



全国医学成人高等教育专科教材

QUANGUO YIXUE CHENGREN GAODENG JIAOYU ZHUANKE JIAOCAI

第2版

医用化学

主编 谢吉民 栗香莲 孟令云

YIYONG HUAXUE



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

· 全国医学成人高等教育专科教材 ·

医 用 化 学

YIYONG HUAXUE

(第 2 版)

主 编	谢吉民	栗香莲	孟令云	
副主编	张小清	陈常兴	胡苗霞	黄勤安
编 者	(以姓氏笔画为序)			
	李河冰	杨金香	张小清	陈常兴
	孟令云	胡苗霞	栗香莲	黄勤安
	谢吉民	嵇学林	潘丽元	

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/谢吉民编. —2版. —北京:人民军医出版社,2003.8

全国医学成人高等教育专科教材

ISBN 7-80157-915-1

I. 医… II. 谢… III. 医用化学—成人教育:高等教育—教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042346 号

主 编:谢吉民 栗香莲 孟令云

出 版 人:齐学进

策划编辑:秦素利等

加工编辑:王三荣

版式设计:赫英华

封面设计:吴朝洪

出 版 者:人民军医出版社

地址:北京市复兴路 22 号甲 3 号,邮编:100842,电话:(010)66882586,51927252

传真:68222916,网址:www.pmmp.com.cn

印 刷 者:北京天宇星印刷厂

装 订 者:腾达装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所发行

版 次:2003 年 8 月第 2 版,2003 年 8 月第 6 次印刷

开 本:787×1092mm 1/16

印 张:13.625

字 数:318 千字

印 数:24101~29100

定 价:25.00 元

第2版前言

《医用化学》(第2版)是根据2002年6月在新乡召开的全国医学成人高等专科教材编审委员会和第2版教材编审会议精神,在认真总结第1版教材使用经验的基础上进行编写的。

本教材编写的指导思想是遵循教材的“三基”、“五性”原则,即“基础理论、基本知识、基本技能”和“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”,强调教材“以培养目标为依据,适当淡化化学科意识”,本着以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为教学重点的精神,适应我国成人教育医学专科人才培养的需要。

考虑到尽量不与中学、中专教材的内容重复以及各校教学的实际情况,教材删去了第1版教材中物质的溶解度、难溶电解质的沉淀平衡、化学反应的热效应以及烃和卤代烃等内容;增加了有机化合物概述;将物质结构理论、化学分析简介和人体中的化学元素等内容融合在相关章节介绍。

本书采用中华人民共和国标准 GB3102.8-93 所规定的符号和单位。

按本套教材的统一安排,有关氨基酸、蛋白质及核酸的内容编入《生物化学》教材。

本书理论部分按授课54学时编写,各校可根据具体情况进行增减,有些选读内容以小五号字编排,供读者自学和教学时参考。为了便于学生复习和自测,在每章末增加了小结,并在书末增加了自测题。

实验部分共编8个实验,各院校可根据情况合理选用。

本书可作为成人教育医学专科临床医学、预防医学、口腔、儿科、影像、麻醉、护理等专业的医用化学教材,也可作为全日制高等医学院校相关专业学生的教学用书以及卫校、护校师生的参考用书或医疗卫生人员的自学用书。

限于编者水平,书中不妥和错漏之处,敬请批评指正。

谢吉民 栗香莲 孟令云

目 录

第1章 绪 论	(1)
一、化学研究的对象和目的	(1)
二、化学与医学的关系	(1)
三、医用化学的内容和学习方法	(2)
第2章 溶 液	(3)
第一节 溶液组成量度的表示方法	(3)
一、物质的量浓度	(3)
二、质量浓度	(4)
三、质量分数和体积分数	(4)
第二节 溶液的渗透压力	(5)
一、渗透现象和渗透压力	(5)
二、渗透压力与浓度、温度的关系	(6)
三、渗透压力在医学中的意义	(6)
第3章 电解质溶液	(10)
第一节 酸碱质子理论	(10)
一、酸碱的定义	(10)
二、酸碱反应的实质	(11)
第二节 溶液的酸碱性及 pH 值	(11)
一、水的质子自递反应	(11)
二、弱酸、弱碱溶液中的质子传递平衡及 pH 值计算	(12)
三、同离子效应和盐效应	(14)
第三节 缓冲溶液	(14)
一、缓冲溶液的组成及缓冲作用	(14)
二、缓冲溶液的 pH 值计算	(15)
三、缓冲容量和缓冲溶液的配制	(18)
四、缓冲溶液在医学上的意义	(19)
第4章 胶体溶液	(22)
第一节 胶体的基本概念	(22)
第二节 表面现象	(22)
一、表面能和表面张力	(23)
二、吸附	(23)
三、乳状液	(25)

第三节 溶胶	(26)
一、溶胶的性质	(26)
二、胶团的结构	(28)
三、溶胶的稳定性和聚沉	(29)
第四节 高分子化合物溶液	(29)
第五节 凝胶	(30)
第5章 化学反应速率和化学平衡	(33)
第一节 化学反应速率	(33)
一、化学反应速率的含义及表示方法	(33)
二、有效碰撞理论简介	(33)
第二节 影响化学反应速率的因素	(34)
一、浓度对反应速率的影响	(34)
二、温度对反应速率的影响	(36)
三、催化剂对反应速率的影响	(36)
第三节 化学平衡	(37)
一、可逆反应与化学平衡	(37)
二、平衡常数	(38)
三、化学平衡的移动	(38)
第6章 配位化合物	(42)
第一节 配合物的基本概念	(42)
一、配合物的定义	(42)
二、配合物的组成	(43)
三、配合物的命名	(44)
第二节 配位平衡	(45)
一、稳定常数	(45)
二、配位平衡的移动	(46)
三、稳定常数的应用	(46)
第三节 螯合物	(48)
一、基本概念	(48)
二、螯合物的稳定性	(48)
三、螯合滴定	(49)
第四节 配合物在医学上的意义	(50)
第7章 氧化还原与电极电势	(53)
第一节 氧化还原反应基本概念	(53)
一、氧化还原反应	(53)
二、氧化值	(53)
第二节 原电池与电极电势	(54)
一、原电池	(54)
二、电极电势的产生	(55)

三、标准电极电势·····	(55)
第三节 影响电极电势的因素·····	(57)
一、能斯特方程式·····	(57)
二、能斯特方程式计算示例·····	(58)
第四节 电极电势和电池电动势的应用·····	(59)
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱·····	(59)
二、判断氧化还原反应进行的方向·····	(59)
三、电势法测定溶液的 pH 值·····	(60)
第 8 章 有机化合物概述·····	(64)
第一节 有机化合物和有机化学·····	(64)
第二节 有机化合物的特点·····	(64)
第三节 有机化合物的结构理论·····	(65)
一、碳原子的结构·····	(65)
二、杂化轨道理论·····	(65)
三、共价键的类型·····	(67)
第四节 有机化合物分子中的电子效应·····	(69)
一、诱导效应·····	(69)
二、共轭效应·····	(70)
第五节 有机反应的类型·····	(73)
一、游离基反应·····	(73)
二、离子型反应·····	(74)
第六节 有机化合物的分类和命名原则·····	(76)
一、有机化学物的分类·····	(76)
二、有机化合物的命名原则·····	(77)
第 9 章 醇、酚、醚·····	(81)
第一节 醇·····	(81)
一、醇的分类·····	(81)
二、醇的命名·····	(82)
三、醇的理化性质·····	(83)
四、重要的醇·····	(85)
第二节 酚·····	(86)
一、酚的分类和命名·····	(86)
二、酚的结构·····	(87)
三、酚的性质·····	(87)
四、重要的酚·····	(89)
第三节 醚·····	(89)
一、醚的分类和命名·····	(89)
二、醚的性质·····	(90)
第 10 章 醛、酮、醌·····	(93)

第一节 醛和酮	(93)
一、醛和酮的结构	(93)
二、醛和酮的分类和命名	(93)
三、醛和酮的化学性质	(95)
四、重要的醛和酮	(98)
第二节 醌	(98)
一、醌的结构和命名	(98)
二、维生素 K	(99)
第 11 章 有机酸	(102)
第一节 羧酸	(102)
一、羧酸的分类和命名	(102)
二、羧酸的结构	(103)
三、羧酸的物理性质	(103)
四、羧酸的化学性质	(104)
第二节 羧酸衍生物	(107)
一、结构和命名	(107)
二、化学性质	(108)
第三节 羟基酸和酮酸	(109)
一、羟基酸	(110)
二、酮酸	(111)
第四节 与医学有关的重要化合物	(112)
一、人体必需脂肪酸	(112)
二、乙酰水杨酸	(113)
三、 β -丁酮酸	(113)
第 12 章 有机化合物的立体异构	(116)
第一节 顺反异构	(116)
一、顺反异构产生的条件	(116)
二、顺反异构的命名	(117)
三、顺反异构体的性质	(118)
第二节 构象异构	(119)
一、乙烷的构象	(119)
二、环己烷的构象	(120)
第三节 对映异构	(120)
一、偏振光和旋光性	(120)
二、旋光度和比旋光度	(122)
三、分子结构和旋光性的关系	(122)
四、对映异构体的构型及其命名	(125)
五、手性分子在生物界的作用	(127)
第 13 章 脂 类	(130)

第一节 油脂	(130)
一、油脂的组成和结构	(130)
二、油脂的化学性质	(131)
第二节 磷脂	(132)
一、卵磷脂	(132)
二、脑磷脂	(133)
三、鞘磷脂	(133)
第三节 甾族化合物	(134)
一、甾族化合物的结构	(134)
二、医学上重要的甾族化合物	(134)
第 14 章 糖 类	(139)
第一节 单糖	(139)
一、单糖的分类	(139)
二、单糖的结构	(139)
三、单糖的理化性质	(144)
四、重要的单糖	(147)
第二节 低聚糖	(149)
一、二糖的结构与性质	(149)
二、血型物质中的低聚糖	(151)
第三节 多糖	(152)
一、淀粉	(152)
二、糖原	(154)
三、纤维素	(154)
四、右旋糖酐	(154)
五、黏多糖	(155)
第 15 章 含氮有机化合物	(157)
第一节 胺	(157)
一、胺的分类和命名	(157)
二、胺的结构	(158)
三、胺的性质	(159)
四、重要的胺及其衍生物	(162)
第二节 酰胺	(162)
一、酰胺的结构及命名	(162)
二、酰胺的化学性质	(163)
三、重要的酰胺及其衍生物	(164)
第三节 含氮杂环化合物	(164)
一、杂环化合物的分类、命名	(165)
二、杂环化合物的结构	(167)
三、吡咯、吡啶的化学性质	(167)

四、重要的含氮杂环化合物	(169)
第四节 生物碱	(170)
附 A 实验部分	(173)
化学实验须知	(173)
实验一 缓冲溶液	(175)
实验二 电位法测定醋酸的解离常数	(177)
实验三 配位化合物的生成和性质	(180)
实验四 水的总硬度测定	(182)
实验五 有机化合物熔点的测定	(184)
实验六 醇、酚、醛和酮的性质	(186)
实验七 糖类及含氮化合物的性质	(189)
实验八 乙酰水杨酸的制备	(191)
附 B 医用化学(无机部分)水平测试题	(193)
附 C 医用化学(有机部分)水平测试题	(196)
附 D 医用化学(综合)水平测试题	(200)

第1章 绪 论

自
然
界

一、化学研究的对象和目的

自然界是由物质组成的。自然科学的研究对象是客观存在的物质。物质可分为实物和场两种基本形态。实物具有静止质量,如原子、分子、电子等。场不具有静止质量,如电场、磁场、原子核内力场等。化学所研究的主要对象是实物(习惯上仍称实物为物质)。化学是在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的自然科学。

化学研究的内容非常丰富,随着人们对化学运动形式认识的逐渐加深,到19世纪末20世纪初,化学形成了以下四大分支:

无机化学:研究所有元素的单质及其化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)。

有机化学:研究碳氢化合物及其衍生物。

分析化学:研究物质成分的测定方法和原理。

物理化学:运用物理学的原理和实验方法研究物质化学变化的基本规律。

化学与其他学科之间相互渗透,相互融合,化学学科内部与各分支学科之间也相互交叉,又不断形成许多新的边缘学科和应用学科,如医用化学、生物化学、环境化学、食品化学、药物化学、农业化学、结构化学、量子化学、生物无机化学、高分子化学等。从20世纪后期起,化学进入了一个崭新的发展阶段,主要表现为从描述性的科学向推理性的科学过渡,从静态向动态、从定性向定量发展,从宏观向微观深入。化学的发展必将对诸如生命科学、环境保护、能源开发、新材料的合成等世人瞩目的重大课题的研究起到重要作用。化学已被公认是一门中心科学。

二、化学与医学的关系

早在16世纪,欧洲化学家就提出要为医治疾病制造药物。1800年,英国化学家Davy发现了一氧化二氮的麻醉作用,后来乙醚、普鲁卡因等更加有效的麻醉药物被发现,使无痛外科手术成为可能。1932年,德国科学家Domagk发现一种偶氮磺胺染料可治愈细菌性败血症。此后,化学家制备了许多新型的磺胺药物,并开创了今天的抗生素领域。因此,医学的发展与化学密切相关。

现代医学与化学关系更加密切。医学是研究人体正常的生理现象和病理现象、寻求防病治病的方法、保障人类健康的科学。体内许多生理现象和病理现象,如消化、吸收、呼吸、排泄等都包含着复杂的化学变化。人体的基本营养物质是糖、脂肪、蛋白质、无机盐等,这些物质在体内的代谢也同样遵循化学的基本原理和规律。因此,必须掌握一定的化学知识,才能更好地研究生命活动的规律,从而深入了解生理、病理现象的实质。

在疾病的诊断、治疗过程中,需要进行化验和使用药物,这也与化学密切相关。例如,临床检验常需要利用化学方法进行一系列的分析,测定血、尿等生物标本中某些成分的含量,以帮助正确诊断疾病。治疗疾病时所用的药物,其化学结构、化学性质以及纯度直接影响药理作用

和毒性作用;药物间的配伍也与其化学性质密切相关,要正确合理用药,必需掌握有关的化学知识。

在卫生监督、疾病预防等方面,如环境卫生、营养卫生、劳动卫生等工作,常需进行饮水分析、食品检验、环境监测等等,都离不开化学。

随着科学技术的进步,现代医学已逐渐发展到分子层次,化学的研究成果对此起了重要的推动作用。例如,由于化学家对生物大分子(主要是核酸和蛋白质)的认识取得了突破,由此形成了一门新兴的学科——分子生物学。分子生物学的形成和发展,对医学乃至整个生命科学都产生了重大影响。又如,从有机物分子的立体结构研究酶和底物的作用以及药物和受体的作用,从分子水平上研究某些疾病的致病因子,从微量元素的研究为疾病的早期诊断提供科学依据等,都说明现代医学的发展需要更多、更深的化学知识。

三、医用化学的内容和学习方法

由于医学和化学的密切关系,世界各国在医学教育中都把化学作为重要的基础课。医用化学的任务是使学生获得学习医学所必需的化学基本理论、基本知识和基本技能。

本课程的内容分为基础化学和有机化学两大部分。前者主要论述化学的基本原理和概念,包括溶液、化学平衡、化学反应速率、物质结构和性质的关系等;后者主要介绍与医学密切相关的碳氢化合物及其衍生物。这些内容中有些将在医学工作中直接应用,有些则是后续课程的必要基础知识。

医用化学的特点是理论性强,涉及的概念多,因此难度也较大。学习中要着重理解、掌握化学基本概念和有关计算。学习中要注意对有关内容进行分析、比较、归纳和综合,从中找出共性和差异。着重弄懂,切忌死记硬背,应在理解的基础上力求融会贯通,要学会利用各种参考资料,运用所掌握的理论知识去分析和解决实际问题。

化学是一门以实验为基础的学科,许多化学定律、学说都是在实验的基础上提出的。通过实验不仅可以加深理解、巩固所学到的基本理论和知识,而且还可以训练有关的实验基本操作和技能,培养独立工作的能力、严谨的科学态度和科学的思维方法。因此,必须重视实验课。

(谢吉民)

第2章 溶 液

物质以分子、原子或离子状态分散于另一种物质中所形成的均匀而又稳定的体系称为溶液。溶液不仅在工农业生产、日常生活中有重要的作用,而且与生命现象有着极其重要的关系。人体内的血液、细胞、淋巴液及各种腺体的分泌液等都是溶液,它们对于体内物质交换和新陈代谢是必不可少的。人体的体液不仅有一定的成分、分布,而且还要有一定的含量,才能维持人体的正常生理功能。临床上给患者补液如果浓度不当,就会产生不良后果,甚至危及生命,因此掌握溶液浓度表示方法,计算溶液的渗透压力,对医务工作者是十分必需的。

第一节 溶液组成量度的表示方法

溶液的组成量度是指一定量的溶剂或溶液中所含溶质的量。表示溶液组成量度的方法有很多,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。因此,本章重点介绍这两种浓度。

一、物质的量浓度

物质的量浓度简称浓度,用符号 c_B 表示,定义为物质 B 的物质的量 n_B 除以溶液的体积 V 。

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1.1)$$

c_B 的 SI 单位是 mol/L,医学上常用的单位是 mol/L, mmol/L 和 $\mu\text{mol/L}$ 等。

在使用物质的量浓度时,必须指明物质的基本单位,它可以是原子、分子、离子或这些粒子的特定组合体。例如:

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

$c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol/L}$, 表示每升溶液中含 $0.2 \text{ mol}(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$;

$c(\text{Ca}^{2+}) = 0.01 \text{ mol/L}$, 表示每升溶液中含 $0.01 \text{ mol}(\text{Ca}^{2+})$ 。

B 的物质的量 n_B 与 B 的质量 m_B 、摩尔质量 M_B 之间的关系为:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1.2)$$

例 1-1 某人每 100ml 血清中含 368mg Na^+ 离子,计算 Na^+ 离子的物质的量浓度。

解:根据式(1.1)和式(1.2)可得:

$$\begin{aligned} c(\text{Na}^+) &= \frac{n(\text{Na}^+)}{V} = \frac{m(\text{Na}^+)/M(\text{Na}^+)}{V} \\ &= \frac{0.368/23}{0.10} = 0.16(\text{mol/L}) \end{aligned}$$

二、质量浓度

物质的质量浓度用符号 ρ_B 表示,它的定义为物质 B 的质量 m_B 除以溶液的总体积 V 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1.3)$$

ρ_B 的 SI 单位是 kg/L,医学上常用的单位是 g/L,mg/L 和 $\mu\text{g/L}$ 。世界卫生组织提议:在注射液的标签上同时写明质量浓度和物质的量浓度,如静脉注射用的生理盐水 $\rho(\text{NaCl}) = 9\text{g/L}$, $c(\text{NaCl}) = 0.15\text{mol/L}$ 。

物质 B 的质量浓度 ρ_B 与物质的量浓度 c_B 和摩尔质量 M_B 之间的关系为:

$$\rho_B = c_B \cdot M_B \quad (1.4)$$

例 1-2 100ml 生理盐水中含 0.9g NaCl,计算生理盐水的质量浓度和物质的量浓度。

解:根据式(1.3)得:

$$\rho_B(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{V} = \frac{0.90}{0.10} = 9.0(\text{g/L})$$

$$\text{据(1.4)式: } c(\text{NaCl}) = \frac{\rho(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{9.0}{58.5} = 0.15(\text{mol/L})$$

三、质量分数和体积分数

(一)质量分数

物质 B 的质量分数用符号 W_B 表示,定义为 B 的质量 m_B 与溶液的总质量 m 之比。

$$W_B = \frac{m_B}{m} \quad (1.5)$$

质量分数无单位,可以用小数或百分数表示。例如,市售浓 H_2SO_4 的质量分数为 0.98 或 98%。

例 1.3 将 500g 蔗糖和 300g 水,加热后配制成糖浆,计算糖浆中蔗糖的质量分数。

解:根据式(1.5),该糖浆中蔗糖的质量分数为:

$$W_{\text{蔗糖}} = \frac{m_{\text{蔗糖}}}{m_{\text{溶液}}} = \frac{500}{800} = 0.625$$

(二)体积分数

物质 B 的体积分数用符号 ϕ_B 表示,定义为在相同温度和压力时 B 的体积 V_B 与溶液总体积 V 之比。

$$\phi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1.6)$$

体积分数无单位,用小数或分数表示。医学上常用体积分数来表示溶质为液体的溶液的组成。例如,消毒乙醇的体积分数为 0.75(或 75%)。

第二节 溶液的渗透压力

一、渗透现象和渗透压力

渗透是一种物理现象,它是溶液的一个重要属性。因干旱发蔫的农作物,下雨后又重新复原,恢复生机;在淡水中游泳时间长些,会感觉眼球胀痛;淡水鱼和海水鱼互换环境会死亡,这些现象都与溶液的渗透压力有关。人的体液(如血液、组织液)因含大量的盐类和各种蛋白质,故具有相当大的渗透压力。这不仅对人体保持正常的生理功能有密切的关系,而且也是临床上给患者补液时的重要依据。

有一种性质特殊的膜,它只允许较小的溶剂水分子自由通过,而溶质分子很难通过,这种膜叫作半透膜。鸡蛋膜、动物的肠衣、膀胱膜、细胞膜、毛细血管壁等都是生物半透膜,人工制成的亚铁氰化铜半透膜较为理想,有良好的半透性。若将蔗糖和水用理想的半透膜隔开,见图 2-1(a)。过一段时间后,即可见蔗糖溶液的体积增大,液面上升,见图 2-1(b)。将两种浓度不同的溶液用半透膜隔开,同样可见因稀溶液中的溶剂分子通过半透膜扩散到浓溶液而使浓溶液体积增大。我们把溶剂分子通过半透膜进入溶液的现象称为渗透现象,简称渗透。

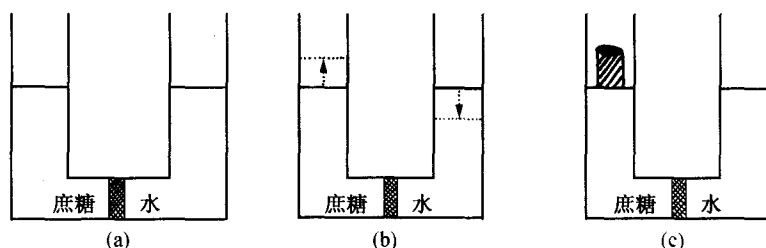


图 2-1 渗透装置与渗透压力示意图

产生渗透现象必须具备两个条件:一是半透膜存在;二是半透膜两侧溶液的浓度不同。产生渗透现象的原因是在单位体积内,纯溶剂(或稀溶液)中的水分子数目比溶液(或浓溶液)中的水分子数目多,所以在单位时间内,从纯溶剂(或稀溶液)一方通过半透膜进入溶液(或浓溶液)的水分子数目比从溶液(或浓溶液)一方通过半透膜进入纯溶剂(或稀溶液)的水分子数目多。结果是浓溶液一侧的液面缓缓上升。随着液面的上升,开始产生与溶剂分子渗透方向相反的静水压,它能阻止溶剂分子向溶液渗透。当液面升至一定高度后,这种静水压能使溶剂水分子进出半透膜的速率相等,即达到了渗透平衡,液面不再上升。

为了防止渗透现象的发生,必须在溶液的液面上施加额外压力,见图 2-1(c)。这种恰好能阻止渗透进行,而必需在溶液一侧施加的额外压力称为溶液的渗透压力,用符号 Π 表示,单位为帕(Pa)或千帕(kPa)。

如果半透膜两侧是浓度不同的两种溶液,同样也能产生渗透现象。为了防止渗透的进行,也需在浓度较高的溶液液面上施加一额外压力,但这额外压力应该是两种溶液的渗透压力之差($\Pi_{\text{浓}} - \Pi_{\text{稀}}$)。

二、渗透压力与浓度、温度的关系

1877年德国植物学家菲弗尔(Pfeffer)用半透膜测定了蔗糖溶液的渗透压力。他发现:当温度一定时,溶液的渗透压力与溶液的浓度成正比;当浓度一定时,溶液的渗透压力与热力学温度成正比。

1886年荷兰化学家范特荷甫(Van't Hoff)进一步总结出如下规律:非电解质的稀溶液的渗透压力与浓度、温度的关系,与理想气体状态方程式相似。

$$\Pi = c_B RT \quad (1.7)$$

式中 Π 为溶液的渗透压力(kPa); c_B 为物质的量浓度(mol/L); T 为绝对温度($T = 273 + t^\circ\text{C}$); R 为常数($R = 8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$)。

由上式可得出:稀溶液的渗透压力与溶液的物质的量浓度及绝对温度成正比,而与溶质、溶剂的种类无关。这个规律称为范特荷甫定律。它表明:在一定温度下,稀溶液的渗透压力只与单位体积溶液中溶质的质点数成正比,而与溶质本性无关。

由物质的量浓度的定义及物质的量、质量、摩尔质量之间的关系可知:

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B/M_B}{V}$$

把上式代入(1.7)得:

$$M_B = \frac{m_B RT}{\Pi V} \quad (1.8)$$

通过测定溶液的渗透压力,利用式(1.8)可以计算出溶质 B 的相对分子质量。

例 1-4 将 2.00g 葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)溶于水,配成 50.0ml 溶液,求溶液在 37°C 的渗透压力。

解: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 的摩尔质量为 $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{2.00}{180 \times 0.050} = 0.222 (\text{mol/L})$$

$$\Pi = CRT = 0.222 \times 8.314 \times 310 = 572.17 (\text{kPa})$$

例 1-5 将 1.00g 血红素溶于水配制成 100ml 溶液,在 20°C 时,测得溶液的渗透压力为 0.367 kPa,试计算血红素的相对分子质量。

解:根据式(1.8)血红素的摩尔质量为:

$$M = \frac{m \cdot RT}{\Pi V} = \frac{1.00 \times 8.314 \times 293}{0.367 \times 100/1000} = 6.64 \times 10^4 (\text{g/mol})$$

故血红素的相对分子质量为: $6.64 \times 10^4 \text{ g/mol}$ 。

式(1.7)只适用于非电解质的稀溶液。而对于电解质溶液必须引进一个校正系数 i 。

$$\Pi = icRT$$

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

三、渗透压力在医学中的意义

(一) 渗透浓度

医学上常用渗透浓度来表示溶液的渗透压力的大小。

渗透浓度就是指溶液中能产生渗透效应的各溶质质点(称为渗透活性物质)的总浓度,用

符号 Cos 表示,单位为 mmol/L。

例 1-6 计算 50.0g/L 葡萄糖溶液和 9.0g/L 生理盐水(NaCl 溶液)的渗透浓度。

解:葡萄糖为非电解质, $M(C_6H_{12}O_6)=180\text{g/mol}$,

故 50.0g/L 溶液的渗透浓度为:

$$Cos(C_6H_{12}O_6) = \frac{50.0 \times 1000}{180} = 278(\text{mmol/L})$$

$M(\text{NaCl})=58.5\text{mol/L}$,故 9.0g/L 的生理盐水的浓度为

$$c(\text{NaCl}) = \frac{\rho}{M} = \frac{9.0}{58.5} = 0.154(\text{mol/L})$$

因 NaCl 为强电解质,在溶液中完全解离,所以生理盐水的渗透浓度为:

$$Cos(\text{NaCl}) = 154 \times 2 = 308(\text{mmol/L})$$

正常人血浆中各渗透活性物质的总浓度约为 290.5mmol/L。临床上规定血浆总渗透浓度的正常范围为 280~320mmol/L。

(二)等渗、低渗和高渗溶液

溶液渗透压力的高低是相对的。医学上的等渗、低渗和高渗溶液是以正常血浆的渗透压力为标准确定的。

医学上规定:凡渗透浓度在 280~320mmol/L 范围的溶液为等渗溶液;低于 280mmol/L 的溶液为低渗溶液;高于 320mmol/L 的溶液为高渗溶液。

静脉输液必须遵循一个基本原则,即不因输入液体而影响血浆渗透压力。所以大量补液必须是等渗溶液。现以红细胞在不同渗透浓度的 NaCl 溶液中出现不同的形态说明之。见图 2-2 所示。

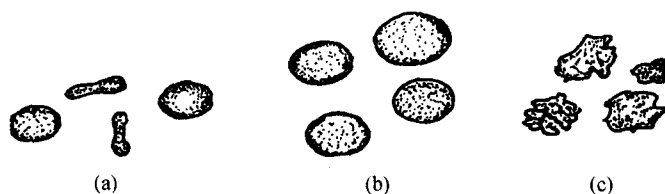


图 2-2 红细胞在不同渗透浓度的 NaCl 溶液中的形态示意图

若将红细胞置于等渗(9.0g/L NaCl)溶液中,因为红细胞内液的渗透压力与 NaCl 的渗透压力相等,红细胞内外处于渗透平衡状态,在显微镜下观察,红细胞形状没有变化,见图 2-2(a)。

若将红细胞置于低渗(3.0g/L NaCl)溶液中,因红细胞内液的渗透压力大于细胞外液渗透压力,外液的水分子向血红细胞内液渗透。在显微镜下观察,可见红细胞逐渐膨胀,最后细胞膜破裂,使溶液呈红色,医学上称为溶血,见图 2-2(b)。

若将红细胞置于高渗(15.0g/L NaCl)溶液中,由于红细胞内液渗透压力小于细胞外液渗透压力,细胞内的水分子向外渗透。在显微镜下观察,发现红细胞逐渐皱缩,医学上把这种现象称为质壁分离。见图 2-2(c)。

等渗溶液在医学临床的其他方面也有重要意义,如外科给患者换药冲洗伤口,一般用与组织细胞液等渗的生理盐水,而高渗浓度盐水或纯水易引起疼痛;配制眼药水也需与眼黏膜细胞