

全国医学专科学校教材

医用化学

第二版

- 供医学专业用
- 杜广才 主编

● 人民卫生出版社

医 用 化 学

· 主编 王 明
· 副主编 王 明

· 出版 王 明

全国医学专科学校教材

(供医学专业用)

医 用 化 学

第 二 版

杜 广 才 主 编

编者(按姓氏笔划为序)

陈亚民 杜广才 张其河

人 民 卫 生 出 版 社

医 用 化 学

第 二 版

杜 广 才 主编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版
(北京市崇文区天坛西里10号)

天 水 新 华 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米16开本 21 $\frac{1}{4}$ 印张 491千字

1980年11月第1版 1988年10月第2版第10次印刷

印数：153,681—197,280

ISBN 7-117-00078-3/R·79 定价：4.20元

二 版 前 言

为适应高等医学教育改革及医学发展的需要,借卫生部组织修订医学专科教材的短暂机会,对第一版《医用化学》做了部分修改和调整,改编后全书仍为十六章,具体变动如下:

1. 鉴于《绪言》中有的内容较为陈旧,而化学与医学的关系;学生可在学习化学过程中逐步加深理解,因而予以取消。

2. 考虑到与全国全日制中学化学教材的衔接,删掉了原子结构与分子结构;溶液浓度中的百分浓度、摩尔浓度、当量浓度的概念及其有关换算;氧化还原等章节。

3. 将原书中分散介绍的有关容量分析的内容合并改写为第三章容量分析与比色分析。

4. 在有机化学部分,将原书中的胺与酰胺、杂环化合物与生物碱两章合并缩写为第十五章含氮的有机化合物,内容略有变动。同时增写了第十二章立体异构。

5. 在附录中增加了教学安排及时间分配表,以供教师们参考使用。

愿借《医用化学》就要再版之际,我们向对第一版教材提供资料并大力支持的白求恩医科大学的徐景达教授以及对第一版教材提出宝贵意见和建议的同志表示深切的谢意。

由于修改时间匆忙,错误及不足之处在所难免,敬希批评指正。

编 者

1988年1月

修订版说明

医学专科教育作为高等医学教育的一个重要层次，将在相当长的时期内存在和发展，以适应为农村培养人才这一卫生工作战略重点的需要。现行的全国医学专科学校试用教材编写出版于八十年代初，总体说已不完全符合形势发展的要求。为此，将通过医专教育改革的实践，着手组织编写一套新教材；而在新教材出版前，约请教材主编对各门教材进行了必要的局部修订，主要是更新过于陈旧的内容和改用法定计量单位，重新排印出版，作为过渡。这次修订，由于时间紧迫，改动范围不大，未能邀请全体编者参与工作，在此致以歉意。

人民卫生出版社

卫生部教材办公室

1988年2月

目 录

第一章 溶液的浓度和渗透压	1
第一节 溶液的浓度	1
一、溶液浓度的表示法	1
二、溶液的配制及浓度的有关计算	4
第二节 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、医学中的渗透压单位——毫渗量/升	9
四、渗透压在医学中的意义	10
第二章 pH 值与缓冲溶液	12
第一节 电解质在溶液中的电离及溶液的酸碱性	12
一、弱电解质在溶液中的电离	12
二、强电解质在溶液中的电离	14
三、溶液的 pH 值	15
四、酸碱的质子理论	16
第二节 缓冲溶液的组成及其作用	18
一、缓冲作用及缓冲溶液的概念	18
二、缓冲溶液的组成	18
三、缓冲作用原理	19
第三节 缓冲溶液 pH 值的计算	20
第四节 缓冲容量和缓冲溶液的配制	21
一、缓冲容量	21
二、缓冲溶液的配制	23
第五节 缓冲溶液在医学上的意义	27
第六节 缓冲比色法测定溶液的 pH 值	28
一、酸碱指示剂理论	28
二、缓冲比色法测定溶液 pH 值的原理	30
第三章 容量分析和比色分析	32
第一节 容量分析概述	32
一、容量分析法的实质和方法	32
二、容量分析法的操作程序	33
第二节 酸碱滴定法	38
一、中和滴定曲线和指示剂的选择	38
二、酸碱滴定法的应用实例	40
第三节 氧化还原滴定法	41
一、概述	41
二、高锰酸钾法	42
三、碘量法	43
第四节 比色分析法	45
一、比色法的基本原理	46
二、比色分析的方法	47
三、比色分析的应用实例——血糖的测定	48
第四章 络合物	50
第一节 络合物的基本概念	50
一、络合物的定义	50
二、络合物的组成	51
三、络合物的命名	52
第二节 络合物的结构及稳定性	52
一、络合物的结构	52
二、络合物在水溶液中的稳定性	53
第三节 内络合物——螯合物	54
一、内络合物(螯合物)的概念	54
二、氨羧络合剂及氨羧络合滴定	55
第四节 络合物在医学上的应用	58
第五章 电极电位与电动势	60
第一节 原电池	60
第二节 电极电位与电动势	61
一、电极电位的产生	61
二、电极电位的测定	62
三、电极电位与电动势的计算	65
四、电极电位的应用	67
第三节 电位法测定溶液的 pH 值	69

一、电位法测定 pH 值的基本原理	69
二、甘汞电极和玻璃电极	70
三、电位法测定溶液 pH 值的方法	71
第六章 胶体溶液	74
第一节 胶体的基本概念和分类	74
第二节 溶胶的性质	75
一、胶粒对滤器的透过性	75
二、光学性质——丁铎尔现象	76
三、动力学性质——布朗运动	76
四、界面性质——吸附作用	77
五、电学性质	81
六、溶胶的稳定性和聚沉	83
第三节 高分子化合物溶液	84
一、高分子化合物的概念	84
二、高分子化合物溶液的形成和特征	84
三、高分子溶液对溶胶的保护作用	86
第四节 凝胶	86
一、凝胶的形成	86
二、凝胶的几种性质	87
第五节 膜平衡	88
一、膜平衡的概念	88
二、膜平衡的原理	88
第七章 有机化合物概述	91
第一节 有机化学的研究对象	91
第二节 有机化合物的特点	91
第三节 有机化合物的结构理论	92
一、有机化合物的结构	92
二、有机结构的电子理论	94
第四节 有机化合物的分类	97
第八章 烃和烃的卤代物	99
第一节 烷烃	99
一、烷烃的通式和同系列	99
二、烷烃的异构现象	99
三、烷烃的命名	100
四、单键的电子概念	101
五、烷烃的物理性质	102
六、烷烃的化学性质	103
七、重要的烷烃	103

第二节 烯烃	104
一、烯烃的异构和命名	104
二、双键的电子概念	105
三、烯烃的化学性质	106
四、二烯烃	109
第三节 炔烃	111
一、炔烃的异构和命名	111
二、三键的电子概念	111
三、炔烃的化学性质	112
第四节 脂环烃	113
一、脂环烃的命名	113
二、脂环烃的化学性质	115
第五节 芳香烃	116
一、苯的结构	116
二、苯同系物的异构和命名	116
三、苯及其同系物的化学性质	117
四、稠苯	120
第六节 烃的卤代物(卤烃)	121
一、分类及命名	121
二、烃的卤代物的水解	121
三、重要的烃卤代物	122
第九章 醇、酚和醚	125
第一节 醇	125
一、醇的分类	125
二、醇的命名法	126
三、饱和一元醇的理化性质	126
四、重要的醇	130
第二节 酚	132
一、酚的结构、分类和命名	132
二、酚的电子结构	133
三、酚的化学性质	133
四、重要的酚	134
第三节 醚	136
一、醚的结构和命名	136
二、乙醚	136
第十章 醛、酮和醌	139
第一节 醛和酮	139
一、醛、酮的命名	139
二、醛、酮的化学性质	140
三、重要的醛和酮	145

第二节 醌	146
一、醌类的结构	147
二、醌的命名	147
三、重要的醌	148
第十一章 有机酸	151
第一节 羧酸	151
一、分类和命名	151
二、羧酸的化学性质	152
三、重要的羧酸	155
第二节 羟基酸	157
一、羟基酸的结构、分类和命名	157
二、化学性质	157
三、重要的羟基酸	159
第三节 酮酸	161
一、结构和命名	161
二、重要的酮酸	161
三、互变异构现象	163
第十二章 立体异构	166
第一节 顺反异构现象	167
一、顺反异构的类型	167
二、Z-E 构型命名法	168
三、顺反异构体的性质	169
第二节 旋光异构现象	170
一、偏振光和旋光性	170
二、旋光度与比旋光度	171
三、产生旋光异构现象的原因	171
四、旋光异构体的构型及其标记法	173
五、旋光异构体的数目	176
六、旋光异构体的性质	177
第三节 构象异构	177
一、乙烷的构象	177
二、正丁烷的构象	178
三、环己烷的构象	179
四、十氢萘的构象	180
第十三章 酯和脂类	183
第一节 酯	183
一、酯的结构和命名	183
二、酯的生成(酯化反应)	183
三、酯的水解作用	184
第二节 脂类	185
一、油脂	185

二、类脂	188
第十四章 糖类	194
第一节 单糖	194
一、单糖的结构	195
二、单糖的化学性质	199
三、重要的单糖	201
第二节 二糖	203
一、二糖的结构和分类	203
二、重要的二糖	204
第三节 多糖	207
一、淀粉	207
二、糖元	208
三、纤维素	209
四、粘多糖	209
五、右旋糖酐	211
第十五章 有机含氮化合物	212
第一节 胺	212
一、分类和命名	212
二、化学性质	213
三、重要的胺	217
第二节 酰胺	218
一、酰胺的结构和命名法	218
二、尿素	219
三、丙二酰脲	220
四、胍	221
五、磺胺药物	222
第三节 含氮杂环化合物	223
一、杂环化合物的分类和命名	223
二、吡咯和吡啶的结构	225
三、吡咯和吡啶的性质	226
四、重要的含氮杂环化合物	227
第四节 生物碱	232
一、概述	232
二、生物碱的一般性质	233
三、生物碱的一般提取法	234
四、重要的生物碱	234
第十六章 氨基酸、蛋白质和核	
酸	239
第一节 氨基酸	239
一、氨基酸的概念	239
二、氨基酸的结构和构型	239

三、氨基酸的分类和命名·····	240	实验五 缓冲溶液及溶液 pH 值的比色测定·····	281
四、氨基酸的理化性质·····	240	实验六 水质总硬度的测定·····	286
第二节 蛋白质·····	245	实验七 双氧水中 H_2O_2 的含量测定·····	289
一、蛋白质的元素组成·····	245	实验八 用 pH 计测定溶液的 pH 值·····	291
二、蛋白质的结构·····	246	实验九 胶体和吸附·····	294
三、蛋白质的理化性质·····	248	实验十 常压蒸馏和沸点的测定·····	296
四、蛋白质的分类·····	252	实验十一 熔点的测定·····	301
第三节 核酸·····	253	实验十二 乙酰苯胺的合成、纯化及重结晶·····	302
一、核酸的概念、分类和生理功能·····	253	实验十三 醇、酚、醛和酮的性质·····	304
二、核酸的水解·····	254	实验十四 糖、胺、酰胺及蛋白质的性质·····	309
三、组成核酸的成分·····	254	实验十五 葡萄糖比旋度的测定·····	312
四、组成核酸的基本单位——核苷酸·····	256	实验十六 氨基酸的纸上层析和纸上电泳·····	314
五、核酸中核苷酸的连接方式·····	257	II. 附表·····	319
六、核酸分子的空间构型·····	258	一、在 20°C 时强酸溶液的比重·····	319
七、重要的单核苷酸及其衍生物·····	259	二、在 20°C 时常用碱溶液的比重·····	320
附录·····	262	三、在 20°C 时酒精溶液的比重·····	320
I. 实验部分·····	262	四、弱电解质的电离常数 (25°C)·····	321
化学实验须知·····	262	五、对数表逆对数表·····	322
实验一 溶液的配制与稀释·····	263	六、元素周期表·····	328
实验二 容量仪器的使用及滴定操作·····	267	七、教学安排及时间分配表·····	329
实验三 分析天平的使用·····	274		
实验四 酸碱滴定·····	278		

第一章 溶液的浓度和渗透压

第一节 溶液的浓度

溶液的浓度就是指一定量的溶剂或溶液中所含溶质的量。在实际应用中常通过控制溶液的浓度来达到不同的要求。诸如化学反应，给病人用药（如溶液、注射液），都要求一定的浓度。因此，在具体应用溶液时，必须明确溶液的浓度。

一、溶液浓度的表示法

下面介绍几种医药卫生工作中常使用的溶液浓度的表示法：

（一）比例浓度

指1克固体或1毫升液体溶质，加溶剂配成X毫升的溶液，称为比例浓度。符号用1:X表示。如1:5的溴化钾溶液就是把1克溴化钾用水溶解配成5毫升的溶液，1:1000的高锰酸钾溶液就是把1克高锰酸钾用水溶解配成1000毫升的溶液。

（二）ppm 浓度

在环境卫生工作中，当表示一些微量有害物质的含量以及配制一些极稀的溶液时，常使用这种浓度表示。例如，饮用水中汞的最高允许浓度为0.001ppm，则表示每千克饮用水中汞的含量不得超过0.001毫克。

ppm 是指一百万份重量的溶液中所含溶质的份数。ppm 与溶液、溶质的重量有以下关系：

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

（三）毫克百分浓度

体液中一些溶质的数量较少，用克作单位太大，故在临床化验中常用毫克百分浓度。即以100毫升溶液中所含溶质的毫克数来表示的浓度，称为毫克百分浓度，用符号mg%表示。如血钾19.5mg%，即表示100毫升血浆中含钾19.5mg。

（四）离子的毫当量浓度

我们在中学时已学习了元素及化合物的当量、克当量、克当量数、当量浓度的概念及其计算方法。为了便于说明和应用毫当量浓度，需要说明离子的当量、毫克当量、毫克当量数等概念。

1. 离子的当量：离子与离子也是按照当量关系相互结合的。某一离子能与一个1价的阳（或阴）离子相结合的重量，称为该离子的当量。

如NaCl中的Na⁺与一个1价的Cl⁻相结合的重量为23，则Na⁺的当量为23，也就是等于它的原子量。CaCl₂中的Ca²⁺，能与两个1价的Cl⁻结合，则Ca²⁺的当量为其原子量的 $\frac{1}{2}$ ，即等于 $\frac{40}{2} = 20$ 。

所以

$$\text{离子的当量} = \frac{\text{原子量}}{\text{离子的电荷数}}$$

$$\text{根离子的当量} = \frac{\text{根中各原子量总和}}{\text{根的电荷数}}$$

例如: Mg^{2+} 的当量 $= \frac{24}{2} = 12$

$$\text{HCO}_3^- \text{ 的当量} = \frac{61}{1} = 61$$

当量的单位用克表示时称为克当量, 如果当量的单位用毫克表示时就称为毫(克)

当量。克当量 $= 1000$ 毫克当量, 即 1 毫克当量 $= \frac{1}{1000}$ 克当量。

例如: Na^+ 的克当量 $= 23$ 克

$$\text{Na}^+ \text{ 的毫克当量} = 23 \text{ 毫克} = 0.023 \text{ 克}$$

$$\text{NaCl 的克当量} = 58.5 \text{ 克}$$

$$\text{NaCl 的毫克当量} = 58.5 \text{ 毫克} = 0.0585 \text{ 克}$$

2. 克当量数和毫克当量数: 一定重量的物质相当于该物质几个克当量或毫克当量, 这个“几个”就是该物质的克当量数或毫克当量数。物质的重量、克当量(毫克当量)、克当量数(毫克当量数)三者关系为:

$$\text{物质的克当量数} = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的克当量(克)}} \quad (1-1)$$

$$\text{物质的毫克当量数} = \frac{\text{物质的重量(毫克)}}{\text{物质的毫克当量(毫克)}} \quad (1-2)$$

例 1, 0.252 克 NaHCO_3 等于多少个毫克当量?

解: NaHCO_3 的当量 $= \frac{84}{1} = 84$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ 的毫克当量} = 84 \text{ 毫克} = 0.084 \text{ 克}$$

$$\text{所以, } 0.252 \text{ 克 } \text{NaHCO}_3 \text{ 的毫克当量数} = \frac{252}{84} = 3$$

$$(\text{或 } \frac{0.252}{0.084} = 3)$$

例 2, 临床上纠正酸中毒时常用 11.2% 乳酸钠针剂, 每支为 20ml , 问一支针剂中含多少毫(克)当量的乳酸钠?

解: 一支针剂中含乳酸钠的克数:

$$\frac{11.2}{100} \times 20 = 2.24(\text{g})$$

已知乳酸钠 ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$) 的分子量为 112 , 所以它的毫克当量为 $\frac{112}{1} = 112$ 毫克, 依式 (1-2) 得:

$$\text{一支针剂中乳酸钠的毫(克)当量数} = \frac{2240}{112} = 20$$

由于人体所含各种无机盐类数量很少, 故离子常用毫当量表示, 毫当量、毫当量数、

重量三者关系为：

$$\text{离子的克当量数} = \frac{\text{离子的重量}}{\text{离子的克当量}}$$

$$\text{离子的毫当量数} = \frac{\text{离子的重量}}{\text{离子的毫当量}}$$

例 3, 1.633 克的 Na^+ 等于多少毫（克）当量？

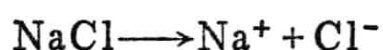
解：

$$\text{Na}^+ \text{ 的毫当量} = 23 \text{ 毫克} = 0.023 \text{ 克}$$

$$\therefore \text{Na}^+ \text{ 的毫当量数} = \frac{1.633 \text{ 克}}{0.023 \text{ 克}} = 71 \text{ 或 } \frac{1633}{23} = 71$$

例 4, 500 毫升的生理盐水 (0.9% NaCl 溶液) 中含 Na^+ 和 Cl^- 各多少毫当量？

解：因 NaCl 为强电解质，在水溶液中全部电离成离子：



一个毫当量 一个毫当量 一个毫当量

从电离式可以看出一个毫当量的 NaCl 可电离出一个毫当量的 Na^+ 和一个毫当量的 Cl^- ，即在电解质溶液中，强电解质的毫当量数和离子的毫当量数有以下的关系：

电解质的毫当量数 = 阳离子的毫当量数 = 阴离子的毫当量数。

这样求出 NaCl 的毫当量数，就等于求出 Na^+ 和 Cl^- 的毫当量数。

500 毫升生理盐水中 NaCl 的毫当量数为：

$$\frac{0.9}{100} \times 500 \times 1000 = 4500 \text{ (毫克)}$$

表 1-1 正常人血浆的电解质浓度

电 解 质	含 量		单 位
	mg %		mEq/L
阳离子	Na^+	326	142
	K^+	19.5	5
	Ca^{2+}	10	5
	Mg^{2+}	3.6	3
	阳离子总量：	359.1	155
阴离子	Cl^-	365.7	103
	HCO_3^-	164.7	27
	SO_4^{2-}	1.6	1
	HPO_4^{2-}	9.6	2
	有机酸	21.0	6
	蛋白质	6500	16
	阴离子总量：	7062.6	155

而 NaCl 的毫当量 = 58.5 毫克

因此, 500 毫升生理盐水中含 NaCl 的毫当量数为:

$$\frac{4500 \text{ 毫克}}{58.5 \text{ 毫克}} = 76.9 \text{ (毫当量)}$$

3. 离子的毫当量浓度 (mEq/L): 体液中的电解质或离子的含量比较少, 常用毫当量浓度来表示。毫当量浓度就是用 1 升溶液中所含溶质的毫当量数来表示的浓度。用符号 mEq/L 表示。

正常人血浆中的各种离子的平均浓度如表 1-1 所示。

从表 1-1 可以看出, 血浆中电解质的含量若以 mg% 表示, 则阴离子总浓度几乎是阳离子总量的 20 倍。若以毫当量浓度表示, 则血浆中阴离子和阳离子的总浓度相等, 均为 155mEq/L。阴、阳离子的毫当量浓度相等的事实就清楚地反映出血浆中阴离子和阳离子的电荷是等量存在的。

二、溶液的配制及浓度的有关计算

(一) 溶液的制备

例如, 配制 1/6 M NaHCO_3 溶液 500 毫升, 需取多少克 NaHCO_3 , 怎样加水溶解?

解: 1 摩尔的 $\text{NaHCO}_3 = 84$ 克

1/6M 的 $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ 克} \times 1/6 = 14 \text{ 克}$

设需用 NaHCO_3 为 X 克

则 $1000:500 = 14:X$

$$X = \frac{14 \times 500}{1,000} = 7 \text{ 克}$$

称量 7 克 NaHCO_3 , 加少量水使之溶解, 然后继续加水至 500 毫升, 混匀即得。

(二) 溶液的稀释

在医疗实际工作中, 常常要把一种浓溶液, 或把一种浓溶液和一种较稀的溶液配成中间浓度的溶液。

在溶液稀释时需要掌握的一个原则就是: 稀释前后溶液中溶质的量不变。

在这里我们介绍两种常用的简便计算方法。

1. 稀释公式: $C_1 V_1 = C_2 V_2$ (1-3)

C_1 、 V_1 代表溶液稀释前的浓度和体积。

C_2 、 V_2 代表溶液稀释后的浓度和体积。

这个稀释公式, 不仅适合于 %(ml/ml)、%(g/g)、%(g/ml) 三种百分浓度, 也适合于摩尔浓度和当量浓度, 应用时的关键在于注意单位一致。

2. 十字交叉法 (或称对角线法)

$$\begin{array}{ccc} C_1 & \diagdown & V_1(W_1) \\ & C_3 & \\ C_2 & \diagup & V_2(W_2) \end{array} \quad (1-4)$$

C_1 及 C_2 分别表示原来浓溶液和稀溶液的浓度, C_3 是欲配制溶液的浓度, V_1 和

V_2 或 W_1 和 W_2 分别表示对应于 C_1 和 C_2 的原来溶液的体积或重量。其数值可由下法求得：

$$V_1(W_1) = C_3 - C_2$$

$$V_2(W_2) = C_1 - C_3$$

十字交叉公式，也适用于各种浓度，只是注意稀释前后的浓度和体积的单位应该一致。

例 1，如何由市售的 95% 酒精配制消毒用的 75% 酒精 500 毫升？

解 1：根据 $C_1V_1 = C_2V_2$

(1-3)

已知 $C_1 = 95\%$ $C_2 = 75\%$

$V_1 = X$ 毫升 $V_2 = 500$ 毫升

代入式 (1-3)

$$95\% \times X = 75\% \times 500$$

$$X = \frac{75\% \times 500}{95\%}$$

$$= 395 \text{ (毫升)}$$

取 95% 酒精 395 毫升，加水稀释至 500 毫升，混匀即得。

解 2：根据十字交叉法

已知 $C_1 = 95\%$ $C_2 = 0$ $C_3 = 75\%$

$$\begin{array}{ccc} 95 & & 75 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 75 & \\ & \nearrow & \searrow \\ 0 & & 20 \end{array}$$

$$V_1 = 75 - 0 = 75$$

$$V_2 = 95 - 75 = 20$$

即取 95% 酒精 75 毫升，取水 20 毫升混合，即成为 75% 的酒精。

则需 95% 酒精的量： $\frac{75}{95} \times 500 = 395$ (毫升)

取 95% 酒精 395 毫升，加水稀释至 500 毫升，混匀即得。

例 2，某患者所需用 10% (g/ml) 葡萄糖溶液，现有 50% (g/ml) 和 5% (g/ml) 的葡萄糖溶液两种，问要用这两种溶液各多少毫升可配成 10% 的溶液 450 毫升？（设混合时体积不发生变化）。

解：根据交叉公式

$$\begin{array}{ccc} 50 & & 5 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 10 & \\ & \nearrow & \searrow \\ 5 & & 40 \end{array}$$

$$V_1 = 10 - 5 = 5$$

$$V_2 = 50 - 10 = 40$$

即取 50% 葡萄糖溶液 5 毫升，5% 葡萄糖溶液 40 毫升，混匀即成为 10% 葡萄糖溶液。

如欲配成 10% 葡萄糖溶液 450 毫升，则：50% 所需毫升数： $\frac{5}{45} \times 450 = 50$ (毫升)，

5% 所需毫升数： $\frac{40}{45} \times 450 = 400$ (毫升)

(三) 浓度的换算

例如，正常人血浆中 K^+ 含量为 19.5mg%，问其毫当量浓度 (mEq/l) 为多少？

解：因为 mEq/l 是指 1000 毫升溶液中所含离子的毫克当量数，所以首先求出 1000 毫升血浆中 K^+ 的含量：

$$19.5\% \times 1000 = 195\text{mg}$$

然后将 K^+ 的重量换算成毫克当量数，可按下式计算：

$$\text{离子的当量} = \frac{\text{离子的原子量 (或原子量之和)}}{\text{离子的电荷数}}$$

$$\therefore K^+ \text{ 的当量} = \frac{39}{1} = 39$$

$$K^+ \text{ 的毫克当量} = 39.5 \text{ 毫克}$$

$$K^+ \text{ 的毫克当量数} = \frac{\text{重量}}{\text{毫克当量}} = \frac{195}{39} = 5 \text{ (毫克当量)}$$

1000 的毫升血浆中含 K^+ 5 毫克当量，故其毫当量浓度为 5mEq/L。

根据以上计算，可以总结出毫克百分浓度 (mg%) 换算为毫当量浓度 (mEq/L) 的公式：

$$\frac{\text{mg} \times 10 \times \text{离子的电荷数}}{\text{原子量}} = \text{mEq/L} \quad (1-5)$$

第二节 溶液的渗透压

人体的体液不仅有一定的成分，而且还有一定的分布和一定的容量，这对于人体维持正常生理功能有着密切的关系，而体液的渗透压在其中起着一定的协调作用。临床上给病人大量补液时要特别注意溶液的浓度，如补液的浓度不当，过浓或过稀都将产生不良后果，甚至造成死亡。这也和溶液的渗透压有密切关系。

一、渗透现象和渗透压

要了解渗透现象，需从扩散谈起：将一滴蓝墨水滴进一杯水中，很快就会使整杯水染成蓝色。在盛有浓糖水的杯子中，在液面上小心地加入一层清水，过一会儿，上面的水也有甜味了，最后得到浓度均匀的糖水。以上现象是由于溶质分子和溶剂分子相互扩散的结果。两种不同浓度的溶液相互接触时，同样也会发生扩散现象，最后成为浓度均匀的溶液。

如果我们用一种只让溶剂分子通过，而溶质分子不能通过的半透膜，把水和糖水隔开，如图 1-1 所示。则水分子将通过半透膜进入糖溶液，使溶液的体积增大，浓度降低。将两种浓度不同的溶液用半透膜隔开，同样可以使稀溶液的溶剂分子通过半透膜扩散到浓溶液中去。

我们把这种溶剂分子通过半透膜由纯溶剂进入溶液或由稀溶液进入浓溶液的扩散现象，称为渗透现象，简称渗透。产生渗透现象必须具备两个条件：一是有半透膜存在；二是半透膜两侧有不同浓度的溶液。

常用的半透膜有膀胱膜、硫酸纸、玻璃纸、火棉胶膜等，半透膜的半透性如图 1-2 所示。机体内的细胞膜、毛细血管壁等都是生物半透膜，其半透性不完全，往往可以或

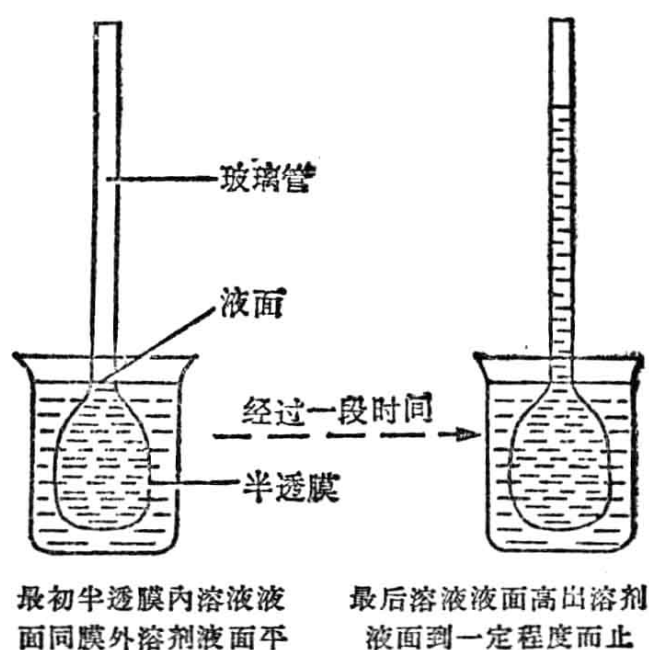


图 1-1 渗透现象示意图

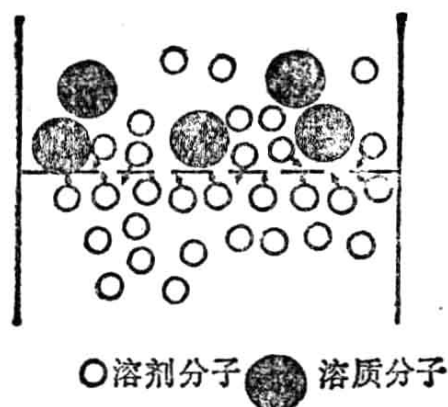


图 1-2 半透膜示意：溶剂分子透过，溶质分子透不过

多或少地使低分子溶质或离子透过。

人工制造的亚铁氰化铜半透膜较为理想，有良好的半透性。

为什么会发生渗透现象呢？这是因为同体积内纯溶剂（或稀溶液）中水分子数目比溶液（或浓溶液）中水分子数多。在单位时间内，从纯溶剂（或稀溶液）方面进入溶液（或浓溶液）的分子多，相反地从溶液（或浓溶液）方面进入纯溶剂（或稀溶液）的水分子少，因此，溶液液面缓缓上升，开始产生静水压力，这种压力逐渐增大，它阻止溶剂向溶液中渗透。当液面上升到一定高度时，就会出现溶剂分子进出半透膜的速度相等的动态平衡，于是液面停止上升。这种恰能阻止渗透现象继续发生，而达到动态平衡的压力，称为渗透压。渗透压的单位为毫米汞柱（mmHg）或大气压。（现改用帕或千帕）。

二、渗透压与浓度、温度的关系

范特荷甫(Vant Hoff)根据实验数据得出溶液渗透压与浓度、温度的关系如下式：

$$P_{\text{渗}} = CRT \quad (1-6)$$

式中 $P_{\text{渗}}$ 为溶液的渗透压

C 为溶液的浓度

T 为绝对温度 ($T = 273^\circ + t^\circ\text{C}$)

R 为常数即 $0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压/度} \cdot \text{摩尔}$

由上式可得出：稀溶液的渗透压与溶液的摩尔浓度及绝对温度成正比，而与溶质及溶剂的种类无关。这个规律叫做渗透压定律或范特荷甫定律。这个定律的重要意义在于说明，在一定温度下，稀溶液的渗透压只与单位体积溶液内的溶质颗粒数成正比，而与溶质的性质（如轻重、分子或离子等）无关。

上式仅适用于非电解质溶液。非电解质的分子在溶液中不电离，起渗透作用的粒子就是非电解质分子。对任何非电解质溶液，在相同温度下，只要摩尔浓度相同，单位体积内溶质颗粒数目就相等，它们的渗透压也必相等。

例如， 0.3M 的葡萄糖溶液与 0.3M 蔗糖溶液的渗透压相等。在 37°C 时它们的渗