

高等医学院校和职工医学院选用教材

医用化学

宣贵达 主编

科学出版社

高等医学院校和职工医学院选用教材

医 用 化 学

宣贵达 主编

副主编 钱卫星 郑 豪

编 者 (按姓氏笔画排列)

边平凤 陈学平 吴百乐

张培敏 郑 豪 郑永泉

宣贵达 钱卫星 章小波

科 学 出 版 社

2001

内 容 简 介

本书涉及到无机化学、分析化学、物理化学等最基本的知识,前10章为与医学有关的基础理论和基本知识,后10章为有机化学内容。考虑到不同的用书对象,选材时尽量注意覆盖面,力求使教材的广度和深度切合实际。通过这些内容的学习,可以为后续医学课程的学习打下良好基础。

本书适用于高等医学专科院校和职工医学院校的大中专学生,供临床、预防、口腔、检验、护理等专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/宣贵达主编. —北京:科学出版社,2001

ISBN 7-03-009651-7

I. 医… II. 宣… 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(2001)第051570号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001年8月第一次印刷 印张:24 1/4 插页:1

印数:1—4 000

字数:553 000

定价:36.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

前 言

《医用化学》是一本适用于高等医学本专科院校和职工医学院校的化学教材，供临床、预防、口腔、检验、护理等专业使用。

本书共 20 章，前 10 章为与医学有关的基础理论和基本知识，涉及无机化学、分析化学、物理化学等最基本的知识。后 10 章为有机化学内容。通过这些内容的学习，可以为后续医学课程的学习打下良好基础。书后还附有综合练习题共 6 份，供学生自我检验时用，另附各章习题的参考答案，便于学生对照。由于各个院校用书的对象不同，要求也不同，所以暂不把实验内容编入本书，各校可根据具体情况选用实验教材。

本书编写的指导思想是：

(1) 考虑到不同的用书对象，选材时尽量注意覆盖面，力求使教材的广度与深度切合实际。

(2) 本书按 68~90 参考学时编写，前后 10 章各占一半学时。

(3) 本书采用现行法定计量单位及专业名词术语，力求符合有关规定。

本书的编写和出版得到了浙江大学成人教育学院张爱珍教授的大力支持和帮助，在此深表感谢！

限于编者水平，书中难免有错误和不妥之处，敬请不吝指正。

编 者

2001 年 5 月

目 录

前言

第一章 溶液	(1)
1.1 溶液的组成量度	(1)
1.1.1 物质的量浓度	(1)
1.1.2 质量浓度	(2)
1.2 溶液的渗透压	(3)
1.2.1 渗透现象和渗透压	(3)
1.2.2 范托夫定律	(4)
1.2.3 渗透浓度	(4)
1.2.4 渗透压在医学上的意义	(4)
习题	(5)
第二章 电解质溶液	(7)
2.1 电解质溶液	(7)
2.1.1 强电解质在溶液中的解离	(7)
2.1.2 弱电解质的解离平衡	(8)
2.2 酸碱质子理论	(10)
2.2.1 酸碱质子理论	(10)
2.2.2 酸碱反应的实质	(11)
2.2.3 水溶液中的质子转移平衡	(11)
2.3 酸碱水溶液中有关离子浓度的计算	(15)
2.3.1 一元弱酸溶液	(15)
2.3.2 一元弱碱溶液	(16)
2.3.3 多元酸(碱)溶液	(16)
2.3.4 两性物质溶液	(18)
2.4 难溶强电解质溶液的沉淀-溶解平衡	(18)
2.4.1 溶解度	(18)
2.4.2 沉淀的生成和溶解	(20)
习题	(22)
第三章 缓冲溶液	(23)
3.1 缓冲溶液的组成及其作用	(23)
3.1.1 缓冲溶液的概念	(23)
3.1.2 缓冲溶液的组成	(23)
3.1.3 缓冲溶液的作用原理	(24)
3.2 缓冲溶液的 pH 值	(24)

3.3 缓冲容量和缓冲溶液的配制	(25)
3.3.1 缓冲容量	(25)
3.3.2 缓冲溶液的配制	(26)
3.4 缓冲溶液在医学上的意义	(27)
习题	(28)
第四章 氧化还原和电极电位	(29)
4.1 氧化还原反应	(29)
4.1.1 基本概念	(29)
4.1.2 氧化数	(29)
4.2 原电池	(30)
4.2.1 原电池	(30)
4.2.2 原电池的组成和表示式	(30)
4.2.3 原电池的电动势	(31)
4.3 电极电位	(31)
4.3.1 标准氢电极与标准电极电位的测定	(31)
4.3.2 标准电极电位	(32)
4.3.3 浓度对电极电位的影响	(33)
4.4 电极电位的应用	(35)
4.4.1 比较氧化剂和还原剂的强弱	(35)
4.4.2 选择氧化剂和还原剂	(35)
4.4.3 判断氧化还原反应进行的方向	(35)
4.4.4 判断氧化还原反应进行的次序	(36)
4.5 电位法的若干应用	(36)
4.5.1 电位法测定溶液的 pH 值	(36)
4.5.2 生物电化学传感器	(38)
习题	(38)
第五章 物质结构	(40)
5.1 核外电子的运动状态	(40)
5.1.1 电子云的概念	(40)
5.1.2 量子数的概念	(42)
5.2 原子的电子构型和元素周期律	(44)
5.2.1 核外电子排布的规律	(44)
5.2.2 原子的电子构型和元素周期律	(45)
5.3 共价键	(47)
5.3.1 价键理论要点	(47)
5.3.2 共价键的类型和参数	(49)
5.3.3 杂化轨道理论	(51)
5.4 分子间力和氢键	(54)
5.4.1 范德华力	(54)

5.4.2 氢键	(56)
习题	(57)
第六章 配位化合物	(59)
6.1 配位化合物的基本概念	(59)
6.1.1 配位化合物的定义	(59)
6.1.2 配位化合物的组成	(59)
6.1.3 配位化合物的命名	(61)
6.2 配位化合物结构及稳定性	(61)
6.2.1 配位化合物的结构	(61)
6.2.2 配离子的稳定常数	(63)
6.2.3 稳定常数的应用	(65)
6.2.4 配位平衡的移动	(66)
6.3 螯合物	(68)
6.4 配合物在医药学中的应用	(69)
6.4.1 体内金属离子含量的控制	(69)
6.4.2 杀菌、抗病毒作用	(70)
6.4.3 抗癌药物	(70)
6.4.4 其他药物	(71)
习题	(71)
第七章 滴定分析法和吸光光度分析法	(73)
7.1 滴定分析法概述	(73)
7.1.1 滴定分析法的特点、常用的术语及分类	(73)
7.1.2 滴定分析对化学反应的要求	(73)
7.1.3 滴定分析的操作程序	(74)
7.1.4 滴定分析中的计算	(74)
7.1.5 滴定分析中的误差	(75)
7.1.6 提高分析结果准确度的方法	(77)
7.1.7 有效数字及计算规则	(78)
7.2 酸碱滴定法	(79)
7.2.1 酸碱指示剂	(79)
7.2.2 滴定曲线和指示剂的选择	(80)
7.2.3 酸碱标准溶液的配制与标定	(83)
7.2.4 酸碱滴定法的应用	(84)
7.3 氧化还原滴定法	(85)
7.3.1 氧化还原滴定法的基本原理	(85)
7.3.2 氧化还原滴定法的应用	(86)
7.4 配位滴定法	(91)
7.4.1 EDTA 及其配合物的性质	(91)
7.4.2 配位滴定的基本原理	(92)

7.4.3 金属离子指示剂	(94)
7.4.4 配位滴定应用示例	(95)
7.5 吸光光度法	(96)
7.5.1 吸光光度法的基本原理	(96)
7.5.2 吸光光度法的应用示例	(101)
习题	(101)
第八章 胶体溶液	(103)
8.1 表面现象	(103)
8.1.1 表面能与表面张力	(104)
8.1.2 吸附现象	(104)
8.1.3 表面活性物质	(105)
8.1.4 乳状液	(105)
8.2 溶胶	(106)
8.2.1 溶胶的基本性质	(106)
8.2.2 胶团的结构	(108)
8.2.3 溶胶的稳定性与聚沉	(108)
8.3 高分子溶液和凝胶	(109)
8.3.1 高分子溶液	(109)
8.3.2 高分子溶液的盐析	(110)
8.3.3 高分子溶液对溶胶的保护作用	(110)
8.3.4 凝胶	(110)
习题	(111)
第九章 化学热力学基础	(113)
9.1 热力学第一定律	(113)
9.1.1 基本概念和常用术语	(113)
9.1.2 热力学第一定律	(114)
9.2 化学反应的热效应	(116)
9.2.1 反应热和反应焓变	(116)
9.2.2 热化学方程式	(117)
9.2.3 盖斯定律	(118)
9.2.4 标准生成焓和标准燃烧焓	(119)
9.3 化学反应的方向	(121)
9.3.1 自发过程的共同特征和热力学第二定律	(122)
9.3.2 自发过程的动力和熵变	(122)
9.3.3 化学反应方向的判据	(124)
9.3.4 ΔG 与温度的关系	(125)
9.3.5 化学反应的吉布斯自由能变的计算	(125)
习题	(127)
第十章 化学反应速率	(129)

10.1	化学反应速率及其表示方法	(129)
10.2	化学反应速率理论简介	(130)
10.2.1	弹性碰撞和有效碰撞	(130)
10.2.2	活化分子和活化能	(131)
10.3	浓度对化学反应速率的影响	(132)
10.3.1	基元反应	(132)
10.3.2	质量作用定律	(132)
10.4	温度和催化剂对反应速率的影响	(134)
10.4.1	温度对反应速率的影响	(134)
10.4.2	催化剂对反应速率的影响	(135)
	习题	(135)
第十一章	开链烃	(137)
11.1	有机化合物和有机化学	(137)
11.1.1	有机化合物结构式的表示	(137)
11.1.2	有机化合物的特点	(138)
11.1.3	有机化合物的分类	(138)
11.2	烷烃、烯烃和炔烃	(140)
11.2.1	烷烃、烯烃和炔烃的结构	(140)
11.2.2	烷烃、烯烃和炔烃的同分异构现象	(142)
11.2.3	烷烃、烯烃和炔烃的命名	(144)
11.2.4	烷烃、烯烃和炔烃的理化性质	(146)
11.3	共轭二烯烃	(152)
11.3.1	共轭二烯烃的结构和命名	(152)
11.3.2	共轭二烯烃的反应	(154)
11.4	卤代烃	(155)
11.4.1	卤代烃的分类和命名	(155)
11.4.2	卤代烷的化学性质	(156)
	习题	(157)
第十二章	闭链烃	(160)
12.1	脂环烃	(160)
12.1.1	脂环烃的分类及命名	(160)
12.1.2	环烷烃的性质	(161)
12.1.3	环烷烃的结构	(162)
12.2	芳香烃	(163)
12.2.1	芳香烃的分类	(163)
12.2.2	苯分子结构的近代概念	(164)
12.2.3	苯同系物的异构和命名	(166)
12.2.4	苯及其同系物的物理性质	(167)
12.2.5	苯及其同系物的化学性质	(167)

12.2.6 苯环的亲电取代反应历程·····	(170)
12.2.7 苯环亲电取代反应的定位规律·····	(171)
12.2.8 稠环芳烃·····	(173)
习题·····	(176)
第十三章 醇、酚、醚·····	(178)
13.1 醇·····	(178)
13.1.1 醇的分类和命名·····	(178)
13.1.2 醇的性质·····	(179)
13.1.3 重要的醇·····	(184)
13.2 酚·····	(186)
13.2.1 酚的分类和命名·····	(186)
13.2.2 酚的结构和性质·····	(187)
13.2.3 重要的酚·····	(190)
13.3 醚·····	(192)
13.3.1 醚的结构、分类和命名·····	(192)
13.3.2 醚的性质·····	(192)
13.3.3 个别的醚·····	(194)
13.4 硫醇和硫醚·····	(194)
13.4.1 硫醇的结构和命名·····	(194)
13.4.2 硫醇的性质·····	(194)
13.4.3 硫醚的结构、命名和性质·····	(195)
习题·····	(196)
第十四章 醛和酮·····	(198)
14.1 醛、酮的分类和命名·····	(198)
14.1.1 醛、酮的分类·····	(198)
14.1.2 醛、酮的命名·····	(198)
14.2 醛、酮的性质·····	(200)
14.2.1 羰基的结构·····	(200)
14.2.2 醛、酮的物理性质·····	(200)
14.2.3 醛、酮的化学性质·····	(201)
14.3 重要的醛和酮·····	(206)
习题·····	(207)
第十五章 羧酸、羧酸衍生物和取代羧酸·····	(209)
15.1 羧酸·····	(209)
15.1.1 羧酸的分类和命名·····	(209)
15.1.2 羧酸的制备·····	(210)
15.1.3 羧酸的物理性质·····	(211)
15.1.4 羧酸的结构·····	(211)
15.1.5 羧酸的化学性质·····	(212)

15.1.6 重要的羧酸	(216)
15.2 羧酸衍生物	(219)
15.2.1 羧酸衍生物的分类和命名	(219)
15.2.2 羧酸衍生物的物理性质	(220)
15.2.3 羧酸衍生物的化学性质	(221)
15.2.4 重要的羧酸衍生物	(223)
15.3 羟基酸	(224)
15.3.1 羟基酸的分类和命名	(224)
15.3.2 羟基酸的性质	(225)
15.3.3 重要的羟基酸	(227)
15.4 羧基酸	(230)
15.4.1 羧基酸的结构和命名	(230)
15.4.2 酮酸的化学性质	(230)
15.4.3 酮式-烯醇式的互变异构现象	(232)
15.4.4 重要的酮酸	(233)
习题	(235)
第十六章 顺反异构和对映异构	(237)
16.1 顺反异构	(237)
16.1.1 顺反异构的概念和形成条件	(237)
16.1.2 Z-E命名法	(238)
16.1.3 顺反异构体在性质上的差异	(239)
16.2 旋光异构	(241)
16.2.1 偏振光和旋光性	(241)
16.2.2 旋光度和比旋光度	(242)
16.2.3 产生对映异构的原因	(242)
16.2.4 对映异构体的构型表示法	(244)
16.2.5 含有两个手性碳原子的分子	(248)
16.2.6 手性分子在生物界中的作用	(249)
习题	(250)
第十七章 含氮有机化合物	(252)
17.1 胺	(252)
17.1.1 胺的分类和命名	(252)
17.1.2 胺的结构	(253)
17.1.3 胺的制备	(255)
17.1.4 胺的物理性质	(255)
17.1.5 胺的化学性质	(256)
17.1.6 重要的胺及其衍生物	(262)
17.2 酰胺及其衍生物	(263)
17.2.1 酰胺的命名	(263)

17.2.2	酰胺的化学性质	(264)
17.2.3	尿素	(265)
17.2.4	胍	(266)
17.2.5	丙二酰脲	(266)
17.2.6	磺胺及磺胺类药物	(267)
17.3	杂环化合物	(267)
17.3.1	杂环化合物的分类和命名	(268)
17.3.2	吡咯、吡啶的结构和酸碱性	(269)
17.3.3	杂环化合物的重要衍生物	(270)
17.4	生物碱	(273)
17.4.1	生物碱的概念	(273)
17.4.2	生物碱的一般性质	(274)
17.4.3	常见的生物碱	(274)
	习题	(276)
第十八章	类脂化合物	(278)
18.1	油脂	(278)
18.1.1	油脂的组成	(278)
18.1.2	油脂的性质	(281)
18.2	磷脂	(282)
18.2.1	磷酸甘油酯	(283)
18.2.2	神经磷脂	(284)
18.3	甾族化合物	(285)
18.3.1	甾族化合物的结构	(285)
18.3.2	重要的甾族化合物	(287)
	习题	(291)
第十九章	糖类化合物	(293)
19.1	单糖的分类和结构	(293)
19.1.1	单糖的分类	(293)
19.1.2	单糖的开链结构和构型	(294)
19.1.3	葡萄糖的环状结构	(295)
19.1.4	果糖的环状结构	(297)
19.2	单糖的性质	(298)
19.2.1	脱水反应	(298)
19.2.2	在稀碱溶液中的异构化反应	(299)
19.2.3	糖的氧化反应	(300)
19.2.4	成脎反应	(301)
19.2.5	成苷反应	(302)
19.3	重要的单糖	(302)
19.3.1	D-(+)-核糖和 D-(+)-2-脱氧核糖	(302)

19.3.2	D - (+) - 葡萄糖	(303)
19.3.3	D - (+) - 半乳糖	(303)
19.3.4	D - (+) - 果糖	(303)
19.3.5	氨基糖	(304)
19.4	二糖	(304)
19.4.1	麦芽糖	(304)
19.4.2	纤维二糖	(305)
19.4.3	乳糖	(305)
19.4.4	蔗糖	(305)
19.5	多糖	(306)
19.5.1	淀粉	(306)
19.5.2	糖原	(308)
19.5.3	纤维素	(308)
19.5.4	杂多糖	(309)
	习题	(310)
第二十章	氨基酸、蛋白质和核酸	(312)
20.1	氨基酸	(312)
20.1.1	氨基酸的分类和命名	(312)
20.1.2	氨基酸的结构和构型	(314)
20.1.3	氨基酸的理化性质	(314)
20.2	蛋白质	(316)
20.2.1	蛋白质的分类	(316)
20.2.2	蛋白质的结构	(317)
20.2.3	蛋白质的理化性质	(321)
20.3	核酸	(323)
20.3.1	核酸的组成	(324)
20.3.2	核苷和单核苷酸	(324)
20.3.3	核酸的结构	(326)
	习题	(328)
	综合试题	(330)
	习题答案	(348)
	附录	(368)

第一章 溶 液

溶液与生命过程的关系极为密切。人的组织间液、血液、淋巴液及各种腺体的分泌液等都是溶液。食物的消化吸收，生命过程必需的氧的吸收和二氧化碳等代谢产物的排出以及体内的氧化还原反应等，都是在溶液中进行的，离开溶液，也就没有了生命。因此，掌握溶液的组分含量及其有关计算，熟悉溶液的某些性质，对医务工作者是十分必需的。

1.1 溶液的组成量度

溶液的组成量度有很多种表示方法。近年来，世界卫生组织提议：凡是相对分子质量已知的物质在人体内的含量，都用物质的量浓度表示；对于相对分子质量未知或尚未准确测得的物质，则可用质量浓度表示。为此，本章着重介绍这两种浓度。

1.1.1 物质的量浓度

1. 物质的量

物质的量是国际单位制（SI）中 7 个基本物理量之一。它是指给定的某一系统中所含某种特定粒子的数量（基本单元数），其单位为摩尔，符号 mol。若一系统中所包含的某基本单元数与 0.012kg ^{12}C 原子数目相等，则称该系统的物质的量为 1mol。0.012kg ^{12}C 原子数目等于阿伏加德罗常数（约为 6.02×10^{23} ）。上述的基本单元可以是分子、原子、离子及其他粒子或这些粒子的特定组合，所以在用单位摩尔时，必须注明基本单元。

1mol 物质的质量称为物质的摩尔质量，用符号 M 表示，其单位用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 表示。任何原子、分子及其他化学式的摩尔质量，若以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位，数值就等于该原子、分子或化学式相对质量，即相对原子质量（原子量）、相对分子质量（分子量）或化学式量。

物质的量（ n ）、物质的质量（ m ）和摩尔质量（ M ）之间的关系可用下式表示：

$$n = \frac{m}{M} \quad (1-1)$$

2. 物质的量浓度

物质的量浓度，在国际单位制（SI）中称为浓度，符号为 c 。物质 B 的浓度或物质的量浓度 c_B ，其定义是：

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-2)$$

式中 n_B 为以摩尔为单位的溶质 B 的物质的量， V 为溶液的体积，其单位为立方米

(m^3)。物质的量浓度 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 。医学上物质的量浓度常用单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (摩尔每升)、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (毫摩尔每升)、 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (微摩尔每升) 和 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (纳摩尔每升) 等。

值得注意的是, 在使用物质的量浓度时, 必须将该物质的基本单元指明, 它可以是原子、分子、离子以及其他离子或这些粒子的特定组合体, 可以是实际存在的, 也可以是根据需要而指定的。例如:

$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 表示每升溶液中含 $0.1 \text{mol}(\text{H}_2\text{SO}_4)$,

$c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 表示每升溶液中含 $0.2 \text{mol}\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$,

$c(\text{Ca}^{2+}) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 表示每升溶液中含 $0.1 \text{mol}(\text{Ca}^{2+})$ 。

例 1-1 正常人每 100mL 血浆中含 K^+ 19.5mg, Ca^{2+} 10mg, 这些离子的物质的量浓度 ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 为多少?

解 K^+ 摩尔质量为 $39 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 19.5mg K^+ 的物质的量

$$n(\text{K}^+) = \frac{19.5}{39} = 0.50(\text{mmol})。$$

K^+ 物质的量浓度 $c(\text{K}^+) = \frac{0.5}{100/1000} = 5 (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$ 。

同理, Ca^{2+} 物质的量浓度 $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{10/40}{100/1000} = 2.5 (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$ 。

1.1.2 质量浓度

质量浓度的定义是: 物质 B 的质量 (m_B) 除以混合物的体积 (V), 符号 ρ_B , 常用的单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-3)$$

过去用的质量-体积百分浓度应废止, 改用质量浓度代替。例如, 临床上给病人注射的等渗葡萄糖溶液, 过去标为 5%, 现在应标为 “ $50 \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ” 或 “ $0.28 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ”。对于体液中少数的相对分子质量尚未准确测定的物质可以使用质量浓度。例如, 免疫球蛋白 G(IgG) 的质量浓度的正常值范围为 $7.60 \sim 16.60 \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

物质 B 的质量浓度 ρ_B 与物质 B 的物质的量浓度 c_B 之间的关系为:

$$\rho_B = c_B M \quad (1-4)$$

例 1-2 100mL 碳酸氢钠溶液中含 1.25g 碳酸氢钠, 计算该溶液的质量浓度和物质的量浓度。

解 根据式 (1-3), 质量浓度为:

$$\rho(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{V} = \frac{1.25}{0.100} = 12.5(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$$

根据式 (1-4), 物质的量浓度为:

$$c(\text{NaHCO}_3) = \frac{\rho}{M} = \frac{12.5}{84} = 0.15(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

微量和痕量组分检测结果, 以前习惯用 ppm 或 ppb 表示。ppm 是指一百万份重量

的溶液中所含溶质的份数，ppb 是指十亿万份重量的溶液中所含溶质的份数。它们与溶液、溶质的重量有以下关系：

$$X(\text{ppm}) = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 10^6$$

$$X(\text{ppb}) = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 10^9$$

今后不应再使用“ppm”和“ppb”，应改用质量分数代替，用“ 10^{-6} ”和“ 10^{-9} ”分别表示之。

1.2 溶液的渗透压

1.2.1 渗透现象和渗透压

只能让溶剂分子透过而溶质分子不能透过的薄膜称为半透膜。将蔗糖溶液和水用理想半透膜隔开，并使膜内溶液的液面和膜外水的液面相平[图 1-1(a)]，过一段时间后，即可见膜内液面升高[图 1-1(b)]。我们把溶剂透过半透膜进入溶液的自发过程称为渗透。

产生渗透现象的原因是因为水分子可透过半透膜。膜外单位体积水中所含的水分子数要比膜内单位体积蔗糖溶液中所含的水分子数多，所以在单位时间内由膜外进入膜内的水分子数要比由膜内进入膜外的水分子数多，结果导致水分子从膜外（溶剂）向膜内（溶液）渗透。渗透结果使膜内溶液液面升高。液面升至一定的高度后，由于膜内水柱的压力而使膜内外水分子向相反方向扩散的速度相等，这时膜内液面不再升高，体系处于渗透平衡状态。为了阻止渗透的进行，即保持膜内外液面相平，必须在膜内溶液的液面上施加一额外压力[图 1-1(c)]，所加的这一额外压力称为渗透压，用符号 π 表示，单位为 kPa 或 Pa。

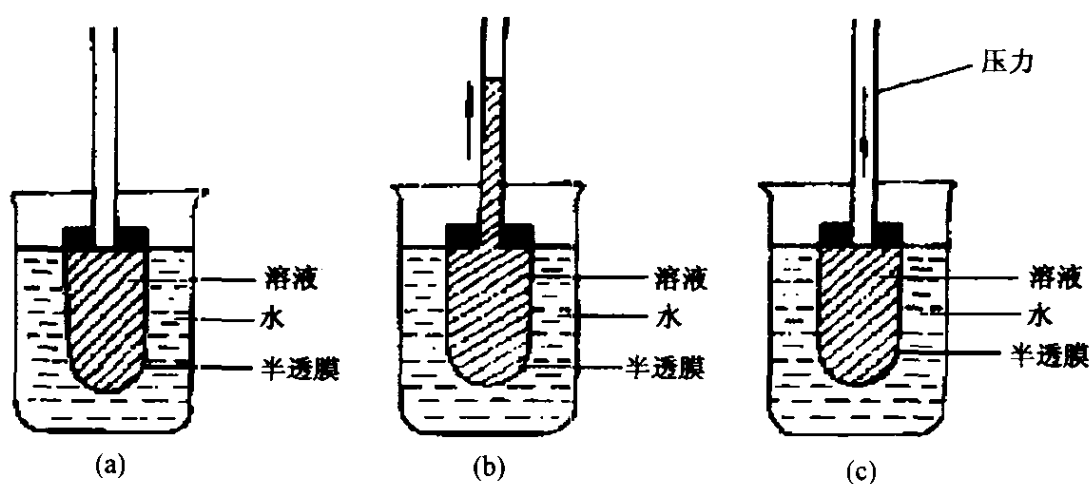


图 1-1 渗透现象和渗透压

渗透现象不仅存在于用半透膜隔开的溶液与溶剂之间，当膜内外均为溶液，且两侧溶液浓度不等时，亦有渗透现象发生。渗透的方向是溶剂（水）从稀溶液通过半透膜向浓溶液方向渗透。为维持膜内外液面相等而必须在浓溶液一侧加上额外压力即为两溶液渗透压之差。

渗透现象的发生，必须具备两个条件：一是有半透膜存在；二是在半透膜两侧的溶液浓度不等。

1.2.2 范托夫定律

荷兰物理化学家范托夫(van't Hoff)根据实验结果得出如下规律:稀溶液的渗透压与溶液的浓度和热力学温度的乘积成正比。这个定律称为范托夫定律,用方程式表示为:

$$\Pi = cRT = \frac{n}{V}RT \quad (1-5)$$

式中 Π 是溶液的渗透压, V 是溶液的体积, n 是溶质的物质的量, c 是溶液的物质的量浓度, R 是理想气体常数($8.314\text{kPa}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)。上式仅适用于非电解质溶液。该定律说明在一定温度下,稀溶液的渗透压只决定于单位体积溶液中所含溶质粒子数,而与溶质的种类无关。如 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的蔗糖溶液与 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液具有相同的渗透压。

在电解质溶液中,由于溶质离解,单位体积溶液中溶质的颗粒数目要比相同浓度的非电解质溶液多,所以渗透压大,因此计算电解质溶液的渗透压应按下式进行:

$$\Pi = icRT \quad (1-6)$$

式中 i 为校正系数,表示 1mol 溶质分子离解产生的离子的物质的量,如 NaCl 溶液的 i 值近似为 2, CaCl_2 溶液的 i 值近似为 3。

1.2.3 渗透浓度

体液中含有电解质组分和非电解质组分,所以也具有一定的渗透压。医学上常用渗透浓度来表示溶液的渗透压的大小。

渗透浓度,就是溶液中能产生渗透效应的各溶质质点(分子或离子)的总物质的量浓度,医学上把它定义为渗透浓度,单位为 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

对于非电解质来说, $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度的溶液,其渗透浓度就是 $1000\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。强电解质溶液,其渗透浓度等于溶液中的离子总浓度,即为 ic 。

例 1-3 分别计算生理盐水 $9\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaCl}$ 溶液和 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的渗透浓度。

解 $M(\text{NaCl}) = 58.5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 所以生理盐水的浓度为:

$$\frac{9 \times 1000}{58.5 \times 1} = 154 \text{ (mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

1mmol NaCl 在溶液中离解成 1mmol Na^+ 和 1mmol Cl^- , 故生理盐水的渗透浓度为:

$$154 \times 2 = 308 \text{ (mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

葡萄糖为非电解质, $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 故 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的渗透浓度为:

$$\frac{50}{180} \times 1000 = 278 \text{ (mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

正常人血浆中各种正、负离子的总浓度约为 $290.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。临床上规定血浆总渗透浓度的正常范围为 $280\sim 320\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.2.4 渗透压在医学上的意义

1. 等渗、低渗和高渗溶液

在同一温度下,渗透压相等的两种溶液叫做等渗溶液。否则,相对说来渗透压较高