年）及全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》（1991年）。

在本教材即将出版之际，我们要特别感谢第一军医大学的崔铭玉教授和周慈麟教授，第二军医大学的李鸿勋教授和赵德山教授，第三军医大学的李怀德教授、李文津教授和赵恒教授，第四军医大学的刘有初教授、许自超教授和骆文博教授。他们对本书的出版给予许多的指导、支持和帮助，他们丰富的教学经验和深厚的学术造诣使我们受益匪浅。正是由于他们的热情关心和通力合作，才使得本书得以顺利出版。

由于编者水平有限，书中错误和疏漏之处，诚请使用本教材的教师及广大读者给予批评指正。

编者

2002年4月

目 录

Contents

上 篇

◎ 第一章 溶液	1
第一节 溶液的组成量度	1
一、溶液的组成量度表示法	1
二、溶液的配制	3
第二节 气体在液体中的溶解度	4
一、分压定律	4
二、亨利定律	5
三、气体吸收系数	5
第三节 溶液的渗透压	6
一、渗透现象和渗透压	6
二、渗透压与浓度、温度的关系	7
三、渗透压在医学上的意义	8
本章要求	11
习题	11
◎ 第二章 电解质溶液	14
第一节 电解质在溶液中的离解	14
一、一元弱酸弱碱的离解平衡	14
二、强电解质在溶液中的离解	17
第二节 酸碱质子理论	20
一、酸碱概念	20
二、共轭酸碱的强弱	21
三、酸碱反应	22
第三节 溶液的 pH 值计算	22
一、水的离子积	22
二、溶液的 pH 值计算	24
第四节 沉淀-溶解平衡	25
一、溶度积	25
二、溶度积规则	27

三、影响微溶电解质溶解度的因素	28
本章要求	29
习题	29
◎ 第三章 缓冲溶液	33
第一节 缓冲作用	33
一、缓冲溶液的组成	33
二、缓冲溶液的作用原理	34
第二节 缓冲溶液的 pH 值	35
一、亨德森-哈塞尔巴赫方程式	35
二、缓冲溶液 pH 值的计算	35
第三节 缓冲容量	36
一、缓冲容量	36
二、影响缓冲容量的因素	36
三、缓冲溶液的配制	37
四、缓冲溶液在医学上的意义	38
本章要求	38
习题	39
◎ 第四章 原子结构和分子结构	41
第一节 原子结构	41
一、核外电子运动的特征	41
二、核外电子的运动状态	42
三、核外电子的排布规律	44
四、元素的电负性	46
第二节 分子结构	46
一、化学键的概念	46
二、杂化轨道理论	49
第三节 分子间作用力	51
一、范德华力	51
二、氢键	54
本章要求	55
习题	55
◎ 第五章 配位化合物	58
第一节 配合物的基本概念	58
一、配合物的定义	58
二、配合物的组成	59
三、配合物的命名	59
第二节 配合物的配位键理论	60
一、配位键理论的基本要点	60

二、应用举例	61
第三节 配位平衡	62
一、配离子的离解平衡	62
二、配合平衡的移动	63
第四节 螯合物	64
一、螯合物的概念	64
二、螯合物在医学上的应用	65
本章要求	65
习题	65
◎ 第六章 氧化还原与电极电位	67
第一节 氧化还原反应	67
一、氧化还原的概念	67
二、氧化还原方程式的配平	69
第二节 电极电位	70
一、原电池	70
二、电极电位的产生	72
三、电极电位的测定	73
四、影响电极电位的因素	75
第三节 电极电位的应用	77
一、判断氧化还原反应自发进行的方向	77
二、判断氧化还原反应进行的程度	77
三、电位法测定溶液的 pH 值	78
本章要求	80
习题	81
◎ 第七章 滴定分析法	84
第一节 滴定分析法简介	84
一、滴定分析法的特点和方法	84
二、滴定分析法的操作程序	85
三、滴定分析的计算方法	85
四、有效数字和计算规则	87
五、滴定分析法的误差	88
第二节 酸碱滴定法	89
一、酸碱指示剂	89
二、滴定曲线与指示剂的选择	90
三、酸碱滴定法的应用实例	93
本章要求	94
习题	94
◎ 第八章 比色分析法	97
第一节 比色分析法的基本原理	97

一、物质的颜色和光的关系	97
二、朗伯-比尔 (Lambert-Beer) 定律	98
第二节 比色分析的测定方法 and 应用	99
一、目视比色法	99
二、分光光度法	100
本章要求	103
习题	103
◎ 第九章 胶体分散系	104
第一节 分散系	104
一、基本概念	104
二、分散系的分类	104
第二节 界面现象	105
一、表面积和比表面积	106
二、表面能、比表面能和表面张力	106
三、吸附	107
四、表面活性物质	109
第三节 溶胶	109
一、胶体分散系的分类	109
二、胶体分散系的基本特性	110
三、溶胶的性质	110
四、溶胶的稳定和聚沉	111
第四节 高分子化合物溶液	113
一、高分子化合物的概念	113
二、高分子化合物溶液的性质	113
第五节 凝胶	114
一、凝胶的形成	114
二、弹性凝胶与非弹性凝胶	115
三、凝胶的性质	115
本章要求	116
习题	116

下 篇

◎ 第十章 有机化合物概述	118
一、有机化学和有机化合物	118
二、有机化学与医学	119
三、组成有机化合物的化学键——共价键	120
四、有机化合物分子的结构	120
五、共价键参数	121
六、共价键的断裂和反应类型	122

七、有机化合物的分类	124
本章要求	125
习题	125
◎ 第十一章 链烃	127
第一节 链烃的结构、异构现象和命名	127
一、链烃的结构	127
二、共轭二烯烃的结构	131
三、链烃的异构现象	132
四、链烃的命名	135
第二节 链烃的性质	139
一、链烃的物理性质	139
二、链烃的化学性质	140
第三节 链烃的反应历程	145
一、反应历程	145
二、诱导效应和共轭效应	148
本章要求	150
习题	150
◎ 第十二章 环烃	152
第一节 脂环烃	152
一、脂环烃的分类和命名	152
二、环烷烃的结构	153
三、脂环烃的性质	156
四、萜类化合物	157
第二节 芳香烃	158
一、苯的结构	159
二、苯的同系物的异构现象和命名	160
三、苯及其同系物的性质	161
四、苯环上亲电取代反应的历程	165
五、苯环上亲电取代反应的定位规律	166
六、苯及其主要同系物	168
第三节 多环芳香烃	169
一、萘	169
二、蒽和菲	170
三、致癌烃	171
本章要求	171
习题	171
◎ 第十三章 卤代烃	174
一、卤代烃的分类和命名	174

二、卤代烃的物理性质	175
三、卤代烃的化学性质	175
四、重要的卤代烃	177
本章要求	177
习题	177
◎ 第十四章 醇、酚、醚	180
第一节 醇	180
一、醇的分类和命名	180
二、醇的物理性质	181
三、醇的化学性质	182
四、重要的醇	185
第二节 酚	186
一、酚的分类和命名	186
二、酚的物理性质	187
三、酚的化学性质	187
四、重要的酚	189
第三节 醚	190
一、醚的结构、分类和命名	190
二、醚的物理性质	190
三、醚的化学性质	190
四、冠醚	191
第四节 硫醇和硫醚	191
一、硫醇、硫醚的结构和命名	191
二、硫醇、硫醚的物理性质	192
三、硫醇的化学性质	192
四、硫醚的化学性质	193
本章要求	194
习题	194
◎ 第十五章 醛、酮、醌	197
第一节 醛和酮	197
一、醛和酮的构造和分类	197
二、醛和酮的命名	198
三、醛和酮的物理性质	199
四、醛和酮的化学性质	199
五、重要的醛和酮	205
第二节 醌	206
一、醌的构造和命名	206
二、醌的化学性质	206
三、重要的醌类化合物	207

本章要求·····	208
习题·····	208
◎ 第十六章 羧酸及其衍生物 ·····	211
第一节 羧酸·····	211
一、羧酸的构造和分类·····	211
二、羧酸的命名·····	212
三、羧酸的物理性质·····	213
四、羧酸的化学性质·····	214
五、重要的羧酸·····	217
第二节 羧酸衍生物·····	218
一、酰卤、酸酐、羧酸酯的构造和命名·····	218
二、酰卤、酸酐、羧酸酯的物理性质·····	218
三、酰卤、酸酐、羧酸酯的化学性质·····	219
四、重要的羧酸衍生物·····	220
本章要求·····	220
习题·····	221
◎ 第十七章 取代羧酸和旋光异构 ·····	223
第一节 羟基酸·····	223
一、羟基酸的构造、分类及命名·····	223
二、羟基酸的物理性质·····	224
三、羟基酸的化学性质·····	224
四、重要的羟基酸·····	226
第二节 氧代酸·····	227
一、氧代酸的构造及命名·····	227
二、氧代酸的化学性质·····	228
三、互变异构现象·····	228
四、重要的氧代酸·····	229
第三节 旋光异构现象·····	229
一、平面偏振光和物质的旋光性·····	230
二、化合物的旋光性与其结构的关系·····	231
三、旋光异构体的构型·····	232
四、含两个手性碳原子的分子·····	235
五、旋光异构在医学上的意义·····	237
本章要求·····	237
习题·····	238
◎ 第十八章 含氮有机化合物 ·····	241
第一节 胺类·····	241
一、胺的构造、分类和命名·····	242

二、胺的性质·····	243
三、重要的胺及其衍生物·····	247
第二节 酰胺·····	247
一、酰胺的构造和命名·····	247
二、酰胺的性质·····	248
三、重要的酰胺及其衍生物·····	249
第三节 氨基酸·····	252
一、氨基酸的构造、构型及分类、命名·····	252
二、氨基酸的性质·····	254
本章要求·····	257
习题·····	257
◎ 第十九章 杂环化合物和生物碱·····	259
第一节 杂环化合物·····	259
一、杂环化合物的分类和命名·····	259
二、杂环化合物的结构·····	260
三、重要的含氮杂环化合物·····	261
第二节 生物碱·····	264
一、概述·····	264
二、生物碱的分类和命名·····	264
三、生物碱的一般提取方法·····	264
四、生物碱的一般性质·····	264
五、重要的生物碱·····	265
本章要求·····	267
习题·····	267
◎ 第二十章 脂类化合物·····	269
第一节 油脂·····	269
一、油脂的组成·····	269
二、油脂的物理性质·····	271
三、油脂的化学性质·····	271
第二节 类脂·····	272
一、磷脂·····	272
二、糖脂·····	274
三、甾族化合物·····	274
本章要求·····	278
习题·····	278
◎ 第二十一章 糖类化合物·····	280
第一节 单糖·····	280
一、单糖的结构·····	281

二、单糖的性质·····	285
三、重要的单糖及其衍生物·····	288
第二节 二糖·····	290
一、二糖的结构和化学性质·····	290
二、重要的二糖·····	290
第三节 多糖·····	292
一、多糖的结构·····	292
二、重要的多糖·····	292
本章要求·····	297
习题·····	297
◎ 附录 ·····	299
附录一 有关计量单位·····	299
附录二 一些基本的物理常数·····	300
附录三 常用酸碱的质量分数和相对密度 (20℃) ·····	300
附录四 常用酸碱的浓度·····	301
附录五 弱酸弱碱在水中的离解常数·····	302
附录六 微溶电解质的溶度积 (K_{sp}) ·····	303
附录七 各种 pH 值的缓冲溶液 ·····	304
附录八 一些常见配离子的稳定常数 ($K_{稳}$) ·····	306
附录九 原子的电子层结构·····	306
附录十 希腊字母表·····	309
◎ 参考文献 ·····	310

上篇

第一章 溶 液

内容提要

本章介绍溶液的概念、溶液的组成量度表示法（物质的量浓度、质量摩尔浓度、质量分数、体积分数、摩尔分数、质量浓度等）、气体在液体中的溶解度，重点讨论溶液的渗透压及其在医学上的意义等。

溶液（solution）是由两种或多种组分所组成的均匀体系。溶液对于科学研究、生命现象都具有重要意义。人的体液多是溶液，医疗用药也多以溶液的形式或在体液内溶解后形成溶液而发挥其效应。溶液与医学的联系极其密切，对于学习医学的人来说，了解有关溶液的物理和化学性质是非常必要的。

本章主要讨论有关溶液的概念、溶液的组成量度及渗透压。

第一节 溶液的组成量度

溶液的组成量度旧称溶液的浓度。

溶液是由**溶质**（solute）和**溶剂**（solvent）组成的，溶液的性质常常与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。给患者输液或用药时，必须规定药液的量度和用量。药液过稀，不会产生明显的疗效，药液过浓，对人体有害，甚至会危及患者的生命安全。

一、溶液的组成量度表示法

物质的量和质量是国际单位制（SI）规定的基本量中的两个物理量，SI规定：质量的单位为千克（kg），而物质的量的单位是摩尔（符号为mol）。“一摩尔任何物质所含有的基本单元数与 $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 的原子数相等。”已知， $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 中含有的原子数为阿佛加德罗常数 N_A （ $6.023 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ ）。也就是说，一摩尔任何物质均含有 N_A 个基本单元。在使用摩尔时应指明基本单元。它可以是原子、分子、离子、电子或其他粒子或这些粒子的特定组合。因此，物质的量和质量完全属于两个不同的概念。

溶液的组成量度，表示在一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。在医学界，过去根据不同

的需要,曾用物质的量浓度、质量摩尔浓度、当量浓度、比例浓度和百分比浓度等表示。现在应使用法定计量单位,世界卫生组织建议:①凡是已知相对分子质量的物质在人体内的含量,都应当用物质的量浓度单位取代旧单位制所表示的质量浓度单位;②人体体液中有少数物质的相对分子质量还未精确测得,因而不能用物质的量浓度表示其在人体内的含量,可以暂用质量浓度表示;③通常用升(L)作为体积单位。

1. 物质的量浓度

溶液中某溶质B的物质的量浓度,简称B的浓度,是指单位体积溶液中所含溶质B的物质的量,用符号 c_B 、 $c(B)$ 或 $[B]$ 表示。

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

式中, n_B 是溶质B物质的量,其单位是摩尔(mol); V 是溶液的体积,单位用升(L)表示。在说明 c_B 时,也应同时指明基本单元。例如, H_2SO_4 的物质的量浓度 $c(H_2SO_4) = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$; $c(H^+)$ 或 $[H^+] = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 。又如, $c\left(\frac{1}{2} H_2SO_4\right) = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 等。括号中的符号表示物质的基本单元。

必须注意,凡是说到溶质B的浓度就是专指B的物质的量浓度。

2. 质量摩尔浓度

溶液中某溶质B的物质的量除以溶剂的质量,称为该溶质的质量摩尔浓度。单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,符号为 b_B 或 $b(B)$ 。

$$b_B = \frac{n_B}{m}$$

式中, m 为该溶剂的质量,以千克(kg)作单位; n_B 是溶质B的物质的量。

质量摩尔浓度的优点是其数值不受温度的影响。对于极稀的水溶液来说,物质的量浓度与质量摩尔浓度的数值几乎相等。

3. 质量分数、体积分数和摩尔分数

(1) 质量分数 溶质的质量与溶液的质量之比。用符号 w_B 或 $w(B)$ 表示,量纲为1。

$$w_B = \frac{m_B}{m}$$

(2) 体积分数 溶质的体积与溶液的体积之比。用符号 φ_B 或 $\varphi(B)$ 表示,量纲为1。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

过去常用的质量百分浓度和体积百分浓度不是法定计量单位,应尽量避免使用。例如, HCl 在水中的质量百分浓度为37%,可改成 HCl 在水中的质量分数为0.37或 $w(HCl) = 0.37$ 。又如,乙醇在水中的体积百分浓度为75%,可改成乙醇在水中的体积分数为0.75或 $\varphi(C_2H_5OH) = 0.75$ 。

(3) 摩尔分数 某物质B的物质的量与混合物(溶液)总的物质的量之比。用符号 x_B 或 $x(B)$ 表示,量纲为1。

$$x_B = \frac{n_B}{n}$$

4. 质量浓度

溶质B的质量除以溶液的总体积。用符号 ρ_B 或 $\rho(B)$ 表示,基本单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。常用