



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医药高等学校规划教材

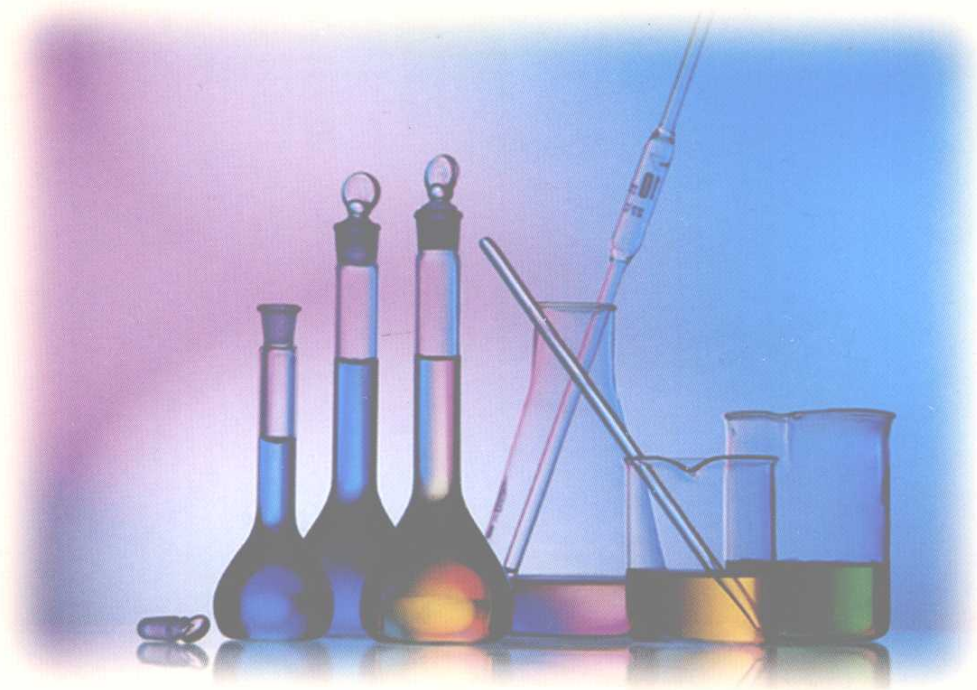
供高专、高职护理、涉外护理、助产、检验、药学、药剂、卫生保健、  
康复、口腔医学、口腔工艺技术、医疗美容技术、社区医学、  
眼视光、中医、中西医结合、影像技术等专业使用



# 无机化学

(第二版)

薛会君 刘德云 主编



科学出版社  
www.sciencepress.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国医药高等学校规划教材

供高专、高职护理、涉外护理、助产、检验、药学、药剂、卫生保健、康复、口腔医学、口腔工艺技术、医疗美容技术、社区医学、眼视光、中医、中西医结合、影像技术等专业使用

# 无机化学

(第二版)

主 编 薛会君 刘德云

副主编 李炳诗 郑文诚 胡兴娥

编 者 (按姓氏汉语拼音排序)

陈平娥 大同大学医学院

郭可愚 上海职工医学院

胡兴娥 三峡大学护理学院

贾 丽 聊城职业技术学院

李炳诗 信阳职业技术学院

刘德云 聊城职业技术学院

刘有训 大连医科大学

王春艳 山西医科大学汾阳学院

薛会君 上海职工医学院

郑文诚 山东医学高等专科学校

科学出版社

北京

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国医药高等学校规划教材

## 内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材及全国医药高等学校规划教材。

全书共8章,包括溶液的浓度和溶液的渗透压;化学反应速率和化学平衡;电解质溶液;缓冲溶液;氧化还原与电极电势;配位化合物;胶体溶液;生命元素与人体健康等理论内容和六个实验内容。教材内容紧密结合医学实践,同时穿插一些内容精致并与医学相关的链接,旨在拓宽学生的视野,增强学习的趣味性,体现“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的职业教育特色。全书内容流畅、图文并茂、构思新颖,是一本很好的教科书。

本书可供高专、高职护理及医学相关各专业学生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 薛会君,刘德云主编. —2版. —北京:科学出版社,2008  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材·全国医药高等学校规划教材  
ISBN 978-7-03-021150-7

I. 无… II. ①薛…②刘… III. 无机化学—高等学校—教材 IV. O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第027860号

责任编辑:周万灏 裴中惠 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003年8月第一版 开本:850×1168 1/16

2008年5月第二版 印张:6 1/2 彩插 1

2008年5月第二次印刷 字数:164 000

印数:7 001—12 000

定价:15.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

**技能型紧缺人才培养培训教材**  
**全国医药高等学校规划教材**  
**高专、高职教材建设指导委员会委员名单**

主任委员 刘 晨

委 员(按姓氏汉语拼音排序)

- |     |            |     |                |
|-----|------------|-----|----------------|
| 白洪海 | 深圳职业技术学院   | 孙 菁 | 聊城职业技术学院       |
| 曹励民 | 西安医学院      | 唐建华 | 上海职工医学院        |
| 岑慧红 | 广州医学院护理学院  | 王 滨 | 大连医科大学高等职业技术学院 |
| 陈 杰 | 广西妇幼保健院    | 王慧玲 | 沧州医学高等专科学校     |
| 陈四清 | 岳阳职业技术学院   | 王丽霞 | 首都医科大学附属北京儿童医院 |
| 程凤英 | 聊城职业技术学院   | 王守军 | 聊城职业技术学院       |
| 代亚莉 | 新疆医科大学护理学院 | 王同增 | 郑州澍青医学高等专科学校   |
| 杜彩素 | 大连大学医学院    | 王卫中 | 赤峰学院附属医院       |
| 范保兴 | 聊城职业技术学院   | 王娅莉 | 三峡大学护理学院       |
| 冯明功 | 大连大学医学院    | 温树田 | 吉林大学通化医药学院     |
| 甘泉涌 | 襄樊职业技术学院   | 吴玉斌 | 三峡大学护理学院       |
| 贺 伟 | 新疆医科大学护理学院 | 徐纪平 | 赤峰学院医学院        |
| 胡圣尧 | 上海职工医学院    | 徐龙海 | 聊城职业技术学院       |
| 金玉忠 | 沧州医学高等专科学校 | 徐树华 | 大连大学医学院        |
| 李 莘 | 广州医学院护理学院  | 薛 萍 | 黄山卫生学校         |
| 李根源 | 嘉应学院医学院    | 薛会君 | 上海职工医学院        |
| 李修明 | 三峡大学护理学院   | 杨宇辉 | 嘉应学院医学院        |
| 李云端 | 邢台医学高等专科学校 | 尹仕红 | 三峡大学护理学院       |
| 刘德云 | 聊城职业技术学院   | 于静之 | 山东医学高等专科学校     |
| 刘建喜 | 聊城职业技术学院   | 于珺美 | 淄博科技职业学院       |
| 刘书铭 | 乐山职业技术学院   | 于三新 | 沧州医学高等专科学校     |
| 刘一鸣 | 安康职业技术学院   | 余剑珍 | 上海职工医学院        |
| 楼蓉蓉 | 大连大学附属中山医院 | 臧伟红 | 聊城职业技术学院       |
| 鹿怀兴 | 滨州职业学院     | 曾志励 | 广西医科大学护理学院     |
| 马 骥 | 淄博科技职业学院   | 张冬梅 | 深圳职业技术学院       |
| 茅幼霞 | 上海职工医学院    | 张介卿 | 广州医学院护理学院      |
| 潘传中 | 达州职业技术学院   | 张丽华 | 沧州医学高等专科学校     |
| 裴素霞 | 聊城职业技术学院   | 张少华 | 肇庆医学高等专科学校     |
| 任玉波 | 聊城职业技术学院   | 周进祝 | 上海职工医学院        |
| 沈曙红 | 三峡大学护理学院   | 朱梅初 | 永州职业技术学院       |

## 第二版前言

本教材(第二版)是根据技能型紧缺人才培养培训工程的课程结构,在认真总结2003年8月出版的第一版教材使用经验基础上,重新组织全国多所长期从事医用基础化学教学的教师编写的。

为便于学生们学习,本教材每章章首设有学习目标、章尾有小结和目标检测,其中选择题还附有答案。在发扬第一版教材优点的同时,我们适当精简了一些教学内容,降低了内容难度和计算要求,调整了习题模式,并增加了“生命元素与人体健康”一章,同时我们丰富了与医学更为密切的链接内容和医学案例,通过形象、生动的日常事例和相关的科普知识,激发了学生的学习兴趣,增强了教材的可读性,使之与学生、与岗位更加贴近。

第二版教材按40学时编写,其中理论课30学时,实验课8学时,机动2学时。各学校可根据不同专业、不同要求选择使用各章节内容。

第二版教材的编写得到了上海职工医学院、聊城职业技术学院、山西医科大学汾阳学院、大同大学医学院、信阳职业技术学院、大连医科大学、山东医学高等专科学校、三峡大学护理学院的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平和编写时间有限,不当之处在所难免,恳请广大师生批评指正。

编者

2007年8月

## 第一版前言

本书《无机化学》是根据2003年4月在北京召开的“面向21世纪全国卫生职业教学新模式研究”课题会议精神,由全国多所高校长期从事医用基础化学教学的教师编写。

本教材的宗旨是提供教学内容的平台性模块,供高职医学相关专业使用。教材的内容由无机化学中与医学关系较为密切的基础理论、基本知识、基本技能组合而成。教学过程设置为三个模块:基础模块、实践模块和选学模块。基础模块和实践模块是必学内容,选学模块可由各院校根据专业、学时、学分等实际情况选择使用。

我们在编写过程中力求突出教材的“思想性、科学性、适用性、实用性和创新性”原则,体现贴近学生、贴近社会、贴近岗位的思路,坚持以学生为中心,教师是指导的教育观念。因此,我们强调内容上不要过专,保证必知、必会内容为基础,符合培养目标和课程教学基本要求。同时,设计了内容精致的链接,拓宽学生的视野,增强学习的趣味性。在突出课程特点的同时,力求做到易学、易懂、适用、实用,以期更好的学习效果。

本教材编写是在全国卫生职业教学新模式研究课题组指导下进行的,并得到了上海职工医学院、山东省聊城职业技术学院、沈阳医学院护理系、江西省井冈山高等医学专科学校、湖北省三峡大学护理学院的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,本教材会有不少欠缺之处,敬希批评指正。

编者

2003年6月

# 目 录

第1章 溶液和溶液的渗透压 .....	(1)
第1节 溶液的浓度 .....	(1)
第2节 溶液的渗透压 .....	(4)
第2章 化学反应速率和化学平衡 .....	(10)
第1节 化学反应速率 .....	(10)
第2节 化学平衡 .....	(14)
第3章 电解质溶液 .....	(19)
第1节 酸碱质子理论 .....	(19)
第2节 水溶液的酸碱性 .....	(21)
第3节 弱电解质溶液 .....	(22)
第4节 难溶强电解质的沉淀溶解平衡 .....	(25)
第4章 缓冲溶液 .....	(30)
第1节 缓冲溶液的组成及其作用 .....	(30)
第2节 缓冲溶液的 pH .....	(31)
第3节 缓冲容量与缓冲溶液的配制 .....	(32)
第4节 缓冲溶液在医学上的意义 .....	(34)
第5章 氧化还原与电极电势 .....	(38)
第1节 氧化还原反应 .....	(38)
第2节 原电池 .....	(39)
第3节 电极电势 .....	(41)
第4节 电极电势的应用 .....	(44)
第5节 电势法测定溶液的 pH .....	(45)
第6章 配位化合物 .....	(49)
第1节 配合物的基本概念 .....	(49)
第2节 配位平衡 .....	(51)
第3节 螯合物 .....	(52)
第4节 配合物在医学上的意义 .....	(53)
第7章 胶体溶液 .....	(56)
第1节 分散系 .....	(56)
第2节 溶胶 .....	(57)
第3节 高分子溶液 .....	(60)
第4节 凝胶 .....	(62)
第8章 生命元素与人体健康 .....	(65)
第1节 生命元素分类及其特征 .....	(65)
第2节 常量元素及其生理作用 .....	(65)
第3节 微量元素及其生理作用 .....	(68)
实验 .....	(72)
无机化学实验须知 .....	(72)



实验 1 化学实验基本操作 .....	(74)
实验 2 缓冲溶液的配制和性质 .....	(78)
实验 3 用 pH 计测定溶液的 pH .....	(80)
实验 4 氧化还原反应与电极电势 .....	(82)
实验 5 配位化合物的生成与性质 .....	(84)
实验 6 溶胶的制备和性质 .....	(86)
主要参考文献 .....	(88)
无机化学(高专、高职)教学基本要求 .....	(89)
目标检测选择题参考答案 .....	(93)
元素周期表 .....	
(1) .....	
(2) .....	
(3) .....	
(4) .....	
(5) .....	
(6) .....	
(7) .....	
(8) .....	
(9) .....	
(10) .....	
(11) .....	
(12) .....	
(13) .....	
(14) .....	
(15) .....	
(16) .....	
(17) .....	
(18) .....	
(19) .....	
(20) .....	
(21) .....	
(22) .....	
(23) .....	
(24) .....	
(25) .....	
(26) .....	
(27) .....	
(28) .....	
(29) .....	
(30) .....	
(31) .....	
(32) .....	
(33) .....	
(34) .....	
(35) .....	
(36) .....	
(37) .....	
(38) .....	
(39) .....	
(40) .....	
(41) .....	
(42) .....	
(43) .....	
(44) .....	
(45) .....	
(46) .....	
(47) .....	
(48) .....	
(49) .....	
(50) .....	
(51) .....	
(52) .....	
(53) .....	
(54) .....	
(55) .....	
(56) .....	
(57) .....	
(58) .....	
(59) .....	
(60) .....	
(61) .....	
(62) .....	
(63) .....	
(64) .....	
(65) .....	
(66) .....	
(67) .....	
(68) .....	
(69) .....	
(70) .....	
(71) .....	
(72) .....	
(73) .....	
(74) .....	
(75) .....	
(76) .....	
(77) .....	
(78) .....	
(79) .....	
(80) .....	
(81) .....	
(82) .....	
(83) .....	
(84) .....	
(85) .....	
(86) .....	
(87) .....	
(88) .....	
(89) .....	
(90) .....	
(91) .....	
(92) .....	
(93) .....	
(94) .....	
(95) .....	
(96) .....	
(97) .....	
(98) .....	
(99) .....	
(100) .....	



# 第1章 溶液和溶液的渗透压



## 学习目标

1. 能说出质量浓度、物质的量浓度、渗透现象、渗透压等名词含义
2. 简述渗透现象的产生条件;溶液的渗透压与溶液浓度、温度之间的关系
3. 能熟练地进行有关溶液的浓度、渗透压的计算;会比较溶液渗透压的大小,判断渗透方向
4. 知道渗透压在医学上的意义

一种物质以分子、原子或离子状态分散于另一种物质中所构成的均匀而稳定的分散体系叫做溶液(solution)。溶液可分为固态溶液(如合金)、液态溶液(如盐水)、气态溶液(如空气)。我们通常所讲的溶液指液态溶液。

溶液不仅在日常生活、生活、科学研究中具有重要作用,而且与医学有着密切联系。人体内许多物质(如血液、细胞液及各种腺体的分泌液等)都是以溶液的形式存在,体内的许多化学反应是在溶液中进行。人体的体液不仅有一定的组成,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至关重要的作用。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。因此,掌握有关溶液的浓度和溶液的渗透压的基本知识是学习医学科学所必需的。

## 第1节 溶液的浓度

溶质溶解在溶剂中形成溶液。溶液的某些性质(如溶液的颜色、导电性等)决定于溶质的本性,另外一些性质(如溶液的渗透压等)决定于溶液中所含溶质粒子的浓度,而与溶质本身的性质无关。因此,溶液的浓度是溶液的一个重要特征。

## 一、物质的量

物质的量  $n$  是国际单位制中 7 个基本物理量之一。它指给定的某一系统中,所包含某种特定粒子(基本单元)的数量,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  $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$  的原子数目相等,则称该系统的物质的量为 1 mol。 $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$  的原子数目等于阿伏伽德罗常量(约为  $6.02 \times 10^{23}$ )。

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,所以在使用单位摩尔时,必须注明基本单元。摩尔是描述基本单元的数量单位,而不是质量单位。

### 创立分子学说的阿伏伽德罗

1811年,意大利化学家阿伏伽德罗(Amedeo Avogadro)在盖·吕萨克的气体反应体积简比定律基础上进行合理推论,把“分子”概念引入道尔顿(英国)原子论,提出分子学说:①无论是化合物还是单质,在不断被分割的过程中都有一个分子阶段,分子是有一定特性的物质组成的最小单位。②单质的分子是由同种元素的原子组成的,化合物的分子则由不同元素的原子组成;化学变化是不同物质的分子间原子的重新组合。③在同温同压下,同体积的气体,无论是单质还是化合物,都含有同样数目的分子,即后来确立的阿伏伽德罗定律。

当时由于实验验证条件的限制,以及一些化学权威人士的否定,分子学说没有得到化学、物理学界的承认和重视,被称为分子假说。大约半个世纪后,假说得到了科学的验证,但阿伏伽德罗已不在人世。在验证阿伏伽德罗定律时发现:在  $0^\circ\text{C}$ 、 $760\text{mmHg}$  时,1 摩尔任何气体的体积都接近于 22.4 升。由此换算出 1 摩尔任何物质都含有  $6.022\ 05 \times 10^{23}$  个分子,这一常数被人们命名为阿伏伽德罗常数,以纪念这位杰出的科学家。

接 链





1 mol 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。任何元素原子的摩尔质量,数值上等于该原子的相对原子质量,如 O 的摩尔质量是  $16 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;任何分子的摩尔质量,数值上等于该分子的相对分子质量,如  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  的摩尔质量为  $12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;对于带正电荷或负电荷的离子的摩尔质量等于构成这个离子的各原子摩尔质量的代数和(因为电子的质量远小于原子的质量,离子中失去或得到的电子对于原子质量的影响可忽略不计),如  $\text{SO}_4^{2-}$  的摩尔质量为  $32 + 16 \times 4 = 96 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

物质 B 的物质的量 ( $n_B$ ) 与物质的质量 ( $m_B$ )、摩尔质量 ( $M_B$ ) 之间的关系可用下式表示:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-1)$$

**例 1-1**

326 mg  $\text{Na}^+$  的物质的量是多少?

解:  $\text{Na}^+$  的摩尔质量为  $23 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 根据式 (1-1),  $\text{Na}^+$  的物质的量为

$$n_{\text{Na}^+} = \frac{m_{\text{Na}^+}}{M_{\text{Na}^+}} = \frac{0.326}{23} = 0.014 (\text{mol})$$

**二、溶液浓度的表示方法**

一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量叫做溶液的浓度。同一种溶液,根据不同的需要可选择不同的浓度表示方法。溶液浓度的表示方法有很多,大体可分为两大类:一类是用溶质与溶剂(或溶液)的相对量(这里所指的量可以是质量或物质的量)表示,如质量分数、摩尔分数、质量摩尔浓度等;另一类是用一定体积溶液中所含溶质的量表示,如体积分数、质量浓度、物质的量浓度等。现将医学上常用的几种浓度表示方法作简单介绍。

**1. 质量分数** 物质 B 的质量分数 (mass fraction) 用符号  $w_B$  表示,它的定义为物质 B 的质量  $m_B$  除以溶液的总质量  $m$ 。

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-2)$$

质量分数是一个无单位的量,用小数表示,也可以用百分数表示。例如,市售的浓盐酸中氯化氢的质量分数为 0.37 或 37%。

**例 1-2**

将 5.0 g  $\text{NaCl}$  溶于 500 g 水配成溶液,计算此溶液中  $\text{NaCl}$  的质量分数。

解:  $\because m_B = 5.0 \text{g}, m = 500 + 5.0 = 505 \text{g}$

$$\therefore w_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m} = \frac{5.0}{505} = 0.0099 \quad (\text{或 } 0.99\%)$$

在实际工作中,对于很稀的水溶液,常近似地将 100 mL 溶液中所含溶质的质量(以克计)视为质量分数。因为很稀的水溶液的密度可近视为  $1.0 \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 100 mL 此种溶液的质量近视为 100 g。

**2. 体积分数** 物质 B 的体积分数用  $\varphi_B$  表示,它的定义为物质 B 的体积  $V_B$  除以溶液的体积  $V$ 。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1-3)$$

体积分数也是一个无单位的量,同样用小数或百分数表示。

**例 1-3**

消毒乙醇的体积分数  $\varphi_{B1} = 0.75$ , 现在要配制 500 mL 消毒乙醇,需要  $\varphi_{B2} = 0.95$  的乙醇溶液多少毫升?

解:根据式 (1-3), 需  $\varphi_{B2} = 0.95$  的乙醇的体积为

$$V_2 = \frac{\varphi_{B1} V_1}{\varphi_{B2}} = \frac{0.75 \times 500}{0.95} = 395 (\text{mL})$$

**3. 质量浓度** 物质 B 的质量浓度 (mass concentration) 用符号  $\rho_B$  表示,它的定义为物质 B 的质量  $m_B$  除以溶液的体积  $V$ 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-4)$$

质量浓度的 SI (国际单位制) 单位是  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 医学上常用单位是  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在实际工作中可根据不同情况采用不同的单位。





## 例 1-4

100ml  $C_3H_5O_3Na$  (乳酸钠) 注射液中含 11.2g  $C_3H_5O_3Na$ , 计算该注射液的质量浓度。

解: 根据式(1-4), 注射液的质量浓度为

$$\rho_{(C_3H_5O_3Na)} = \frac{m_{(C_3H_5O_3Na)}}{V} = \frac{11.2}{0.100} = 112(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$$

**4. 物质的量浓度** 物质 B 的物质的量浓度 (amount-of-substance concentration) 用符号  $C_B$  表示, 它的定义为物质 B 的物质的量  $n_B$  除以溶液体积  $V$ 。

$$C_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-5)$$

浓度即物质的量浓度的简称。物质的量浓度的 SI 单位是  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ , 但立方米单位太大, 不太实用, 常用单位是  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在使用物质的量浓度时, 必需注明物质的基本单元。

## 溶液的浓度在医学上的使用

世界卫生组织建议: 医学上表示液体的组成时, 凡是相对分子质量  $M$  已知的物质, 均应使用物质的量浓度。并在注射液的标签上同时写明质量浓度和物质的量浓度, 如静脉注射用的氯化钠注射液  $\rho_{\text{NaCl}} = 9\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $C_{\text{NaCl}} = 0.15 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 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暂时使用质量浓度。例如, 免疫球蛋白 G (IgG) 的质量浓度的正常值范围为  $7.60 \sim 16.60\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 免疫球蛋白 D (IgD) 含量的正常范围为  $30 \sim 50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。



## 例 1-5

100ml 正常人的血清中含 10mg  $\text{Ca}^{2+}$ , 计算血清中  $\text{Ca}^{2+}$  的物质的量浓度。

解:  $\text{Ca}^{2+}$  的摩尔质量  $M = 40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{Ca}^{2+}$  的物质的量

$$n_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{m_{\text{Ca}^{2+}}}{M} = \frac{0.010}{40} = 2.5 \times 10^{-4} (\text{mol})$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{V} = \frac{2.5 \times 10^{-4}}{0.1} = 2.5 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

## 三、浓度的相互换算

**1. 质量浓度与物质的量浓度之间的换算** 物质 B 的质量浓度  $\rho_B$  与物质 B 的物质的量浓度  $C_B$  之间的关系为

$$\rho_B = C_B \times M_B \quad (1-6)$$



## 例 1-6

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(1-4), 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(1-6), 物质的量浓度为

$$C_{\text{NaHCO}_3} = \frac{\rho_{\text{NaHCO}_3}}{M_{\text{NaHCO}_3}} = \frac{12.5}{84} = 0.15 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

**2. 质量分数与物质的量浓度之间的换算** 质量分数是以质量表示溶液的量, 而物质的量浓度是以体积表示溶液的量。二者在换算时需要知道溶液的密度, 因为密度可以给出溶液的质量和体积的关系。

已知某一溶液物质 B 的质量分数为  $w_B$ , 物质 B 物质的量浓度为  $C_B \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 溶液的密度为  $d \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 物质 B 的摩尔质量为  $M_B$ 。则

$$V(\text{L}) \text{ 溶液的质量为 } m = 1000 \times d \cdot V (\text{g})$$

溶质 B 的质量为

$$m_B = w_B \cdot m = 1000 \times w_B \cdot d \cdot V (\text{g})$$

物质 B 的物质的量为

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{1000 \times w_B \cdot d \cdot V}{M_B}$$

物质 B 的物质的量浓度为

$$C_B = \frac{n_B}{V} = \frac{1000 \times w_B \cdot d}{M_B} \quad (1-7)$$



## 例 1-7

98%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量浓度是多少? (密度为  $1.84\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

解: 已知  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $w_B = 0.98$ ,  $d = 1.84\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $M_B = 98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

代入式(1-7)得

$$C_B = \frac{1000 \times w_B \cdot d}{M_B} = \frac{1000 \times 0.98 \times 1.84}{98} = 18.4 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$





**3. 溶液的稀释** 在实际工作中,常常用一种浓溶液( $C_1$ )加溶剂稀释配制稀溶液( $C_2$ )。在稀释时,溶液的体积由 $V_1$ 变至 $V_2$ ,但溶质的物质的量( $n = C \cdot V$ )并没有改变,因而有如下关系:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (1-8)$$

式(1-8)仅适用于溶液的稀释,不能用于化学反应,因为化学反应不完全是等物质的量作用的。在利用式(1-8)计算时,所用浓度必须是与体积相关的(用一定体积溶液中所含溶质的量表示的)浓度,质量分数则不适用。还应注意等式两边的浓度及体积的单位要一致。

**例 1-8**

配制 1000ml  $0.50\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HCl 溶液,需要 37% 的浓盐酸多少毫升?(浓盐酸的密度为  $1.19\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

解:已知  $C_2 = 0.50\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $V_2 = 1000\text{ml}$ ,  $w_B = 0.37$ ,  $M_B = 36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $d = 1.19\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$

代入式(1-7)求出浓盐酸的物质的量浓度:

$$C_1 = \frac{1000 \times w_B \cdot d}{M_B} = \frac{1000 \times 0.37 \times 1.19}{36.5} = 12(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

由式(1-8)得:

$$V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1} = \frac{0.50 \times 1000}{12} = 42(\text{ml})$$

取 42mL 37% 浓盐酸加水稀释至 1000mL 即为所要配制的  $0.50\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  HCl 溶液。

均一的蔗糖溶液。任何纯溶剂与溶液或两种不同浓度的溶液相互接触时都会发生溶质分子和溶剂分子双向扩散现象。

如果用半透膜将蔗糖溶液和纯水隔开,情况就不同了。半透膜是一种可以允许某些物质透过,而不允许另一些物质透过的多孔性薄膜。生物体内的细胞膜、毛细血管壁、膀胱膜、硫酸纸、人造羊皮纸、火棉胶膜等都是半透膜。每一种半透膜的通透性不同,有的半透膜只允许水分子透过而不允许溶质分子透过;而有些半透膜除允许水分子透过外,还允许小分子化合物及电解质离子透过,但不允许大分子化合物透过。

用一种只允许水分子透过而不允许蔗糖分子透过的半透膜(如人造亚铁氰化铜薄膜)将蔗糖溶液和纯水隔开,并使膜两侧液面高度相等[如图 1-1(a)所示]。过一段时间后,蔗糖溶液的液面上升,而纯水的液面下降[如图 1-1(b)所示]。蔗糖溶液液面上升,意味着水分子透过半透膜从纯水进入了蔗糖溶液。如果用半透膜将两种不同浓度的蔗糖溶液隔开,也会产生类似现象,稀溶液中的水分子会透过半透膜进入到浓溶液而使浓溶液液面升高。

我们把这种溶剂分子透过半透膜由纯溶剂进入溶液或由稀溶液进入浓溶液的现象叫渗透现象。由此可见,产生渗透现象应具备两个条件:一是有半透膜存在;二是半透膜两侧溶液的溶质粒子浓度不相等。渗透时水或是从溶剂向溶液,或是从稀溶液向浓溶液渗透,亦即渗透的方向总是趋向于减小两侧溶液的溶质粒子浓度差。

渗透现象产生的原因是由于蔗糖分子不能透过半透膜,而水分子可以透过半透膜向膜两侧运动。由于膜两侧单位体积溶液中水分子数目不同,单位体积纯水中所含水分子的数目比蔗糖溶液中多,因此相同时间内,从纯水进入蔗糖溶液的水分子数多于从蔗糖溶液进入纯水的水分子数,结果蔗糖溶液的体积逐渐增大,液面不断上升,而相应地纯水的液面下降。随着蔗糖溶液液面的上升,膜两侧溶液液面差逐渐加大,溶液静水压逐渐增加,使水分子从蔗糖溶液进入纯水的速率不断加快。当液面上升到一定高度时,水分子向两个方向渗

## 第 2 节 溶液的渗透压

为什么人在淡水池中游泳时间过长会感觉眼睛胀痛,而在大海中游泳就没有这种感觉?为什么失水发蔫的花草浇水后又生机勃勃?为什么淡水鱼与海水鱼互换环境不能生存?为什么给病人大量补液时要用  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 或  $50\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液?要回答这类问题,需要了解渗透现象和渗透压的基本知识。

### 一、渗透现象和渗透压

在一杯蔗糖溶液的液面上小心地加入一层清水,避免任何机械振动。静止一段时间后,由于分子本身的热运动,蔗糖分子向水层扩散,水分子向蔗糖溶液扩散,最终成为浓度



透的速率相等,蔗糖与纯水的液面不再发生变化,此时达到渗透平衡状态[如图 1-1 (c) 所示]。

为了阻止渗透现象发生,就必须在溶液液

面上施加一额外压力。这种恰能阻止纯溶剂与溶液间渗透现象的发生而需施加在溶液液面上的压力称为该溶液的渗透压[如图 1-1 (d) 所示]。

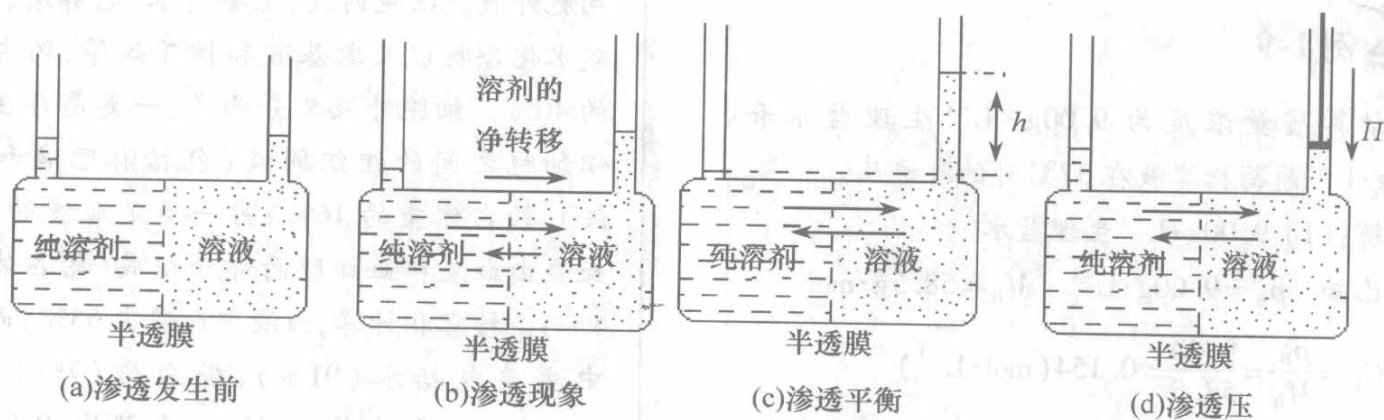


图 1-1 渗透现象和渗透压

### 反渗透及其应用

反渗透是在浓溶液一边加上比自然渗透压更高的压力,将浓溶液中的溶剂(水)压到半透膜的另一边稀溶液中。这是和自然界正常渗透过程相反的,故称为反渗透。反渗透技术通常用于海水、苦咸水的淡化;饮用水的净化、高纯水的生产;废水处理以及食品、医药工业、化学工业的提纯、浓缩、分离等方面。

链 接

## 二、渗透压与浓度、温度的关系

实验证明:在一定温度下,溶液的渗透压与其浓度成正比;在一定浓度下,溶液的渗透压与热力学温度成正比。1886年,荷兰物理化学家范托夫(Van't Hoff)综合上述实验结果提出渗透压与浓度、温度的关系:

$$\Pi = CRT \quad (1-9)$$

式中: $\Pi$  为溶液的渗透压(kPa); $C$  为溶液的物质的量浓度( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ); $T$  为热力学温度( $T = 273 + t^\circ\text{C}$ , 单位为 K); $R$  为气体常数即  $8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

式(1-9)称为范托夫公式或范托夫定律。它表明:一定温度下,稀溶液的渗透压只与单位体积溶液内溶质的颗粒数目成正比,而与溶质的本性无关。像蛋白质这样的大分子,当单位体积内分子数目与某种小分子溶液一样时,它们的渗透压是相等的,即渗透压与溶质颗粒的种类、大小无关。

### 牧场化学家

范托夫(Jacobus Henricus Van't Hoff),荷兰物理化学家。1874年,范托夫提出了碳原子的正四面体理论,把分子结构从平面发展为立体,为立体化学奠定了基础。1877年,范托夫从研究有机化学转而研究刚刚得到公认的新领域物理化学。1901年,范托夫由于在反应速度、化学平衡和渗透压方面的研究,成为第一位诺贝尔化学奖获得者。

生活在他周围的人们直到有一天看到报纸上刊登出“范托夫荣获首届诺贝尔化学奖”和他的素描像,才知道每天早上赶着马车为大家送鲜奶的牧场主人竟是著名的化学家,而且还获得了首届诺贝尔奖!最终,送奶的范托夫和化学家范托夫被人们合并传成了“牧场化学家”。

接 链

范托夫公式仅适用于非电解质溶液。由于非电解质在溶液中不发生解离,产生渗透效应的颗粒就是非电解质分子。对于任何非电解质溶液,在相同温度下,只要它们物质的量浓度相同,其渗透压也一定相等。例如,在相同的温度下, $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的蔗糖溶液与 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液的渗透压是相等的。

对于电解质溶液,由于溶质解离,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,所以渗透压也大。因此,在计算电解质溶液的渗透压时必须引入一个校正系数*i*,即





$$\Pi = i CRT \quad (1-10)$$

式中： $i$ 表示一个电解质分子在溶液中解离所能形成的颗粒数。如NaCl溶液的*i*值近似为2，MgCl<sub>2</sub>的*i*近似值为3。

**例 1-9**

计算质量浓度为  $9.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  生理盐水和  $50.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液在  $37^\circ\text{C}$  时的渗透压。

解：(1)  $9.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  生理盐水

已知  $\rho_B = 9.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$   $M_B = 58.5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$C_B = \frac{\rho_B}{M_B} = \frac{9.00}{58.5} = 0.154(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$$

氯化钠是强电解质，在溶液中全部离解， $i = 2$

$$\begin{aligned} \Pi &= i CRT = 2 \times 0.154 \times 8.314 \times (273 + 37) \\ &= 794(\text{kPa}) \end{aligned}$$

(2)  $50.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  葡萄糖

已知  $\rho_B = 50.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$   $M_B = 180\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$C_B = \frac{\rho_B}{M_B} = \frac{50.0}{180} = 0.278(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$$

葡萄糖是非电解质，在溶液中不解离

$$\begin{aligned} \Pi &= CRT = 0.278 \times 8.314 \times (273 + 37) \\ &= 717(\text{kPa}) \end{aligned}$$

**体 液**

人体内含有大量的水分，这些水和溶解在水里的各种物质总称为体液，质量约占人体体重的60%。体液可分为两大部分：细胞内液和细胞外液。细胞内液，主要有水、电解质、脂类、碳水化合物以及氨基酸和核苷酸等，约占体重的40%。细胞外液又分两类：一类是存在于组织细胞之间的组织间液（包括淋巴液和脑髓液），约占体重的16%；另一类是血液的血浆。血液由血浆和血细胞两部分组成（约占体重的4%）。按容积计算，血液中血浆占55%，而血浆中主要包括水（91%）、蛋白质（7%）、脂类（1%）、碳水化合物（0.1%）、电解质（0.9%）和代谢产物（尿素、肌酐、尿酸等）。

接 链

正常人血浆的渗透浓度约为  $300\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。表1-1列出了血浆中产生渗透作用的各种物质的平均浓度。

表 1-1 正常血浆中产生渗透作用的各种物质的平均浓度

物质	$C/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	物质	$C/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
Na <sup>+</sup>	144	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.5
K <sup>+</sup>	5	氨基酸	2
Ca <sup>2+</sup>	2.5	肌酸	0.2
Mg <sup>2+</sup>	1.5	乳酸盐	1.2
Cl <sup>-</sup>	107	葡萄糖	5.6
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2	蛋白质	1.2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27	尿素	4

**三、渗透压在医学上的意义**

**1. 渗透浓度** 在人体体液中含有电解质组分和非电解质组分。由范托夫公式可知，溶液渗透压的大小取决于单位体积溶液内溶质的颗粒数目，而与溶质本性无关。所以体液的渗透压决定于单位体积体液中各种分子和离子的总数。医学上将溶液中能产生渗透效应的各种分子和离子（称为渗透活性物质）的总浓度定义为渗透浓度，用符号  $C_o$  表示，其常用单位是  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

对于非电解质溶液，其渗透浓度等于其物质的量浓度；对于强电解质溶液，其渗透浓度等于溶液中的离子总浓度。如  $50.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液的物质的量浓度是  $278\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，其渗透浓度也是  $278\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ； $9.00\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  生理盐水的物质的量浓度是  $154\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，因NaCl是强电解质，一个NaCl分子产生一个Na<sup>+</sup>离子和一个Cl<sup>-</sup>离子，故其渗透浓度为  $308\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

**2. 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液。渗透压不等的两种溶液中，渗透压相对较高的叫高渗液；渗透压相对较低的叫低渗液。医学上，溶液的等渗、低渗和高渗是以血浆的总渗透压为标准。正常血浆的总渗透浓度约为  $300\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，凡渗透浓度在  $280\sim 320\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  范围内的溶液叫等渗液；渗透浓度低于  $280\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液叫低渗液；渗透浓度高于  $320\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  的溶液叫高渗液。

等渗溶液在医学上有着重要意义，例如，给病人换药时，通常用与组织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黏膜细胞的渗透压相同,否则也会刺激眼睛而疼痛。

临床治疗中静脉大量输液时,应用等渗液是一个基本原则。正常情况下,血浆渗透压与红细胞内液的渗透压相等,从而使红细胞维持正常的容积和形态。若大量输入低渗液,血浆浓度降低,血浆渗透压也随着降低,血浆中的水分子将透过细胞膜而进入细胞内,使红细胞

膨胀和破裂,发生溶血现象。若大量输入高渗液,血浆渗透压将高于红细胞内液的渗透压,红细胞内的水分子将透过细胞膜进入血浆,使红细胞皱缩,有可能黏成团块在小血管中形成血栓(图1-2)。根据需要,临床上有时也用高渗液进行静脉注射,必须注意注射量不宜太多,注射速度不能太快,缓慢注入体内,即可被体液稀释成等渗液。

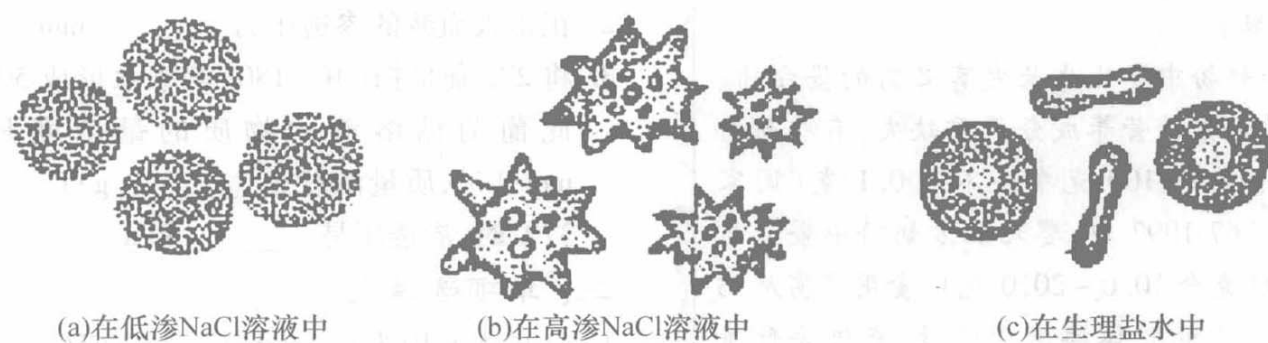


图1-2 红细胞在不同浓度的氯化钠溶液中的形态示意图

### 腌渍食品防腐原理

在腌制的鱼肉蔬菜的周围有浓度很高的食盐溶液,它有防腐作用。因为微生物的细胞膜是一种半透膜,当细胞外溶液因高浓度食盐的存在使其渗透压远较细胞内液高时,细胞里的水分就会向膜外渗透,从而使细胞脱水,导致细胞质壁分离,抑制了微生物的活动。另外,食盐溶液中的一些离子,如钠离子、钾离子、钙离子、镁离子等在浓度较高时对微生物发生生理毒害作用。

蜜饯、果脯等能有较长的保质期而不易变质也是由于高浓度糖溶液的高渗作用。

链接

**3. 晶体渗透压和胶体渗透压** 血浆中既有电解质离子和有机小分子物质(如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、葡萄糖、尿素等),也有有机高分子物质(如蛋白质等)。血浆总渗透压为两者产生的渗透压的总和。由有机小分子和电解质离子所产生的渗透压称为晶体渗透压,由有机高分子物质(胶体物质)所产生的渗透压称为胶体渗透压。正常血浆总渗透压约为  $770\text{kPa}$ ,其中晶体渗透压约为  $766\text{kPa}$ ,胶体渗透压仅约为  $4\text{kPa}$ 。这是因为高分子物质的相对分子质量大,颗粒数目少,小分子物质的相对分子质量小,有的又可离解成离子,颗粒数目多,所以血浆渗透压主要来源于晶体渗透压。

人体内各种半透膜的通透性不同,所以晶

体渗透压和胶体渗透压的生理功能也不一样。间隔着细胞内液和外液的细胞膜只允许水分子透过而不允许其他分子、离子自由透过,因为晶体渗透压远大于胶体渗透压,所以在正常情况下,血浆晶体渗透压在调节细胞膜内外水平衡、维持细胞的正常形态和功能方面起着重要作用。

### 人工肾

肾病患者由于肾功能障碍,血液中的代谢废物如尿素、尿酸等不能通过肾脏自然排出,致使其在血液中的浓度增高,严重时会引起尿毒症而危及生命。利用人工透析机进行的透析疗法就是利用渗透的原理将血液中的代谢废物和多余水分(可自由通过半透膜)清除出去,而血液中的血细胞和蛋白质(不能通过半透膜)等有用的物质仍然留在血液中,同时还可以将营养物质和药物送入人体。透析疗法并不能治愈尿毒症或肾功能衰竭,它的作用是代替已失去正常生理功能的肾脏,维系生命。因而,人工透析又称为人工肾。

链接

间隔着血液与组织液的毛细血管壁的通透性与细胞膜不同,它除了允许水分子自由透外,还允许小分子、离子透过,而对蛋白质等高分子胶体物质没有通透性。因此,血浆晶体渗透压虽大,但对水进出毛细血管不起任何调节





作用;胶体渗透压虽小,但在调节毛细血管内外水盐平衡、维持血容量方面起着重要作用。

### “大头娃娃”事件

2004年,安徽省阜阳市劣质奶粉事件成为轰动全国的大事。有171名婴儿因食用劣质奶粉出现营养不良综合征,出现许多“大头娃娃”,其中死亡13人。

问题:婴儿食用了劣质奶粉,为何会引起“大头”症状?

分析:奶粉中婴儿生长发育必需的蛋白质、脂肪、微量元素等营养成分严重缺失,有些奶粉的蛋白质含量每100克中还不足0.1克(国家标准GB10767-1997中,婴儿配方奶粉中蛋白质含量每100克含10.0~20.0克),食用了劣质奶粉的婴儿体内的胶体渗透压过低,直接导致了毛细血管内外水盐平衡的被破坏,血液中的水分大量进入组织液,而造成水肿(“大头”症状),血容量不足,进而引起各种营养不良综合征,如贫血、发育迟缓甚至停滞,严重者死亡。

链接

物质的量的单位是摩尔。1mol任何物质所含有的基本单元数都是 $6.02 \times 10^{23}$ 个。

一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量叫做溶液的浓度。常用的有物质的量浓度、质量浓度、质量分数、体积分数。

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现象称为渗透现象。渗透现象的产生必须有两个条件:一是有半透膜存在;二是半透膜两侧溶液的溶质粒子浓度不相等。恰能阻止纯溶剂与溶液间渗透现象的发生而需施加在溶液液面上的压力称为该溶液的渗透压。在一定温度下,稀溶液的渗透压与溶液中溶质的粒子浓度成正比,而与溶质的本性无关。

医学上常用渗透浓度表示渗透压。临床上渗透浓度在 $280 \sim 320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内的溶液叫等渗液;低于 $280 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液叫低渗液;高于 $320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液叫高渗液。

## 小结

### 目标检测

#### 一、判断题

1. 溶液的渗透压与溶质粒子的浓度有关,也与溶质粒子的性质有关。

2. 血液中由电解质和有机小分子物质所产生的渗透压为晶体渗透压。  
3. 为了使红细胞维持正常的容积和形态,临床治疗中静脉输液时,只能使用等渗液。  
4.  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )与 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )是等渗溶液。

#### 二、填空题

1. 渗透现象产生的条件是①\_\_\_\_\_;  
②\_\_\_\_\_。  
2. 正常人血浆的渗透压为\_\_\_\_\_  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。  
3. 将27g葡萄糖( $M=180$ )溶于水形成500mL溶液,此葡萄糖溶液的物质的量浓度是\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,质量浓度是\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。此溶液在 $37^\circ\text{C}$ 时,渗透压是\_\_\_\_\_ kPa。

#### 三、单项选择题

1. 已知浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的KCl(a)、 $\text{CaCl}_2$ (b)、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (c)三种溶液的渗透压由大到小的顺序为( )  
A.  $a > b > c$                       B.  $b > a > c$   
C.  $b > c > a$                       D.  $c > a > b$
2. 在一定温度下,稀溶液的渗透压取决于( )  
A. 溶剂的本性                      B. 溶质的本性  
C. 溶质的分子数                    D. 溶液的渗透浓度
3. 能使红细胞破裂发生溶血现象的溶液( )  
A.  $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl溶液  
B.  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{CaCl}_2$ 溶液  
C.  $6.25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$ 溶液  
D.  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液
4. 下列何种溶液不与正常人血浆等渗( )  
A.  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl  
B.  $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl  
C.  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
D.  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 和 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl的等体积混合液
5.  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl和 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖等体积混合液的渗透浓度是多少  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ( )  
A. 200                                  B. 300  
C. 400                                  D. 500
6. 某人100mL血清中含100mg葡萄糖,血清中葡萄糖物质的量浓度是多少  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ( )  
A. 4.4                                  B. 5.0  
C. 5.6                                  D. 6.7
7. 在500mL生理盐水中,其渗透浓度是多少  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ( )  
A. 196                                  B. 154  
C. 391                                  D. 308

#### 四、简答题

1. 下面的溶液用半透膜隔开,用箭头标明渗透方向:







- (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)  $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaCl}$  |  $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$
2. 蛙肌细胞内液的渗透浓度为  $240\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 若将蛙肌细胞分别置于  $5.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $7.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  的氯化钠溶液中, 将各呈什么形态?
3. 将血糖正常值(为  $80\sim 120\text{mg}/100\text{mL}$ )用毫摩尔/升表示。(葡萄糖  $M=180$ )

#### 五、计算题

1. 某患者需要补  $0.2\text{mol}$  葡萄糖, 应补多少毫升  $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  的葡萄糖溶液?
2. 某患者需要补  $0.04\text{mol K}^+$ , 需要用多少支  $100\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\text{KCl}$  针剂(每支为  $10\text{mL}$ )加到葡萄糖溶液

中静脉滴注?

3. 计算下列溶液的渗透浓度, 并指出是等渗、低渗还是高渗液:
  - (1)  $19.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  乳酸钠( $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$ )溶液
  - (2)  $25.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  溶液
4. 人体正常温度为  $37^\circ\text{C}$ , 实验测得人的血浆渗透压为  $780\text{kPa}$ , 血浆的渗透浓度( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )为多少?
5. 将  $2.00\text{g}$  白蛋白溶于水配制成  $100\text{mL}$  溶液,  $25^\circ\text{C}$  时此溶液的渗透压为  $0.717\text{kPa}$ , 求此蛋白质的相对分子质量。

(郭可愚)

