

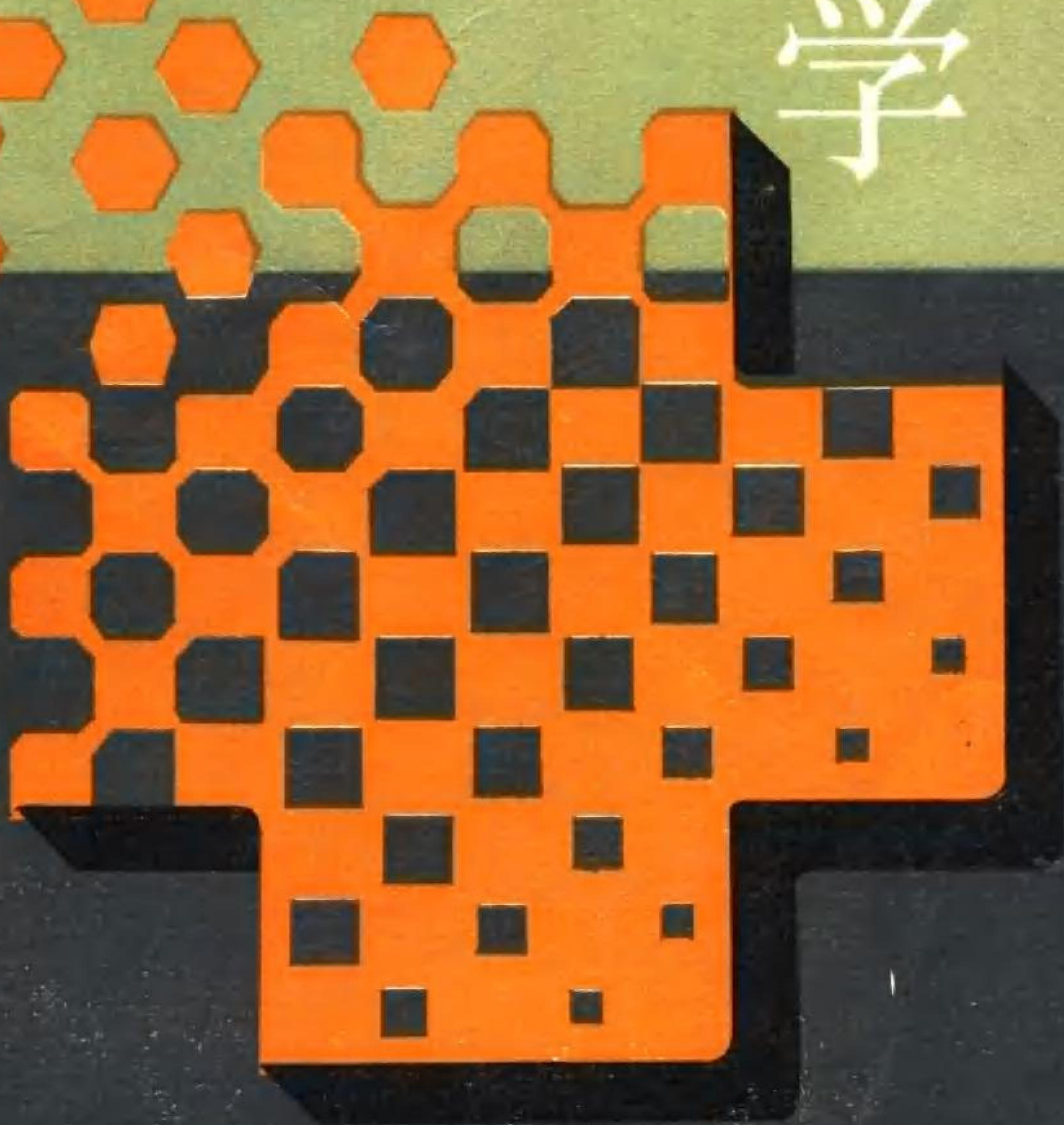
● 高等医学专科教材

医用化学

● YIYONG HUAXUE

● 李怀德 崔铭玉 主编

● 赵德山 郭正仁 副主编



高等教育出版社

高等医学专科教材

医 用 化 学

李怀德 崔铭玉 主编

赵德山 郭正仁 副主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是由国内四所军医大学的部分教师总结了多年的医用化学教学经验共同编写的。

全书共21章,分为两大部分,即基础化学部分(无机及分析)和有机化学部分。基础部分着重介绍溶液、电解质溶液, pH值与缓冲溶液等化学基础理论;有机部分主要介绍有机化合物官能团的特点及结构与性质的关系,并注意到医学类专业的需要。

本书可作为三年制临床医学、预防医学、病检等专业的教材,亦可作为护理大专学员学习医用化学的教材。

本书经北京化工学院张黯教授审稿。

高等医学专科教材

医 用 化 学

李怀德 崔铭玉 主 编

赵德山 郭正仁 副主编

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

中国科学院印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 22.5 插页 1 字数 560 000

1994年10月第1版 1994年10月第1次印刷

印数 0001—7 485

ISBN7-04-004973-2/O·1361

定价 11.30 元

前 言

随着教育事业的迅速发展及教学改革不断深化,第一军医大学、第二军医大学、第三军医大学、第四军医大学化学教研室的部分教师根据总后卫生部新编医用化学教学大纲,在对多年来进行医用化学教学实践经验总结的基础上,合编了这本《医用化学》。这是一本供三年制临床医学、预防医学、病检、医检等专业及护理大专学员学习医用化学的教材。

在本书的编写过程中,我们坚持了实事求是、理论联系实际及“四性”(即思想性、先进性、科学性、适用性)原则,力求突出医用化学特色,体现大专特点,注意了与中学化学教材的衔接及与后续课程的联系。

全书共二十一章,其内容由两大部分(即基础化学部分和有机化学部分)组成。第一至九章为基础化学部分,考虑到本书内容的前后衔接及后期课程的需要,故简要地介绍了原子结构、分子结构及比色分析等,书中并突出了溶液中各种平衡理论。这部分的内容包括溶液、电解质溶液、pH值与缓冲溶液、原子结构和分子结构、配位化合物、氧化还原与电极电位、容量分析、比色分析、胶体溶液。第十至二十一章为有机化学部分,在内容的选定和编排上,既考虑了有机化学的特点,又注意了医用的需要,坚持由浅入深、循序渐进的原则,广度、深度适中。书中突出了各类有机化合物官能团的特点及结构与性质的关系,并注重从结构的角度简明扼要地阐述了各类有机化合物的理化性质及其变化规律。对比较成熟的电子理论、反应历程,立体化学知识作了一定的介绍。

本书将主要单位采用SI单位。

本书每章后都附有习题,供学员在复习时抓住重点、进行练习。

本书由主编李怀德、崔铭玉负责统稿和定稿。主编、副主编均按姓氏笔画为序。

由于编者水平有限,书中错误、不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1983年7月

目 录

第一章 溶液	1
第一节 溶解度	1
一、固体在液体中的溶解度	1
二、气体在液体中的溶解度	2
(一) 分压定律	2
(二) 亨利定律	3
(三) 气体吸收系数	3
三、液体在液体中的溶解度	4
第二节 溶液的组成量度	5
一、溶液的组成量度表示法	5
(一) 物质的量浓度	5
(二) 质量摩尔浓度	6
(三) 百分浓度	6
二、溶液的配制	6
第三节 溶液的渗透压	7
一、渗透现象和渗透压	7
二、渗透压与浓度、温度的关系	8
三、渗透压在医学上的意义	9
(一) 等渗、低渗、高渗溶液	9
(二) 毫渗透量浓度	10
(三) 晶体渗透压和胶体渗透压	11
习题	12
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
(一) 离解度和离解常数	14
(二) 影响离解平衡的因素	16
二、多元酸碱在溶液中的离解	16
三、强电解质在溶液中的离解	18
(一) 离子互吸学说	18
(二) 离子活度和活度系数	19
(三) 离子强度	19
第二节 酸碱质子理论	21
一、酸碱概念	21
二、共轭酸碱的强弱	22
三、酸碱反应	23

第三节 沉淀-溶解平衡	23
一、溶度积	23
二、影响微溶电解质溶解度的因素	25
(一) 同离子效应	25
(二) 盐效应	25
三、沉淀的生成和溶解	26
(一) 沉淀的生成	26
(二) 沉淀的溶解	27
习题	28
第三章 pH值与缓冲溶液	30
第一节 水的离子积和溶液的pH值	30
一、水的离子积	30
二、溶液的pH值	31
三、pH值在医学上的应用	33
第二节 酸碱指示剂	33
一、指示剂的变色原理	33
二、指示剂的变色范围和变色点	34
第三节 盐类溶液的pH值	35
一、强碱弱酸盐溶液的pH值	36
二、强酸弱碱盐溶液的pH值	37
三、两性物质溶液的pH值	37
(一) 多元酸酸式盐溶液的pH值	37
(二) 弱酸弱碱盐溶液的pH值	38
第四节 缓冲溶液	38
一、缓冲溶液与缓冲作用原理	38
(一) 缓冲作用与缓冲溶液	38
(二) 缓冲溶液的组成	38
(三) 缓冲溶液的作用原理	39
二、缓冲溶液pH值的计算	40
(一) 亨德森方程式	40
(二) 缓冲溶液pH值计算举例	41
三、缓冲容量与缓冲范围	42
(一) 缓冲容量	42
(二) 影响缓冲容量的因素	42
四、缓冲溶液的配制	44
五、缓冲溶液在医学上的意义	46

习题	47
第四章 原子结构和分子结构	48
第一节 原子结构	48
一、核外电子运动的特征	48
二、核外电子的运动状态	49
(一) 主量子数 n	49
(二) 副量子数 l	50
(三) 磁量子数 m	50
(四) 自旋量子数 m_s	51
三、核外电子的排布规律	51
(一) 最低能量原理	51
(二) 鲍里 (Pauli) 不相容原理	52
(三) 洪特 (Hund) 规则	52
四、元素的电负性	53
第二节 分子结构	54
一、化学键的概念	54
(一) 价键理论的基本要点	54
(二) 共价键的类型	55
二、杂化轨道理论	56
(一) 杂化轨道理论的基本要点	56
(二) 杂化轨道类型	56
第三节 氢键	58
一、氢键的本质	58
二、氢键的键长和键能	59
三、氢键的饱和性和方向性	59
四、氢键对物质性质的影响	59
(一) 对沸点和熔点的影响	59
(二) 对溶解度的影响	60
习题	60
第五章 配位化合物	62
第一节 配合物的基本概念	62
一、配合物的定义	62
二、配合物的组成	62
(一) 中心离子	62
(二) 配位体	63
(三) 配位数	64
(四) 配离子 (或络离子) 的电荷	64
三、配合物的命名	64
第二节 配合物的配位键理论	65
一、配合物配位键理论的基本要点	65
二、内轨型配合物与外轨型配合物	67

第三节 配合物的稳定性	67
一、配离子的离解平衡	67
(一) 配合物的稳定常数	68
(二) 分步稳定常数	68
(三) 不稳定常数	68
二、配合平衡的移动	69
(一) 与酸度的关系	69
(二) 与沉淀反应的关系	69
(三) 与氧化还原反应的关系	70
第四节 螯合物 (内络合物)	70
一、螯合物的概念	70
二、螯合剂	71
三、螯合物在医学上的应用	72
习题	72
第六章 氧化还原与电极电位	73
第一节 氧化还原	73
一、氧化还原的概念	73
(一) 元素的氧化数	73
(二) 氧化还原的概念	73
二、氧化剂与还原剂的共轭关系	74
三、氧化还原反应的计量关系	75
第二节 电极电位	75
一、原电池	75
二、电极电位的产生	77
三、电极电位的测定	78
(一) 标准氢电极	78
(二) 标准电极电位的测定	78
(三) 标准电极电位表	79
四、影响电极电位的因素	81
(一) 能斯特 (Nernst) 方程式	81
(二) 有关能斯特方程式的计算	81
第三节 电极电位的应用	84
一、判断氧化还原反应自发进行的方向	84
二、判断氧化还原反应进行的程度	85
三、电位法测定溶液的pH值	87
(一) 参比电极	87
(二) 指示电极	88
(三) 电位法测定溶液的pH值	88
习题	89
第七章 滴定分析	91

第一节 滴定分析概述	91
一、滴定分析的特点和方法	91
二、滴定分析的操作程序	91
(一) 标准溶液的配制	91
(二) 标准溶液浓度的标定	92
(三) 被测物质含量的测定	92
三、滴定分析的计算方法	92
(一) 计算方法	92
(二) 有效数字和计算规则	94
四、滴定分析的误差	95
(一) 误差及其来源	95
(二) 误差与准确度	96
(三) 偏差与精密度	96
第二节 酸碱滴定法	97
一、滴定曲线与指示剂的选择	97
(一) 强碱滴定强酸	97
(二) 强碱滴定弱酸	99
(三) 强酸滴定弱碱	100
(四) 多元酸盐的滴定	101
二、酸碱滴定法的应用实例	101
(一) 食醋中总酸度的测定	102
(二) 氧化镁含量的测定	102
第三节 氧化还原滴定法	102
一、概述	102
二、高锰酸钾法	103
(一) 基本原理	103
(二) 高锰酸钾法的应用示例	
——市售过氧化氢中 H_2O_2	
含量的测定	104
三、碘量法	104
(一) 基本原理	104
(二) 碘量法应用示例	105
第四节 配合滴定法	106
一、EDTA配合滴定的基本原理	107
(一) EDTA配合滴定的基本原理	107
(二) 金属指示剂	109
二、EDTA配合滴定应用示例	
——水的总硬度测定	110
(一) 配制 $0.01mol \cdot L^{-1}$ 的EDTA标准	
溶液	110
(二) EDTA溶液浓度的标定	110
(三) 水的总硬度测定	110

习题	110
第八章 比色分析	112
第一节 比色分析的基本原理	112
一、物质的颜色和光的关系	112
二、朗伯-比尔 (Lambert-Beer)	
定律	112
第二节 比色分析测量仪器和测量方法	114
一、比色测量仪器	114
(一) 比色测量仪器的基本部件	114
(二) 比色测量仪器	116
二、比色分析的测量方法	117
(一) 标准曲线法	117
(二) 直接比较计算法	117
第三节 比色分析应用示例	
——铁的含里测定	118
一、原理	118
二、操作步骤	118
(一) 标准曲线的绘制	118
(二) 样品的测定	118
习题	119
第九章 胶体溶液	120
第一节 分散系	120
一、粗分散系	120
二、低分子分散系	120
三、胶体分散系	120
第二节 溶胶	121
一、界面现象	121
(一) 界面张力和界面能	121
(二) 吸附	122
二、溶胶的性质	124
(一) 电泳	124
(二) 溶胶的稳定性和聚沉	126
第三节 高分子化合物溶液	127
一、高分子化合物的概念	127
二、高分子化合物溶液的性质	127
(一) 稳定性	127
(二) 粘度	127
(三) 盐析	128
(四) 高分子化合物溶液的保护	
作用	128
(五) 膜平衡	128
第四节 凝胶	129

一、凝胶的形成	130
二、凝胶的几种性质	130
(一) 弹性	130
(二) 膨润 (溶胀)	130
(三) 离浆 (脱水收缩)	130
习题	130
第十章 有机化合物概述	132
一、有机化学和有机化合物	132
二、有机化学与医学	133
三、组成有机化合物的化学键	
——共价键	133
四、碳原子的 p^3 、 sp^2 和 sp 杂化轨道	134
五、有机化合物分子的结构	135
(一) 分子式和构造式	135
(二) 化合物的构型和构型式	135
六、共价键参数	136
(一) 键长	136
(二) 键角	137
(三) 键能和键离解能	137
(四) 键的极性	137
七、共价键的断裂和反应类型	138
(一) 均裂	138
(二) 异裂	138
八、有机化合物的分类	140
习题	140
第十一章 链烃	142
第一节 烷烃	142
一、烷烃的构造	142
二、烷烃的同系列和通式	143
三、烷烃的同分异构现象和构象	144
(一) 碳链异构	144
(二) 构象	145
四、烷烃的命名	146
(一) 普通命名法	147
(二) 系统命名法	147
五、烷烃的物理性质	148
六、烷烃的化学性质	149
(一) 卤化反应	149
(二) 氧化反应	150
七、烷烃氯化的反应历程	150
八、几种常用的烷烃混合物	151
(一) 石油醚	151

(二) 液体石蜡	151
(三) 凡士林	151
(四) 石蜡	151
第二节 烯烃	151
一、烯烃的构造和通式	151
二、烯烃的同分异构现象	152
(一) 构造异构	152
(二) 顺反异构	152
三、烯烃的命名法	153
四、烯烃的物理性质	155
五、烯烃的化学性质	155
(一) 加成反应	155
(二) 氧化反应	156
(三) 聚合反应	156
六、烯烃的亲电加成反应历程	157
(一) 烯烃与卤素的加成	157
(二) 烯烃与卤化氢的加成	157
七、诱导效应	158
第三节 二烯烃	160
一、二烯烃的分类	160
二、共轭二烯烃的结构	160
三、二烯烃的命名	161
四、共轭二烯烃的化学性质	161
第四节 炔烃	162
一、炔烃的同分异构现象和命名法	162
二、炔烃的物理性质	163
三、炔烃的化学性质	163
(一) 加成反应	163
(二) 氧化反应	164
(三) 聚合反应	164
(四) 炔化物的生成	165
习题	165
第十二章 环烃	168
第一节 脂环烃	168
一、脂环烃的分类和命名	168
二、环烷烃的结构	169
三、脂环烃的性质	172
(一) 物理性质	172
(二) 化学性质	172
第二节 芳香烃	174
一、苯的结构	175
二、苯的同系物的异构现象和命名	176

三、苯及其同系物的性质	177
(一) 物理性质	177
(二) 化学性质	178
四、苯环上亲电取代反应的历程	182
(一) 卤化	182
(二) 硝化	183
(三) 磺化	183
(四) 傅-克反应	184
五、苯环上亲电取代的定位规律	184
(一) 邻、对位定位取代基	185
(二) 间位定位取代基	185
(三) 二取代苯的取代定位规律	185
六、苯及其主要同系物	186
(一) 苯	186
(二) 甲苯	186
(三) 二甲苯	186
第三节 多环芳香烃	186
一、萘	186
(一) 萘的构造	186
(二) 萘的物理性质	187
(三) 萘的化学性质	187
二、蒽和菲	188
三、致癌烃	189
习题	189
第十三章 卤代烃	193
一、卤代烃的分类和命名	193
(一) 分类	193
(二) 命名	193
二、卤代烃的性质	194
(一) 物理性质	194
(二) 化学性质	194
三、重要的卤代烃	196
(一) 氯乙烷	196
(二) 三氯甲烷	196
(三) 二氟二氯甲烷	196
(四) 四氟乙烯	196
习题	196
第十四章 醇、酚、醚	198
第一节 醇	198
一、醇的分类	198
二、醇的命名	199

(一) 普通命名法	199
(二) 系统命名法	199
三、醇的性质	200
(一) 物理性质	200
(二) 化学性质	200
四、重要的醇	204
(一) 甲醇	204
(二) 乙醇	204
(三) 丙三醇	205
(四) 山梨醇和甘露醇	205
(五) 苯甲醇	205
(六) 龙脑	205
第二节 酚	206
一、酚的分类和命名	206
二、酚的化学性质	206
(一) 弱酸性	206
(二) 与氯化铁的反应	207
(三) 苯环上氢原子的取代反应	207
(四) 氧化反应	208
三、重要的酚	208
(一) 苯酚	208
(二) 甲苯酚	209
(三) 苯二酚	209
(四) 萘酚	209
第三节 醚	209
一、醚的分类和命名	209
二、醚的性质	210
(一) 钅盐的生成	210
(二) 烷基醚的氧化	210
三、乙醚在医学上的应用	211
第四节 硫醇和硫醚	211
一、硫醇的构造和性质	211
二、硫醚的构造和性质	212
习题	213
第十五章 醛、酮、醌	215
第一节 醛和酮	215
一、醛和酮的构造	215
二、醛和酮的命名	215
(一) 普通命名法	215
(二) 系统命名法	216
三、醛、酮的物理性质	216

四、醛、酮的化学性质	217
(一) 羰基的加成	218
(二) α 碳原子上氢的反应	221
(三) 还原反应	222
(四) 醛的特殊反应	223
(五) 聚合反应	223
五、个别醛和酮	224
(一) 甲醛	224
(二) 丙酮	224
(三) 樟脑	224
(四) 麝香酮	225
第二节 醌	225
一、醌的构造和命名	225
二、醌的化学性质	226
(一) 羰基的加成	226
(二) 碳碳双键的加成	226
(三) 共轭双键的1,4-加成	226
三、重要的醌类化合物	227
(一) 对苯醌	227
(二) α -萘醌和维生素K	227
习题	228
第十六章 羧酸及其衍生物	230
第一节 羧酸	230
一、羧酸的分类及命名	230
二、羧酸的物理性质	231
三、羧酸的化学性质	232
(一) 酸性	233
(二) 羟基被取代的反应	234
(三) 脱羧反应和二元羧酸的 受热反应	235
(四) α -H的卤代作用	237
四、重要的羧酸	237
(一) 甲酸	237
(二) 乙酸	237
(三) 乙二酸	237
(四) 苯甲酸	238
第二节 羧酸衍生物	238
一、酰卤、酸酐、酯的构造和命名	238
二、酰卤、酸酐、酯的物理性质	239
三、酰卤、酸酐、酯的化学性质	239
(一) 水解	239

(二) 醇解	240
(三) 氨解	240
四、重要的羧酸衍生物	241
(一) 乙酐	241
(二) 邻苯二甲酐	241
(三) 光气和双光气	242
习题	242

第十七章 取代羧酸和对映异构

第一节 羟基酸	244
一、羟基酸的构造及分类	244
二、羟基酸的命名	245
三、羟基酸的物理性质	245
四、羟基酸的化学性质	246
(一) 羧基的性质	246
(二) 羟基的性质	246
(三) 羟基酸受热的反应	247
(四) 酚酸的反应	248
五、个别羟基酸	248
(一) 乳酸	248
(二) β -羟基丁酸	249
(三) 酒石酸	249
(四) 柠檬酸	249
(五) 水杨酸	249

第二节 氧代酸

一、氧代酸的构造及命名	250
二、氧代酸的化学性质	250
(一) 羧基的性质	250
(二) 羰基的性质	250
(三) α -酮酸及 β -酮酸的特殊 反应	250

三、酮式-烯醇式互变异构现象

四、个别氧代酸	252
(一) 丙酮酸	252
(二) 乙酰乙酸	252
(三) 草酰乙酸	252
(四) α -酮戊二酸	252

第三节 对映异构

一、平面偏振光和物质的旋光性	253
(一) 偏振光和偏振光的振动面	253
(二) 旋光性物质和物质的旋光性	253

(三) 旋光度和比旋光度	254
二、化合物的旋光性与结构的关系	255
(一) 三种乳酸	255
(二) 分子的手性和手性分子	256
三、含一个手性碳原子的分子	257
(一) 外消旋体	257
(二) 对映异构体的构型	257
(三) 对映异构体的系统命名法	258
四、含两个手性碳原子的分子	259
(一) 含两个不同的手性碳原子的 分子	260
(二) 含两个相同的手性碳原子的 分子	260
五、光学活性物质在医学上的意义	261
习题	261
第十八章 含氮有机化合物	264
第一节 胺类	264
一、胺的构造、分类和命名	265
(一) 胺的构造和分类	265
(二) 命名	265
二、胺的性质	266
(一) 物理性质	266
(二) 化学性质	267
三、重要的胺及其衍生物	271
(一) 苯胺	271
(二) 胆碱	271
(三) 新洁尔灭	271
第二节 酰胺	271
一、酰胺的构造和命名	271
二、酰胺的性质	272
(一) 物理性质	272
(二) 化学性质	272
三、重要的酰胺及其衍生物	273
(一) 尿素	273
(二) 丙二酰脲	274
(三) 磺胺类及氯胺类药物	275
第三节 氨基酸	277
一、氨基酸的构造、构型及分类、 命名	278
(一) 氨基酸的构造和构型	278
(二) α -氨基酸的分类和命名	278

二、氨基酸的性质	280
(一) 物理性质	280
(二) 化学性质	280
习题	283
第十九章 杂环化合物和生物碱	285
第一节 杂环化合物	285
一、杂环化合物的分类和命名	285
二、杂环化合物的结构	287
三、重要的杂环化合物及其衍生物	288
(一) 吡咯、咪唑及其衍生物	288
(二) 吡啶的重要衍生物	289
(三) 嘧啶及其衍生物	290
(四) 嘌呤及其衍生物	290
第二节 生物碱	292
一、概述	292
二、生物碱的分类和命名	292
三、生物碱的一般性质	292
(一) 一般性状	292
(二) 酸碱性	292
(三) 溶解性	292
(四) 沉淀反应	293
(五) 显色反应	293
四、重要的生物碱	293
(一) 烟碱	293
(二) 莨菪碱和阿托品	293
(三) 吗啡和可待因	294
(四) 麻黄碱	295
(五) 小檗碱	295
(六) 长春新碱	295
习题	296
第二十章 脂类和甾族化合物	298
第一节 油脂	298
一、油脂的组成	298
二、油脂的性质	299
(一) 物理性质	299
(二) 化学性质	300
第二节 类脂	301
一、磷脂	301
(一) 磷脂酰胆碱 (卵磷脂)	302
(二) 磷脂酰乙醇胺 (脑磷脂)	302
(三) 神经鞘磷脂 (鞘磷脂)	302

二、糖脂	303
三、甾族化合物	303
(一) 甾族化合物的结构	303
(二) 重要的甾族化合物	304
习题	308
第二十一章 糖类	310
第一节 单糖	310
一、单糖的结构	311
(一) 葡萄糖的开链结构和构型	311
(二) 葡萄糖的环状结构和变旋现象	311
(三) 环状结构的哈沃斯(Haworth)式和构象式	313
二、单糖的性质	314
(一) 物理性质	314
(二) 化学性质	314
三、重要的单糖及其衍生物	317
(一) D-(-)-核糖和D-(-)-2-脱氧核糖	318
(二) D-(+)-葡萄糖	318
(三) D-(+)-半乳糖	319
(四) D-(-)-果糖	319
(五) 氨基糖	320
第二节 二糖	321
一、二糖的结构和性质	321
二、重要的二糖	322
(一) 蔗糖	322
(二) 麦芽糖	323
(三) 乳糖	323
第三节 多糖	324
一、多糖的结构	324
二、重要的多糖	324

(一) 淀粉	324
(二) 糖原	327
(三) 纤维素	327
(四) 粘多糖	328
(五) 右旋糖酐	330
习题	331
附录一 我国法定计量单位	332
表1 国际单位制的基本单位	332
表2 国际单位制中具有专门名称的导出单位	332
表3 用于构成十进倍数和分数单位的词头	333
附录二 基本物理常数	333
附录三 常用酸碱的浓度	334
附录四 常用酸碱的质量百分数和相对密度(20℃)	334
附录五 弱酸弱碱在水中的离解常数	335
附录六 微溶电解质的溶度积(K_{sp})	336
附录七 各种pH值的缓冲溶液	338
表1 克拉克缓冲系列的pH值(25℃)	338
表2 碱性缓冲系列的组成、缓冲容量 β 和稀释值 $\Delta pH_{1/2}$ (25℃)	339
附录八 一些常见配离子的稳定常数(K_s)	340
附录九 原子的电子层结构	340
附录十 希腊字母表	341
附录十一 四位对数表	345
元素周期表	

第一章 溶 液

溶液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，医疗用药亦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。可见溶液与医学的联系是极其密切的。所以，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 解 度

在一定条件（温度、压力）下，一定量的溶剂溶解溶质达饱和时，所含溶质的量称为溶解度。任何一种表示浓度的单位都可用来作为溶解度的单位。因此，根据工作需要，溶解度可以有各种不同的表示法，通常用一定温度下，100克溶剂形成饱和溶液时所溶解溶质的质量（单位为克）表示。

物质溶解度的大小与很多因素有关，主要决定于溶质和溶剂的本性以及外界的温度和压力。

一、固体在液体中的溶解度

温度对固体物质溶解度的影响，可以通过实验绘成的溶解度曲线来表示。图1-1是几种固体盐类在水中的溶解度曲线。

从图1-1中可以看出，大多数固体物质的溶解度随温度升高而增大。个别物质如醋酸钙的溶解度，随温度的升高反而减小。还可看到硫酸钠的溶解度曲线，在32.4℃时出现了一个转折点。这是因为在32.4℃左右时，硫酸钠的存在形式不同。在32.4℃以下，与饱和溶液呈平衡的固体是含结晶水的硫酸钠 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，随温度升高溶解度增大。在32.4℃以上，与饱和溶液呈平衡的固体是无水硫酸钠 Na_2SO_4 ，随温度上升而溶解度减小。

利用在不同温度下物质的溶解度不同这一性质，可以进行物质的提纯以除去其中的杂质。在实际工作中，常将要提纯的物质先加热溶解于适当的溶剂中，使其成为饱和或接近饱和溶液，趁热滤去不溶性杂质，然后将溶液冷却，这时因物质的溶解度减小，势必从溶液中析出结晶，而可溶性杂质由于含量少，远未达到饱和而留在母液中。最后过滤，使析出的结晶与母液

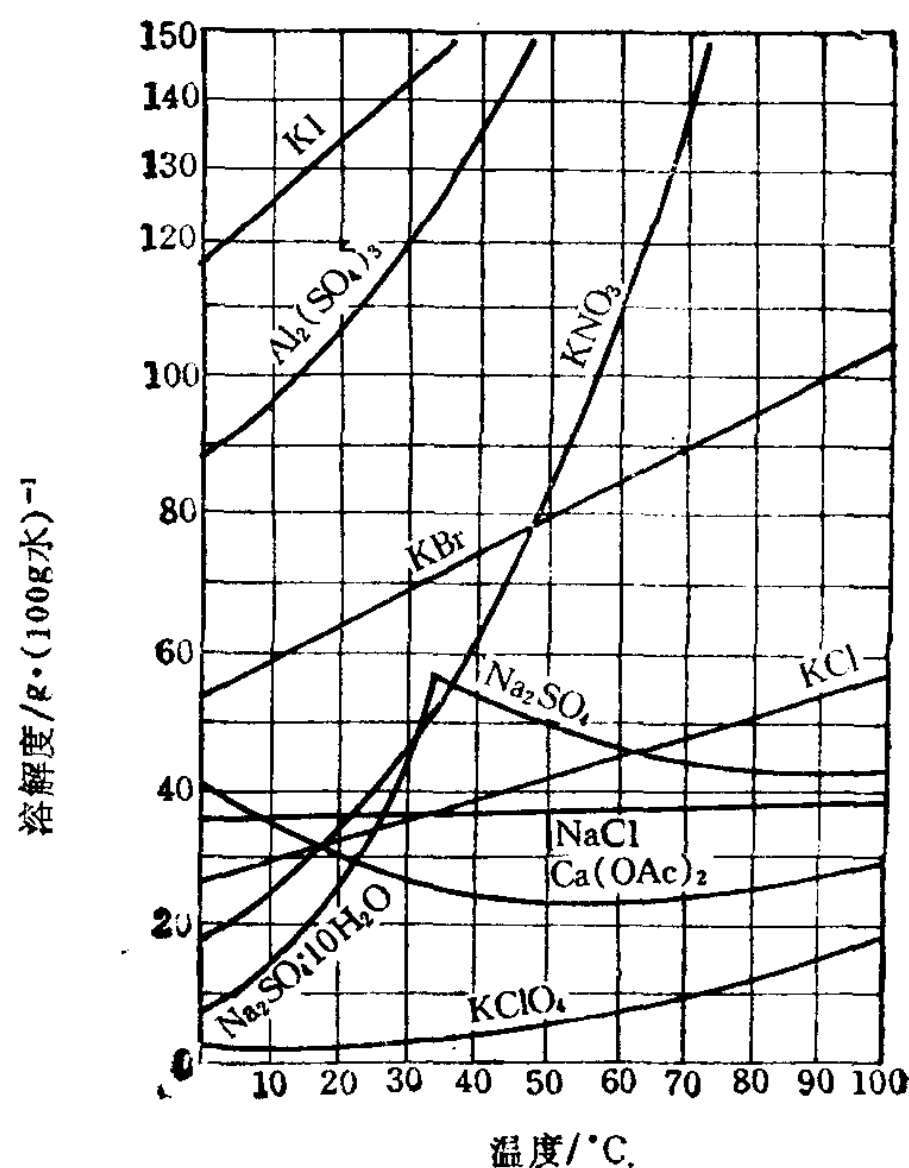


图 1-1 溶解度曲线

分离而得到较纯物质。这种操作称为重结晶。

值得注意的是有些物质在温度降低时，溶液中所含溶质的量虽超过了该温度下饱和溶液所含溶质的量，溶质也不析出，这种溶液称为过饱和溶液。过饱和溶液是不稳定的体系，稍一振荡或投入一小颗粒结晶，多余的溶质立即从溶液中析出而成为饱和溶液。

二、气体在液体中的溶解度

气体的溶解平衡是指在密闭容器中，溶解在液体中的气体分子与液体上面的气体分子保持平衡。溶解达平衡时，气体在液体中的浓度就是气体的溶解度。通常用 1 体积的液体中所能溶解气体的体积来表示。表 1-1 是一些气体在水中的溶解度。

表 1-1 一些气体在水中的溶解度

温度/℃	O ₂	H ₂	N ₂	CO ₂	HCl	NH ₃
0	0.0489	0.0215	0.0235	1.713	507	1176
20	0.0310	0.0182	0.0155	0.878	442	702
30	0.0261	0.0170	0.0134	0.665	413	586(28℃)
35	0.0244	0.0167	0.0126	0.592	—	—

从表 1-1 中可以明显地看出，温度升高，气体的溶解度减小。也可以看出，不同的气体在水中的溶解度相差很大，这与气体及溶剂的本性有关。H₂、O₂、N₂ 等气体在水中的溶解度较小，因为这些气体在溶解过程中不与水发生化学反应，称为物理溶解。而 CO₂、HCl、NH₃ 等气体在水中的溶解度较大，因为这些气体在溶解过程中与水发生了化学反应，称为化学溶解。

气体在液体中的溶解，除与气体的本性、温度有关外，压力对气体的溶解度的影响也比较大。压力和分压的单位是帕（或帕斯卡，符号 Pa），通常用千帕（符号 kPa）表示。101.325 kPa（或 101325 Pa）相当于过去 1 atm（1 大气压），133.32 Pa 相当于 1 mmHg，作为非国际单位制的 atm 和 mmHg 本书不再使用。

（一）分压定律

混合气体的总压力等于各组分气体分压力之和。这一定律称为分压定律。这种关系可用数学式表示。

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$$

式中， p 是混合气体的总压力， p_1 、 p_2 、 p_3 等是各组分气体的分压力。

混合气体中每一种气体的分压力，可由总压力和该气体在混合气体中所占的体积百分数或摩尔分数的乘积来计算：

$$p_1 = p \times (\%V_1)$$

或

$$p_1 = p \times x_1$$

式中， p 为气体的总压力， $\%V_1$ 为气体 1 的体积百分数， x_1 为气体 1 的摩尔分数。

例 1 人的肺泡气总压力为 101.325 kPa，37℃ 时，它的组成用体积百分数表示分别为：O₂ 为 13.4%，CO₂ 为 5.3%，N₂ 为 75%，H₂O（蒸汽）为 6.3%，试求各气体在肺泡中的分压。

解： $p_{O_2} = 101.325 \text{ kPa} \times 13.4\% = 13.6 \text{ kPa}$

$$p_{\text{CO}_2} = 101.325 \text{ kPa} \times 5.3\% = 5.4 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{N}_2} = 101.325 \text{ kPa} \times 75\% = 76.0 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 101.325 \text{ kPa} \times 6.3\% = 6.4 \text{ kPa}$$

(二) 亨利定律

1803年亨利 (Henry) 从实验中总结出一条规律, 其内容是: “在一定温度下, 气体溶解达到平衡时, 气体在液体中的溶解度和气相中该气体的分压成正比。”这一规律称为亨利定律。可用数学式表示:

$$c = Kp \quad (1-1)$$

式中, c 为气体在液体中的溶解度, 一般是指1kg水中溶解气体的质量 (克); p 为液面上气体的平衡分压; K 为常数, 是该气-液体系的特征常数。

必须注意, 亨利定律只适用于压力不大 (一般为202.6~303.9kPa) 和溶解度很小的气体。温度越高或压力越低, 在稀溶液中应用亨利定律能得到较准确的结果。另外, 亨利定律只适用于不与溶剂发生化学反应的气体, 即溶质在气相和液相中的分子状态必须是相同的。

例2 在0℃, 平衡压力为303.9kPa, 氧气的溶解度为0.2085g/1000g水。求在同温度、平衡压力为202.6kPa下氧气的溶解度。

解: 由式 (1-1) 先求 K 值:

$$K = \frac{c}{p} = \frac{0.2085}{303.9} = 0.000686 (\text{g}/1000\text{g水} \cdot \text{kPa})$$

对于一定气体和溶剂, 在一定温度下, K 是一个常数, 与气体的压力无关。在平衡压力为202.6kPa时, 将 K 值代入式 (1-1), 则得在水中溶解度为:

$$c = Kp = 0.000686 \times 202.6 = 0.139 (\text{g}/1000\text{g水})$$

亨利定律在医学上有许多应用实例。例如, 使用麻醉气体时, 气体的分压越大, 则它在血液中的溶解度就越大。高压氧气舱的压力为202.6~253.25kPa, 比常压为大, 因此溶于病人血液的氧气就越多。利用亨利定律还可以解释人在呼吸过程中 O_2 和 CO_2 的交换等。

(三) 气体吸收系数

由于气体的体积比质量容易测定, 所以气体的溶解度以溶解气体的体积表示比较方便。为了表示各种气体在不同温度和分压下的溶解度, 规定将不同状态下所溶解气体的体积, 均换算成标准状况下的体积数。

气体吸收系数 (α) 是指在一定温度下, 1体积的液体在该气体分压为101.3kPa下, 所能溶解气体的体积。气体体积如果不是标准状况 (0℃, 101.3kPa), 一般要换算为标准状况。如在20℃和氢气分压为101.3kPa下, 1L水能溶解氢气0.0195L。根据查理(Charles J. A. C.) 定律可将其换算为标准状况下的体积:

$$0.0195 \text{ L} \times \frac{273 \text{ K}}{(273 + 20) \text{ K}} = 0.0182 (\text{L})$$

0.0182即是在20℃时, 101.3kPa下, 氢气在水中的吸收系数。

与医学有关的气体在水和血浆中的吸收系数列于表1-2。

从表1-2可以看出, 当水中含有其他杂质时, 气体的溶解度减小, 尤其是有盐类存在时。由于盐类离子与水分子形成水合离子, 这时影响则更大。血浆中含有盐类和蛋白质等, 故气体

表 1-2 37℃时气体在水和血浆中的吸收系数

气 体	在水中的吸收系数	在血浆中的吸收系数
O ₂	0.0239	0.0214
CO ₂	0.567	0.515
N ₂	0.0123	0.0118

在血浆中的溶解度比在水中要小。

利用表1-2的吸收系数，根据肺泡中O₂，CO₂，N₂的分压，就能算出它们溶解在血浆中的体积百分数。

已知肺泡气中 $p_{O_2}=13.6\text{kPa}$ ， $p_{CO_2}=5.3\text{kPa}$ ， $p_{N_2}=76.0\text{kPa}$ 。因此，100mL血浆中所溶解的三种气体的体积百分数为：

$$O_2\% = 0.0214 \times \frac{13.6}{101.3} \times 100 = 0.287 (\text{mL}/100\text{mL血浆})$$

$$CO_2\% = 0.515 \times \frac{5.3}{101.3} \times 100 = 2.69 (\text{mL}/100\text{mL血浆})$$

$$N_2\% = 0.0118 \times \frac{76}{101.3} \times 100 = 0.885 (\text{mL}/100\text{mL血浆})$$

三、液体在液体中的溶解度

一种液体在另一种液体中的溶解有三种情况：第一种是两种液体完全互溶，如乙醇与水、甘油与水等。第二种是两种液体部分互溶，如乙醚与水等。第三种是两种液体完全不溶，如苯与水、四氯化碳与水等。

将两种互不混溶的液体放在同一容器中，就会分成两相，密度大的一相在下层，密度小的相在上层。在一定温度下，一种溶质溶解在相互接触的两种互不混溶的溶剂中，溶解达平衡时，溶质在两相中的浓度比是一个常数。这一定律称为分配定律。可表示如下式：

$$\frac{c_A}{c_B} = K \quad (1-2)$$

式中 c_A 、 c_B 分别表示溶质在溶剂A、B中的浓度；常数 K 称为分配系数，它与溶质和溶剂的本性、温度及压力有关。

例如，将水和四氯化碳放在一起，加入少量碘，碘微溶于水、溶于四氯化碳。

在这两种液体中的溶解度差别很大。当温度一定时，水中碘的浓度与四氯化碳中碘的浓度比是一个常数。表1-3是碘在四氯化碳和水中的分配情况。

根据分配定律的原理，利用同一溶质在互不混溶的两种溶剂中溶解度的差别，可以选取适当溶剂，从另一溶液中将溶质提取出来。这个过程称为萃取。

萃取是一种有效的提纯、分离技术。为了充分使用一定量的萃取剂以提高萃取效率，采取每次少量，多次萃取的方法，要比一次用完萃取剂的效果好得多。反复多次萃取，萃取就可接近完全。

表 1-3 碘在四氯化碳和水中的分配 (常温)

$c_B(\text{I}_2\text{在CCl}_4\text{中})/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$c_A(\text{I}_2\text{在H}_2\text{O中})/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$c_A/c_B = K$
0.02	0.00023	0.0115
0.04	0.00046	0.0115
0.06	0.000702	0.0117
0.08	0.000928	0.0116

第二节 溶液的组成量度

溶液的组成量度旧称溶液的浓度。从1983年7月1日开始贯彻实施国家法定计量单位以后,单独使用“浓度”一词已有它特定的含义,它不能再作为一般的概念使用,应改称为溶液的组成量度。

溶液是由溶质和溶剂组成的,溶液的性质常常与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。给病人输液或用药时,必须规定药液的量度和用量。因为药液过稀,就不会产生明显的疗效,但药液过浓反而对人体有害,甚至会危及病员的生命安全。

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,质量的SI单位为千克(kg),而物质的量的SI单位是摩尔(符号为mol)。SI规定:“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 约为 $6.023 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ 。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、电子或其它粒子、或是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,因之不能用物质的量浓度表示其在人体内的含量,可以仍暂用质量浓度表示。③统一用升(L)作为单位的分母,以避免过去用其它作不同分母时的混乱,更不宜使用不是计量单位的“%”来表示每百毫升(/dl)。

(一) 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,用符号 c_B 或 $[B]$ 表示。它的定义是

$$c_B = n_B/V$$

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 的量浓度 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $c(\text{H}^+)$

或 $[\text{H}^+] = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。又如, $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 等。括号中的符号表示物质的基