

经卫生部教材评审委员会
审订的规划教材

全国医学专科学校教材

供医学专业用

医用化学

第三版

杜广才 主编



人民卫生出版社

全国医学专科学校教材

供医学专业用

医 用 化 学

第 三 版

杜 广 才 主 编

编者（按姓氏笔画为序）

陈亚民（济宁医学院）

杜广才（承德医学院）

沈全法（开封医学专科学校）

李克君（洛阳医学专科学校）

张其河（桂林医学院）

张之江（恩施医学专科学校）

人 民 卫 生 出 版 社

(京)新登字081号

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/杜广才主编.-3版.-北京:人民卫生出版社,1994

全国医学专科学校教材

ISBN 7-117-00078-3

I.医… II.杜… III.医学-应用化学-医学专科学校-教材 IV.R313

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第02897号

医 用 化 学

第 三 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)

北京育才学校印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 17 $\frac{1}{2}$ 印张 402千字

1980年11月第1版 1994年8月第3版第18次印刷

印数:356 081—451 080

ISBN 7-117-00078-3/R·79 定价:9.00元

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究。

临床医学专科第三轮教材说明

医学专科第一轮、第二轮全国统编教材在发展我国医学专科教育方面发挥了重要作用。随着医学科学的迅速发展,医学模式的转变和我国基层卫生工作改革的不断深化,第二轮教材已不能完全适应形势发展的要求。根据国家教委的有关指示和规定,1990年卫生部着手组织临床医学专科第三轮教材的修订、编写工作,成立了临床医学专科教材评审委员会,确定修订、编写的指导思想、原则、计划及质量控制措施。

本轮教材服从于“2000年人人享有卫生保健”的卫生工作战略目标,贯彻预防为主,突出实践,面向基层,医疗、预防、保健相结合的方针,力求编出临床医学专科教材的特色。

全套教材计有:

- | | | | |
|--------------------|--------|----------------|-------------|
| 1. 《医用物理学》第三版 | 明纪堂 主编 | 13. 《诊断学》第三版 | 贾民谊 主编 |
| 2. 《医用化学》第三版 | 杜广才 主编 | | 刘文钦 副主编 |
| 3. 《人体解剖学》第三版 | 刘方 主编 | 14. 《内科学》第三版 | 祝惠民 主编 |
| 4. 《组织学和胚胎学》第三版 | | | 黄泳齐 副主编 |
| | 刘贤钊 主编 | 15. 《外科学》第三版 | 叶舜宾 主编 |
| 5. 《生理学》第三版 | 钟国隆 主编 | | 魏育贤、王竞武 副主编 |
| 6. 《生物化学》第三版 | 黄治森 主编 | 16. 《妇产科学》第三版 | 赵克忠 主编 |
| 7. 《医学免疫学和微生物学》第三版 | | 17. 《儿科学》第三版 | 刘玉生 主编 |
| | 童竞亚 主编 | 18. 《传染病学》 | 刘应麟 主编 |
| 8. 《人体寄生虫学》第三版 | | 19. 《五官科学》第三版 | 吴博亚 主编 |
| | 胡昌仁 主编 | | 苏启明、周亮 副主编 |
| 9. 《病理学》第三版 | 洪美玲 主编 | 20. 《皮肤性病学》第三版 | 蔡中民 主编 |
| 10. 《药理学》第三版 | 吴景时 主编 | 21. 《中医学》 | 程化奇 主编 |
| 11. 《医学遗传学基础》 | 郭亦寿 主编 | | 李重恩 副主编 |
| 12. 《预防医学》 | 黄云从 主编 | | |

我们希望这套教材的出版能为我国医学专科教育的进一步发展发挥较大作用,并热忱欢迎广大师生提出宝贵意见。

临床医学专科教材评审委员会

主任委员: 于 频

副主任委员: 钟国隆 叶舜宾

委员: (按姓氏笔画为序)

丁全福 王竞武 王祖武 王海江 阴兆峰
宋培博 苏启明 张万超 林印钢 祝惠民
姜常胜 南 潮 胡昌仁 徐 军 黄云从
程小兰

评审委员会办公室主任: 黄道初

三 版 说 明

为适应高等医学教育改革和医学科学发展及培养目标之需要，借《医用化学》再版之际，对第二版做了部分修改和调整。改编后全书共十六章。具体变动如下：

1. 删去了容量分析和比色分析及烃类两章。有些内容溶进有关章节之中。
2. 精简了原教材的重复内容，打破了旧的编写体系，这是大专教材编写中的一个新的举措和突破。
3. 加深和更新了与医学联系密切的内容。三版教材增加了界面现象和生物元素化合物两章。不仅补充了新的内容，而且充实了理论，提高了质量。

编 者

1993.10.30

目 录

第一章 溶液的渗透	1
第一节 渗透现象和渗透压	1
第二节 渗透压与浓度、温度的关系	2
第三节 医学中的渗透压单位— 毫渗量/升 ($\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	2
第四节 渗透压在医学中的意义	3
一、等渗、低渗和高渗溶液	3
二、晶体渗透压与胶体渗透压	3
第二章 缓冲溶液	5
第一节 弱电解质在溶液中的电离	5
一、电离平衡和电离常数	5
二、电离度	6
三、同离子效应和盐效应	6
第二节 酸碱质子理论	7
第三节 缓冲溶液的组成及其作用	8
一、缓冲作用及缓冲溶液的概念	8
二、缓冲溶液的组成	9
三、缓冲作用原理	9
第四节 缓冲溶液pH值的计算	10
第五节 缓冲容量与缓冲溶液的配制	13
一、缓冲容量	13
二、缓冲溶液的配制	15
第六节 缓冲溶液在医学中的意义	19
第三章 电极电位与电池电动势	22
第一节 原电池	22
第二节 电极电位与电池电动势	23
一、电极电位的产生	23
二、电极电位的测定	24
三、电极电位与电池电动势的计算	26
四、电极电位的应用	28
第三节 电位法测定溶液的pH值	30
一、电位法测定pH值的基本原理	30
二、饱和甘汞电极和玻璃电极	31
三、电位法测定溶液pH值的方法	32
第四章 胶体溶液	35
第一节 胶体的基本概念和分类	35

第二节 溶胶的性质	36
一、胶粒不能透过半透膜	36
二、光学性质——丁铎尔现象	37
三、动力学性质——布朗运动	38
四、溶胶的电学性质	38
五、溶胶的稳定性和聚沉	40
第三节 高分子化合物溶液	42
一、高分子化合物的概念	42
二、高分子化合物溶液的特性	42
三、高分子溶液对溶胶的保护作用	44
第四节 凝胶	44
一、凝胶的形成	44
二、凝胶的几种性质	45
第五节 膜平衡	46
第五章 界面现象	49
第一节 表面能与吸附作用	49
第二节 固体界面上的吸附	51
一、固体-气体界面上的吸附	51
二、固体-溶液界面上的吸附	51
第三节 液体界面上的吸附和乳状液	53
一、液体界面上的吸附和表面活性物质	53
二、乳状液和乳化作用	54
第六章 有机化合物概述	57
第一节 有机化学的研究对象	57
第二节 有机化合物的特点	57
第三节 有机化合物的结构理论	58
一、碳原子中电子的激发与杂化轨道	58
二、 σ 键与 π 键	60
三、共价键的极性和极化性	61
第四节 电子效应	62
一、诱导效应	63
二、共轭效应	64
第五节 有机反应的历程	67
一、游离基反应	68
二、亲电反应	69
三、亲核反应	70
第六节 有机化合物的分类	71
第七章 醇、酚和醚	73
第一节 醇	73
一、醇的分类	73
二、醇的命名法	74

三、醇的理化性质.....	74
四、重要的醇.....	78
第二节 酚.....	80
一、酚的结构、分类和命名.....	80
二、酚的电子结构.....	80
三、酚的化学性质.....	81
四、重要的酚.....	82
第三节 醚.....	83
一、醚的结构和命名.....	83
二、醚的化学性质.....	84
三、乙醚.....	84
第四节 硫醇和硫醚.....	85
一、硫醇.....	85
二、硫醚.....	86
第八章 醛、酮、醌.....	88
第一节 醛和酮.....	88
一、醛和酮的结构.....	88
二、醛和酮的命名法.....	89
三、醛和酮的化学性质.....	89
四、重要的醛和酮.....	95
第二节 醌.....	96
一、醌的结构和命名.....	96
二、醌类的化学性质.....	97
三、重要的醌.....	97
第九章 有机酸.....	100
第一节 羧酸.....	100
一、分类和命名.....	100
二、羧酸的化学性质.....	101
三、重要的羧酸.....	105
第二节 羟基酸.....	106
一、羟基酸的结构、分类和命名.....	106
二、羟基酸的化学性质.....	106
三、重要的羟基酸.....	108
第三节 酮酸.....	111
一、酮酸的结构和命名.....	111
二、酮酸的化学性质.....	111
三、重要的酮酸.....	112
四、互变异构现象.....	113
第十章 立体异构.....	116
第一节 顺反异构现象.....	116
一、顺反异构的类型.....	116

二、Z-E构型命名法	117
三、顺反异构体的性质	119
第二节 旋光异构现象	119
一、偏振光和旋光性	119
二、旋光度与比旋光度	120
三、产生旋光异构现象的原因	121
四、旋光异构体的构型及其标记法	123
五、旋光异构体的数目	126
六、旋光异构体的性质	127
第三节 构象异构	127
一、乙烷的构象	127
二、环己烷的构象	128
三、十氢萘的构象	129
第十一章 脂类	132
第一节 油脂	132
一、油脂的组成、命名和结构	132
二、油脂的物理性质	133
三、油脂的化学性质	133
第二节 磷脂	135
第三节 甾体化合物	136
一、甾体化合物的结构与命名	136
二、重要甾体化合物	136
第十二章 糖类	141
第一节 单糖	141
一、单糖的结构	142
二、单糖的化学性质	146
三、重要的单糖	150
第二节 二糖	152
一、二糖的结构和分类	152
二、重要的二糖	153
第三节 多糖	155
一、淀粉	155
二、糖原	157
三、纤维素	157
四、右旋糖酐	158
五、粘多糖	158
第十三章 含氮有机化合物	161
第一节 胺	161
一、胺的分类和命名	161
二、胺的结构	163
三、胺的物理性质	163
四、胺的化学性质	163

五、重要的胺	168
第二节 酰胺	168
一、酰胺的结构和命名	168
二、酰胺的化学性质	169
三、尿素	170
四、丙二酰脲	171
五、胍	172
六、磺胺类药物	173
第三节 含氮杂环化合物	175
一、杂环化合物的分类和命名	175
二、吡咯和吡啶的结构	176
三、吡咯和吡啶的性质	177
四、重要的含氮杂环化合物	178
第四节 生物碱	183
一、概述	183
二、生物碱的一般性质	184
三、生物碱的一般提取法	185
四、重要的生物碱	186
第十四章 配位化合物	190
第一节 配合物的基本概念	190
一、配合物的定义	190
二、配合物的组成	190
三、配合物的命名和分类	192
第二节 配合物的化学键理论	193
第三节 配位平衡	196
一、配离子的形成和解离	196
二、配位平衡的移动	197
三、稳定常数的应用	199
第四节 螯合物	200
一、螯合物和螯合剂的概念	200
二、氨羧螯合剂及氨羧螯合滴定	200
第五节 配合物在医学上的意义	203
第十五章 氨基酸、蛋白质和核酸	205
第一节 氨基酸	205
一、氨基酸的分类和命名	205
二、氨基酸的结构与构型	207
三、氨基酸的理化性质	208
四、氨基酸的分离与鉴定	210
第二节 蛋白质	212
一、蛋白质的元素组成	212
二、蛋白质的分类	212

三、蛋白质的结构	212
四、蛋白质的理化性质	215
第三节 核酸	219
一、核酸的概念、分类与生理功能	219
二、核酸的水解	219
三、组成核酸的基本单位——核苷酸	220
四、核酸中核苷酸的连接方式——核酸的一级结构	221
五、核酸的空间构型	222
六、重要的单核苷酸及衍生物	223
第十六章 生物元素化合物概述	225
第一节 生物元素	225
第二节 生物体内的配位化合物	226
一、生物配体的概念	226
二、体内重要的生物金属配体	226
第三节 金属离子和配位体软硬分类	229
第四节 生物体内微量元素的作用	230
实验部分	233
化学实验须知	233
实验一 缓冲溶液	234
实验二 用pH计测定溶液的pH值	237
实验三 水的硬度测定	241
实验四 胶体和吸附	243
实验五 熔点的测定	245
实验六 常压蒸馏和沸点的测定	247
实验七 植物药中生物碱的提取——从茶叶中分离咖啡碱	248
实验八 葡萄糖比旋光度的测定	250
实验九 醇、酚、醛和酮的性质	252
实验十 胺、酰胺及蛋白质的性质	257
实验十一 糖的性质	259
实验十二 氨基酸纸上层析	261
实验十三 甲基橙与次甲基蓝的分离——柱层析	263
实验十四 生物碱的薄层色谱分离鉴定	265
实验十五 乙酰水杨酸的制备	268

第一章 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，这对于维持人体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调节作用。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。

第一节 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；二是半透膜两侧单位体积内溶剂分子数不相等。

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，往往可以或多或少地使低分子溶质或离子透过。

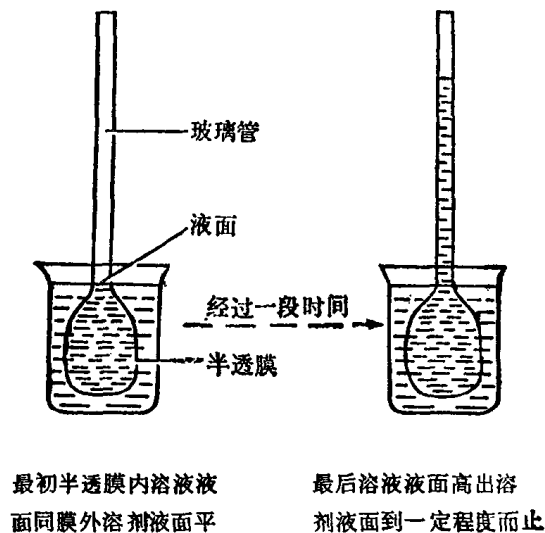
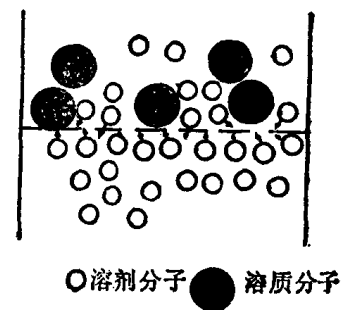


图1-1 渗透现象示意图



溶剂分子透过，溶质分子透不过

图1-2 半透膜示意图

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）一方进入溶液（或浓溶液）的水分子多，相反地从溶液（或浓溶液）一方进入纯溶剂（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。换言之，当溶液与纯溶剂用半透膜隔开时，为了使纯溶剂不渗入溶液而必须加于溶液液面上的压力，称为该溶液的渗透压。渗透压大表示该溶液通过半透膜的吸水力强。渗透压的单位为帕（Pa）或千帕（kPa）。

第二节 渗透压与浓度、温度的关系

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

$$P_{\text{渗}} = CRT \quad (1.1)$$

式中 $P_{\text{渗}}$ 为溶液的渗透压

C 为溶液的物质的量浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

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

R 为常数即 $8.31 \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

由上式可得出：稀溶液的渗透压与溶液的物质的量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，只要物质的量浓度相同，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， $0.3 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液与 $0.3 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖溶液的渗透压相等。在 37°C 时它们的渗透压为：

$$\begin{aligned} P_{\text{渗}} &= 0.3 \times 8.31 \times (273 + 37) \\ &= 772.8 \text{kPa} \end{aligned}$$

如溶质是电解质，由于电解质在溶液中发生电离，单位体积溶液中所含溶质颗粒的数目要比相同浓度非电解质溶液多，故渗透压也要大。因此对电解质溶液，当利用上述公式计算渗透压时必须引进一个校正系数 i 。

$$P_{\text{渗}} = iCRT \quad (1.2)$$

i 是溶质的一个分子在溶液中能产生的颗粒数。如 NaCl $i = 2$ ， CaCl_2 $i = 3$ 。

第三节 医学中的渗透压单位——毫渗量/升 ($\text{mOsmol} \cdot \text{L}^{-1}$)

任何溶液都具有一定的渗透压。既然渗透压的大小只与单位体积溶液内的溶质颗粒数成正比，而与溶质颗粒的性质无关，这样就可以用溶质颗粒浓度的高低来表示溶液渗透压的大小。

临床上用以表示溶液渗透压大小的单位是渗量·升⁻¹ (Osmol·L⁻¹)或毫渗量·升⁻¹ (mOsmol·L⁻¹),它间接表示单位体积溶液中所含有的溶质的总颗粒数。

在化学上常根据物质的量浓度来计算毫渗量/升,它们之间的关系可举例如下:

$$1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{葡萄糖}\approx 1\text{Osmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{葡萄糖}=1000\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{葡萄糖}$$

$$1\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaCl}\approx 1\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}^{+}+1\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Cl}^{-}$$

$$1\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2\approx 1\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Ca}^{2+}+2\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Cl}^{-}$$

如欲计算5%葡萄糖溶液和0.9%氯化钠溶液的mOsmol·L⁻¹,则先算出上述溶液的物质的量浓度,即可换算成mOsmol·L⁻¹。

5%葡萄糖溶液的mOsmol·L⁻¹值为:

$$\frac{5\times 10}{180}=0.278\text{ (mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

$$0.278\times 1000=278\text{ (mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}=278\text{ (mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

0.9%NaCl溶液的mOsmol·L⁻¹值为:

$$\frac{0.9\times 10}{58.5}\times 2=0.308\text{ (mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

$$0.308\times 1000=308\text{ (mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}=308\text{ (mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{)}$$

第四节 渗透压在医学中的意义

一、等渗、低渗和高渗溶液

渗透压相等的两种溶液,称为等渗溶液。对于渗透压不等的两种溶液,相对而言,渗透压高的称为高渗溶液;渗透压低的称为低渗溶液。

正常血浆的渗透压约为300mOsmol·L⁻¹,故临床上规定凡渗透压在280~320mOsmol·L⁻¹范围内的溶液叫等渗溶液。0.9%NaCl、5%葡萄糖、1.9%乳酸钠、1.25%NaHCO₃等都是等渗溶液。凡低于280mOsmol·L⁻¹的溶液称为低渗溶液,高于320mOsmol·L⁻¹的溶液称为高渗溶液。

输液是临床治疗中常用的处置方法之一,输液必须符合一个根本原则,即不因输入液体而影响血浆渗透压。所以大量输液时,应用等渗溶液是一个基本原则。输入低渗溶液时,会使红细胞破裂出现溶血现象。渗透压过高,红细胞皱缩,易粘合在一起而成“团块”,这些“团块”在小血管中,便可能形成“血栓”。但由于某种治疗上的需要,输入少量高渗溶液也是允许的(当高渗溶液缓慢注入体内,即可被体液稀释成等渗溶液)。

等渗溶液在医疗上也有重要意义,比如给病人换药时,通常用与组织细胞液等渗的生理盐水冲洗伤口,如用纯水或高渗盐水则会引起疼痛。当配制眼药水时也必须与眼粘膜细胞的渗透压相同,否则也会刺激眼睛而疼痛。

二、晶体渗透压与胶体渗透压

血液中含有各种无机盐和大量的蛋白质,因而具有相当大的渗透压,约为770070Pa。其中由无机盐类的离子所产生的渗透压称为晶体渗透压,占729540Pa。由各种蛋白质所产生的渗透压称为胶体渗透压,仅占40530Pa。这是因为蛋白质分子量远远大于无机盐的

分子量,而且无机盐在水中电离出更多的离子,所以在血浆中的蛋白质颗粒数目比无机盐类离子少得多。而溶液的渗透压只与单位体积溶液内的溶质的颗粒数目成正比,而与溶质种类无关,故渗透压低。

人体内不少地方有半透膜,如细胞膜、毛细血管壁等。无机盐、小分子等物质可以自由通过毛细血管壁,而蛋白质等大分子则不能通过。所以晶体渗透压虽大,但对维持毛细血管内外水分子相对平衡方面不起多大作用。虽然血浆中的胶体渗透压较小,但对维持毛细血管内外水分子相对平衡方面却起着重要作用。例如因某种原因使血液中蛋白质含量显著减少,胶体渗透压过低,则过量水分从毛细血管向组织中渗透,结果引起水肿。

复 习 题

1. 下面的溶液用半透膜隔开,用箭头标明渗透的方向:

(1) $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KCl}$ | $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖

(2) $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖 | $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖

(3) $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaCl}$ | $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$

(4) 5% 葡萄糖 | 5% 蔗糖

2. 计算下述溶液的渗透压各为多少 $\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}$?

(1) 1.9% 乳酸钠 ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$)

(2) 1.25% NaHCO_3

3. 比较下列各组溶液渗透压大小,并说明理由。

(1) $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{MgSO}_4$ 溶液和 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$ 溶液。

(2) $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液和 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖溶液。

4. 已知人体正常温度为 37°C , 实验测得人的血浆的渗透压为 780kPa , 血浆的毫渗量 $\cdot\text{升}\cdot 1$ ($\text{mOsmol}\cdot\text{L}^{-1}$) 为多少?

(杜广才)

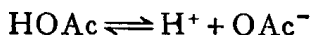
第二章 缓冲溶液

许多化学反应，尤其是生物体内的化学反应，往往需要在具有一定的pH值范围内，并且能保持其pH值不易发生变化的溶液中才能正常进行。保障人体正常生理活动的体液都具有其正常的pH值范围，如血浆， $\text{pH} = 7.35 \sim 7.45$ 。如果体液不能保持其正常的pH值范围，体内的一些化学反应就不能正常进行，人体的健康就得不到保障。这种具有一定pH值、并且在外界条件变化时，能保持其pH值基本不变的溶液，就是缓冲溶液。学习缓冲溶液的基本原理，不仅有助于正确掌握缓冲溶液的应用，而且也有助于在理论上阐明某些生理现象和体内的化学反应，在医学上具有重要的意义。

在讨论缓冲溶液问题之前，必须首先了解电离平衡和酸碱质子理论。

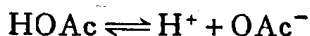
第一节 弱电解质在溶液中的电离

电解质可分为强电解质和弱电解质两类。强电解质在水溶液中是完全电离的，以水合离子状态存在，具有较强的导电性。而弱电解质在水溶液中只有少部分电离成正、负离子，大部分以分子状态存在，导电能力较弱。例如，在醋酸水溶液中，只有少数醋酸分子在水分子的作用下，电离成氢离子和醋酸根离子；另一方面一部分氢离子和醋酸根离子又能互相碰撞、吸引而重新结合成醋酸分子。故弱电解质的电离过程是可逆的。醋酸的电离可表示如下：



一、电离平衡和电离常数

在一定温度下，当弱电解质分子电离成离子的速度与离子又结合成分子的速度相等时，电离过程即达到动态平衡，称为电离平衡。这时未电离的分子浓度和已电离出来的各离子浓度不再改变，已电离的各离子浓度幂次方乘积与未电离的分子浓度的比值是一常数，称为电离常数。例如，醋酸的电离平衡和电离常数可表示如下：



$$K_i = \frac{[\text{H}^+][\text{OAc}^-]}{[\text{HOAc}]} \quad (2.1)$$

(2.1)式中的 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{OAc}^-]$ 和 $[\text{HOAc}]$ 均为平衡时的浓度，单位以 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示； K_i 为电离常数。 K_i 的大小可表示弱电解质在水溶液中电离成离子的程度， K_i 越大，电离程度越大；相反， K_i 越小，则电离程度越小。

通常用 K_a 表示弱酸的电离常数，用 K_b 表示弱碱的电离常数。根据化学平衡原理，电离常数与弱电解质的本性及其温度有关，而与浓度无关。一些弱酸和弱碱的电离常数如表2-1所示：(表中 K_{a1} 、 K_{a2} 、 K_{a3} 分别是多元弱酸的一级电离常数、二级电离常数、三级电离常数。)

表2-1 一些弱酸和弱碱的电离常数(25°C)

名 称	K ₁	名 称	K ₁
醋酸(HOAc)	1.76×10^{-5}	草酸(H ₂ C ₂ O ₄)	5.9×10^{-2} (K _{a1})
甲酸(HCOOH)	1.77×10^{-4} (20°C)		6.4×10^{-5} (K _{a2})
氢氰酸(HCN)	4.93×10^{-10}	磷酸(H ₃ PO ₄)	7.52×10^{-3} (K _{a1})
碳酸 H ₂ CO ₃)	4.3×10^{-7} (K _{a1})		6.23×10^{-8} (K _{a2})
	5.61×10^{-11} (K _{a2})		2.2×10^{-13} (K _{a3})
氢硫酸(H ₂ S)	9.1×10^{-8} (K _{a1} , 18°C)	氨(NH ₃)	1.79×10^{-5}
	1.1×10^{-12} (K _{a2} , 18°C)	苯胺(C ₆ H ₅ NH ₂)	4.67×10^{-10}

二、电 离 度

在一定温度下,弱电解质在溶液达到电离平衡时,已电离的弱电解质分子数与电离前分子总数的比率,称为该电解质的电离度,用符号 α 表示。

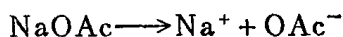
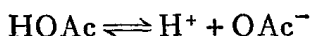
$$\alpha = \frac{\text{已电离的分子数}}{\text{分子总数}} \times 100\% \quad (2.2)$$

例如, 25°C时, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HOAc的 $\alpha = 1.34\%$, 表示在溶液中每 10000 个HOAc分子中有约 134 个分子电离成H⁺和OAc⁻。

影响电解质电离度的因素除与溶质和溶剂的极性强弱有关外, 还与溶液的浓度及温度有关。对于水溶液, 通常说某电解质的电离度都是指在一定温度一定浓度的电离度。

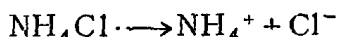
三、同离子效应和盐效应

在弱电解质溶液中, 加入一种与弱电解质含有相同离子的强电解质时, 可使弱电解质的电离度降低, 这种现象称为同离子效应。例如在HOAc溶液中, 加入强电解质NaOAc时, 由于NaOAc完全电离, 则溶液中的OAc⁻浓度大大增加, 因此就破坏了原来的电离平衡。根据化学平衡移动原理, 使HOAc的电离平衡向左移动, 从而降低了HOAc的电离度。



当建立新的平衡时, 溶液中H⁺浓度减少, 致使溶液的酸性减弱。

同样, 如果在氨水中加入NH₄Cl时, 由于NH₄⁺浓度增大, 使氨水的电离平衡向左移动, 结果氨的电离度降低, 溶液的碱性减弱。



当在弱电解质溶液中加入与弱电解质不含相同离子的强电解质盐类时, 可使弱电解质的电离度增加, 这种效应称为盐效应(或静电效应)。例如在 1 升 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的HOAc溶液中加入 0.1 mol NaCl后, 可使 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HOAc的电离度从 1.34% 增加到 1.7%。盐效应的产生是由于加入的强电解质电离产生的正、负离子, 对弱电解质的电离产生的离子的静电吸引作用, 使弱电解质离子的活动性减小, 相互结合成分子的机会减少, 因