

高等学校教材

医用化学

- 游文玮 主编
- 孙晓莉 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

R124
M

高等学校教材

医用化学

游文玮 主编
孙晓莉 副主编



A1030152

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

医用化学/游文玮主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.7
高等学校教材
ISBN 7-5025-3846-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 033021 号

高等学校教材

医 用 化 学

游文玮 主 编

孙晓莉 副主编

责任编辑: 何曙霓

责任校对: 顾淑云

封面设计: 张竞文

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 插页 1 字数 456 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3846-1/G·1016

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本教材是在四所军医大学及白求恩军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，广义、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

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.....	2
第二节 气体在液体中的溶解度	3
一、分压定律.....	4
二、亨利定律.....	4
三、气体吸收系数.....	5
第三节 溶液的渗透压	5
一、渗透现象和渗透压.....	5
二、渗透压与浓度、温度的关系.....	6
三、渗透压在医学上的意义.....	7
习题.....	9
第二章 电解质溶液	11
第一节 电解质在溶液中的离解	11
一、一元弱酸弱碱的离解平衡.....	11
二、强电解质在溶液中的离解.....	14
第二节 酸碱质子理论	16
一、酸碱概念.....	16
二、共轭酸碱的强弱.....	17
三、酸碱反应.....	18
第三节 溶液的 pH 值计算	19
一、水的离子积.....	19
二、溶液的 pH 值计算.....	20
第四节 沉淀-溶解平衡	21
一、溶度积.....	21
二、溶度积规则.....	23
三、影响微溶电解质溶解度的因素.....	23
习题.....	24
第三章 缓冲溶液	26
第一节 缓冲作用	26
一、缓冲溶液的组成.....	26
二、缓冲溶液的作用原理.....	27

第二节 缓冲溶液的 pH 值	27
一、亨德森-哈塞尔巴赫方程式	27
二、缓冲溶液 pH 值的计算	28
第三节 缓冲容量	28
一、缓冲容量	28
二、影响缓冲容量的因素	29
三、缓冲溶液的配制	30
四、缓冲溶液在医学上的意义	30
习题	31
第四章 原子结构和分子结构	32
第一节 原子结构	32
一、核外电子运动的特征	32
二、核外电子的运动状态	33
三、核外电子的排布规律	35
四、元素的电负性	36
第二节 分子结构	37
一、化学键的概念	37
二、杂化轨道理论	39
第三节 分子间作用力	42
一、范德华力	42
二、氢键	45
习题	46
第五章 配位化合物	48
第一节 配合物的基本概念	48
一、配合物的定义	48
二、配合物的组成	48
三、配合物的命名	49
第二节 配合物的配位键理论	50
一、配位键理论的基本要点	50
二、应用举例	50
第三节 配位平衡	52
一、配离子的离解平衡	52
二、配合平衡的移动	53
第四节 螯合物	54
一、螯合物的概念	54
二、螯合物在医学上的应用	54
习题	55
第六章 氧化还原与电极电位	56
第一节 氧化还原反应	56
一、氧化还原的概念	56

二、氧化还原方程式的配平	58
第二节 电极电位	59
一、原电池	59
二、电极电位的产生	60
三、电极电位的测定	61
四、影响电极电位的因素	63
第三节 电极电位的应用	65
一、判断氧化还原反应自发进行的方向	65
二、判断氧化还原反应进行的程度	65
三、电位法测定溶液的 pH 值	66
习题	68
第七章 滴定分析法	70
第一节 滴定分析法简介	70
一、滴定分析法的特点和方法	70
二、滴定分析法的操作程序	70
三、滴定分析的计算方法	71
四、有效数字和计算规则	72
五、滴定分析法的误差	73
第二节 酸碱滴定法	74
一、酸碱指示剂	74
二、滴定曲线与指示剂的选择	76
三、酸碱滴定法的应用实例	79
习题	79
第八章 比色分析法	81
第一节 比色分析法的基本原理	81
一、物质的颜色和光的关系	81
二、朗伯-比尔 (Lambert-Beer) 定律	81
第二节 比色分析的测定方法和应用	83
一、目视比色法	83
二、分光光度法	83
习题	86
第九章 胶体分散系	88
第一节 分散系	88
一、基本概念	88
二、分散系的分类	88
第二节 界面现象	89
一、表面积和比表面积	89
二、表面能、比表面能和表面张力	90
三、吸附	91
四、表面活性物质	92

第三节 溶胶	93
一、胶体分散系的分类	93
二、胶体分散系的基本特性	93
三、溶胶的性质	94
四、溶胶的稳定和聚沉	95
第四节 高分子化合物溶液	96
一、高分子化合物的概念	96
二、高分子化合物溶液的性质	97
第五节 凝胶	98
一、凝胶的形成	98
二、弹性凝胶与非弹性凝胶	98
三、凝胶的性质	98
习题	99

下 篇

第十章 有机化合物概述	101
一、有机化学和有机化合物	101
二、有机化学与医学	102
三、组成有机化合物的化学键——共价键	102
四、有机化合物分子的结构	103
五、共价键参数	104
六、共价键的断裂和反应类型	105
七、有机化合物的分类	107
习题	107
第十一章 链烃	109
第一节 链烃的结构、异构现象和命名	109
一、链烃的结构	109
二、共轭二烯烃的结构	113
三、链烃的异构现象	113
四、链烃的命名	117
第二节 链烃的性质	121
一、链烃的物理性质	121
二、链烃的化学性质	123
第三节 链烃的反应历程	128
一、反应历程	128
二、诱导效应和共轭效应	130
习题	132
第十二章 环烃	135
第一节 脂环烃	135
一、脂环烃的分类和命名	135

二、环烷烃的结构	136
三、脂环烃的性质	139
四、萜类化合物	141
第二节 芳香烃	142
一、苯的结构	142
二、苯的同系物的异构现象和命名	144
三、苯及其同系物的性质	145
四、苯环上亲电取代反应的历程	149
五、苯环上亲电取代反应的定位规律	149
六、苯及其主要同系物	151
第三节 多环芳香烃	152
一、萘	152
二、蒽和菲	153
三、致癌烃	154
习题	154
第十三章 卤代烃	157
一、卤代烃的分类和命名	157
二、卤代烃的物理性质	158
三、卤代烃的化学性质	158
四、重要的卤代烃	159
习题	160
第十四章 醇、酚、醚	162
第一节 醇	162
一、醇的分类和命名	162
二、醇的物理性质	163
三、醇的化学性质	164
四、重要的醇	167
第二节 酚	168
一、酚的分类和命名	168
二、酚的物理性质	169
三、酚的化学性质	169
四、重要的酚	171
第三节 醚	172
一、醚的结构、分类和命名	172
二、醚的物理性质	172
三、醚的化学性质	172
四、冠醚	173
第四节 硫醇和硫醚	173
一、硫醇、硫醚的结构和命名	173
二、硫醇、硫醚的物理性质	174

三、硫醇的化学性质	174
四、硫醚的化学性质	175
习题	176
第十五章 醛、酮、醌	178
第一节 醛和酮	178
一、醛和酮的构造和分类	178
二、醛和酮的命名	178
三、醛和酮的物理性质	179
四、醛和酮的化学性质	180
五、重要的醛和酮	186
第二节 醌	187
一、醌的构造和命名	187
二、醌的化学性质	187
三、重要的醌类化合物	188
习题	189
第十六章 羧酸及其衍生物	191
第一节 羧酸	191
一、羧酸的构造和分类	191
二、羧酸的命名	192
三、羧酸的物理性质	193
四、羧酸的化学性质	194
五、重要的羧酸	197
第二节 羧酸衍生物	198
一、酰卤、酸酐、羧酸酯的构造和命名	198
二、酰卤、酸酐、羧酸酯的物理性质	199
三、酰卤、酸酐、羧酸酯的化学性质	199
四、重要的羧酸衍生物	200
习题	201
第十七章 取代羧酸和旋光异构	203
第一节 羟基酸	203
一、羟基酸的构造、分类及命名	203
二、羟基酸的物理性质	204
三、羟基酸的化学性质	204
四、重要的羟基酸	206
第二节 氧代酸	207
一、氧代酸的构造及命名	207
二、氧代酸的化学性质	207
三、互变异构现象	208
四、重要的氧代酸	209
第三节 旋光异构现象	209

一、平面偏振光和物质的旋光性	209
二、化合物的旋光性与其结构的关系	210
三、旋光异构体的构型	212
四、含两个手性碳原子的分子	215
五、旋光异构在医学上的意义	216
习题	217
第十八章 含氮有机化合物	219
第一节 胺类	219
一、胺的构造、分类和命名	219
二、胺的性质	221
三、重要的胺及其衍生物	225
第二节 酰胺	225
一、酰胺的构造和命名	225
二、酰胺的性质	226
三、重要的酰胺及其衍生物	227
第三节 氨基酸	230
一、氨基酸的构造、构型及分类、命名	230
二、氨基酸的性质	232
习题	235
第十九章 杂环化合物和生物碱	236
第一节 杂环化合物	236
一、杂环化合物的分类和命名	236
二、杂环化合物的结构	237
三、重要的含氮杂环化合物	238
第二节 生物碱	241
一、概述	241
二、生物碱的分类和命名	241
三、生物碱的一般提取方法	241
四、生物碱的一般性质	242
五、重要的生物碱	242
习题	244
第二十章 脂类化合物	246
第一节 油脂	246
一、油脂的组成	246
二、油脂的物理性质	248
三、油脂的化学性质	248
第二节 类脂	249
一、磷脂	249
二、糖脂	251
三、甾族化合物	252

习题	255
第二十一章 糖类化合物	257
第一节 单糖	257
一、单糖的结构	258
二、单糖的性质	261
三、重要的单糖及其衍生物	265
第二节 二糖	266
一、二糖的结构和化学性质	266
二、重要的二糖	267
第三节 多糖	268
一、多糖的结构	269
二、重要的多糖	269
习题	274
附录	275
附录一 有关计量单位	275
附录二 一些基本的物理常数	276
附录三 常用酸碱的质量分数和相对密度 (20℃)	276
附录四 常用酸碱的浓度	277
附录五 弱酸弱碱在水中的离解常数	278
附录六 微电解质的溶度积 (K_{sp})	279
附录七 各种 pH 值的缓冲溶液	280
附录八 一些常见配离子的稳定常数 ($K_{稳}$)	282
附录九 原子的电子层结构	282
附录十 希腊字母表	285

元素周期表

上 篇

第一章 溶 液

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。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。给病人输液或用药时, 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, 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 (约 $6.023 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$)。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, 用符号 c_B 或 $[B]$ 表示。它的定义是:

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

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 m_B 。

$$m_B = \frac{n_B}{W}$$

式中， W 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不受温度的影响。对于极稀的水溶液来说，其物质的量浓度与质量摩尔浓度的数值几乎相等。

3. 质量分数和体积分数

百分浓度不是法定计量单位，应避免使用，但至今在国内外书刊中仍然大量使用百分浓度。现行的百分浓度可有两种表示方法：小数表示法，质量体积表示法。

① 质量分数和体积分数通常用 W/W ， V/V 表示，应用小数表示成相应质量分数和体积分数。

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 $w(\text{HCl}) = 0.37$ 。

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 $\phi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.75$ 。

② 当百分浓度表示的是质量体积 (W/V) 不同单位的相对含量，且被测物质为未知确切化学结构者或混合物时，应用质量体积浓度表示。如总蛋白、某些激素的百分浓度，可用 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 等表示，又如生理盐水可表示成 $9\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (0.9%) NaCl 溶液。

二、溶液的配制

配制某物质的具有一定组成量度的溶液，可由某纯物质加入溶剂，或将其浓溶液稀释，也可用不同组成量度的溶液相混合。无论用哪一种方法，都应遵守“配制前后溶质的量不变”的原则。

主要公式有：

$$\frac{m}{M} \times 1000 = c_B V \quad (1-1)$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \quad (1-2)$$

式中， m 为溶质的质量 (g)； M 为溶质的摩尔质量 ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)； c_B 为物质的量浓度 ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)； V 为溶液的体积 (mL)； c_1 、 c_2 分别为溶液稀释前后的组成量度； V_1 、 V_2 为稀释前后的体积。

【例 1-1】 配制 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液 500mL，应称取 Na_2CO_3 多少克？

解：设称取 Na_2CO_3 为 $m\text{g}$ ，则

$$\frac{m}{106} \times 1000 = 0.1 \times 500$$

$$m = 5.30 \text{ (g)}$$

【例 1-2】 现有在水中的体积分数为 0.95 的乙醇，若需 1L 体积分数为 0.75 的消毒酒精，

应如何配制？

解：设需体积分数为 0.95 的乙醇为 V mL，则

$$0.95V = 0.75 \times 1000$$

$$V = 789.5 \text{ (mL)}$$

配制方法是：准确量取体积分数为 0.95 的乙醇 789.5 mL，加水稀释至 1000 mL，即可制得体积分数为 0.75 的消毒酒精。

【例 1-3】配制 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CuSO_4 溶液 100 mL，需称取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 多少克？

解：设需称取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 为 m g，则

$$\frac{m}{249.7} \times 1000 = 0.1 \times 100$$

$$m = 2.497 \text{ (g)}$$

即需称取 2.497 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。

【例 1-4】某患者需用 $0.56 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液，现有 $2.78 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.28 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液两种，问要用这两种溶液各多少毫升可配制成 $0.56 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液 500 mL。

解：设应取 $2.78 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液为 x mL，则

$$2.78x + 0.28 \times (500 - x) = 0.56 \times 500$$

$$x = 56 \text{ (mL)}$$

应取 $0.28 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液为

$$500 - 56 = 444 \text{ (mL)}$$

第二节 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所保持的平衡。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 一些气体在不同温度的水中的溶解度

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度，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。100 kPa 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分数或摩尔分数的乘积来计算：

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

或

$$p_1 = p \cdot x_1$$

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

【例 1-5】人的肺泡气总压力为 101.325kPa，37℃ 时，它的组成用体积分数表示分别为： O_2 为 13.4%， CO_2 为 5.3%， N_2 为 75%， H_2O （蒸气）为 6.3%，试求各气体在肺泡中的分压。

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

$$p_{CO_2} = 101.325\text{kPa} \times 5.3\% = 5.4\text{kPa}$$

$$p_{N_2} = 101.325\text{kPa} \times 75\% = 76.0\text{kPa}$$

$$p_{H_2O} = 101.325\text{kPa} \times 6.3\% = 6.4\text{kPa}$$

二、亨利定律

1803 年亨利（Henry）从实验中总结出—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。

$$c = Kp \quad (1-3)$$

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（g）； 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 200~300kPa）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 1-6】在 0℃，平衡压力为 300kPa，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（1-3）先求 K 值：

$$K = \frac{c_1}{p_1} = \frac{0.2085}{300} = 0.000695 \text{ (g/1000g } H_2O \cdot \text{kPa)}$$

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（1-3），则得在水中溶解度为：

$$c_2 = Kp_2 = 0.000686 \times 202.6 = 0.139 \text{ (g/1000g } H_2O)$$

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 100kPa 下所能溶解气体的体积。气体体积如果不是标准状况 (0℃, 100kPa)，一般要换算为标准状况。如在 20℃ 和氢气分压为 100kPa 下，1L 水能溶解氢气 0.0195L。根据气态方程 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ 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，100kPa 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。

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

从表 1-2 可以看出，当水中含有其他杂质时，尤其是有盐类存在时，气体的溶解度减小。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，故气体在血浆中的溶解比在水中要小。

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分数。

已知肺泡气中 $p_{\text{O}_2} = 13.6\text{kPa}$ ， $p_{\text{CO}_2} = 5.3\text{kPa}$ ， $p_{\text{N}_2} = 76.0\text{kPa}$ ，因此，100mL 血浆中所溶解的三种气体的体积百分数为：

$$\text{O}_2 \% = 0.0214 \times \frac{13.6}{100} \times 100 = 0.291 \text{ (mL/100mL 血浆)}$$

$$\text{CO}_2 \% = 0.515 \times \frac{5.3}{100} \times 100 = 2.73 \text{ (mL/100mL 血浆)}$$

$$\text{N}_2 \% = 0.0118 \times \frac{76}{100} \times 100 = 0.897 \text{ (mL/100mL 血浆)}$$

第三节 溶液的渗透压

渗透作用 (osmotic effect) 是自然界的一种普通现象，它对于人体保持正常的生理功能有着十分重要的意义。本节讨论渗透作用的基本原理、渗透压及其在医学上的意义。

一、渗透现象和渗透压

在蔗糖浓溶液上小心加入一层清水，水分子即从上层渗入下层，蔗糖分子也由下层渗入上层，直到蔗糖溶液的浓度均匀为止。一种物质的粒子自发地分布于另一种物质中的现象称为扩散。

如果将蔗糖水溶液与水用半透膜隔开 (图 1-1a)，使膜内和膜外液面相平，静置一段时间后，可以看到膜内溶液的液面不断上升 (图 1-1b)，说明水分子不断地透过半透膜进入溶液中。溶剂透过半透膜进入溶液的自发过程称为渗透现象。不同浓度的两种溶液被半透膜隔开时都有渗透现象发生。

半透膜是一种只允许某些物质透过，而不允许另一些物质透过的薄膜。上面实验中的半