



中国出版集团
CHINA PUBLISHING GROUP

“十二五”国家级规划教材

全国高等医药院校教材

供临床、护理、药学、检验、口腔等专业用

医用化学

主编 陈 蓁 余先纯



世界图书出版公司

“十二五”国家级规划教材
全国高等医药院校教材
供临床、护理、药学、检验、口腔等专业用

医用化学

主 编 陈 蓁 余先纯

副主编 赵桂欣 李湘苏

胡莉萍 郭梦金

编 者 (按姓名笔画排序)

王富科(宁夏医科大学)

陈 蓁(西安医学院)

王 燕(西安医学院)

周 威(武汉工业学院)

余先纯(岳阳职业技术学院)

胡莉萍(湖南环境生物职业技术学院)

张雪娇(西安医学院)

赵桂欣(南阳医学高等专科学校)

李湘苏(核工业卫生学校)

郭梦金(邢台医学高等专科学校)

世界图书出版公司

西安 北京 广州 上海

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/陈蓁,余先纯主编. —西安:世界图书出版西安公司,2010.8

ISBN 978-7-5100-2576-1

I. ①医… II. ①陈… ②余… III. ①医用化学—高等学校—教材 IV. ①R313

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第149553号

医用化学

主 编 陈 蓁 余先纯
责任编辑 刘 湘

出 版 世界图书出版公司
发 行 世界图书出版西安公司
地 址 西安市北大街85号
邮 编 710003
电 话 029-87285225, 87285507, 87285879(医学教材分社)
029-87235105(总编室)
传 真 029-87285817
经 销 全国各地新华书店
印 刷 陕西金德佳印务有限公司
开 本 889×1194 1/16
印 张 10.75
字 数 318千字
印 数 1~3000

版 次 2010年8月第1版
印 次 2010年8月第1次印刷
I S B N 978-7-5100-2576-1
定 价 22.00元

☆如有印装错误,请寄回本公司更换☆

编审委员会成员名单

- 顾问:李云庆 第四军医大学
樊小力 西安交通大学
邱曙东 西安交通大学
高亚利 榆林学院(兼常务主任委员)
赵树仲 厦门大学
- 主任委员:张建中 宁夏医科大学
- 副主任委员:苗乃周 延安大学
罗秀成 西安医学院
张琳 宁夏医科大学护理学院
王明琼 曲靖医学高等专科学校
马晓健 怀化医学高等专科学校
邢铁申 商洛职业技术学院
郭争鸣 湖南中医药高等专科学校
- 常委:(按姓氏笔画排序)
马晓飞 宝鸡职业技术学院
邓瑞 张掖医学高等专科学校
田仁 邢台医学高等专科学校
全建设 湖南环境生物职业技术学院
任云青 山西医科大学汾阳学院
刘杰 湖南中医药高等专科学校
刘金田 西安生物医药技术学院
张卫民 安康职业技术学院
李林 西安医学高等专科学校
李建光 湘潭职业技术学院
李长富 德宏职业技术学院
杨美玲 宁夏医科大学高职学院
周德华 益阳医学高等专科学校
唐陶富 永州职业技术学院
郭争鸣 湖南中医药高等专科学校
高明灿 商丘医学高等专科学校
谢应桂 湘南学院
雷巍娥 湖南环境生物职业技术学院
赫光中 咸阳职业技术学院

潘润存 平凉医学高等专科学校

霍正浩 宁夏医科大学

委 员:(按姓氏笔画排序)

丁运良 商丘医学高等专科学校

王坤龙 益阳医学高等专科学校

任占川 山西医科大学汾阳学院

伍石华 邵阳医学高等专科学校

刘志宏 宁夏医科大学

华潜棠 天津医学高等专科学校

许建新 曲靖医学高等专科学校

邬贤斌 怀化医学高等专科学校

何从军 陕西能源职业技术学院

张秋雨 沧州医学高等专科学校

李晓莉 平凉医学高等专科学校

苏银利 湘潭职业技术学院

邹玉莲 岳阳职业技术学院

陈雄新 湖南环境生物职业技术学院

罗永富 湖南中医药高等专科学校

赵申武 邵阳医学高等专科学校

谈永进 安庆医学高等专科学校

贾长宽 湘南学院

曹述铁 怀化医学高等专科学校

谭 进 湘潭职业技术学院

秘 书 长:杨春辉 陕西卫生职业技术学院

副 秘 书 长:杨石照 西安医学院

序

“致天下之治者在人才，成天下之才者在教化，教化之所本者在学校”。而医学人才的基层培养，主要来自高职高专教育。跨入新世纪后，高职高专的教学工作重点，已由文化知
识传授型向文化知识加职业教育应用技术型方向转变，重点培养学生的创新精神、适应能力、实践能力，提高学生综合素质。2009 年度公布的最新医改方案，要求逐步实现人人享有基本医疗卫生服务的伟大目标，急需培养数量宏大、质量优秀，能适应社会需求的高技能医务人才。中国出版集团在这样的前提下，审时度势，果断决策，着眼发展，制订了“医学高职高专‘十二五’规划教材”，并由世界图书出版西安公司出版。

整套教材的组织编写，是一项重大的系统工程，有 30 多所院校参加。既要遵循教材基本原则，体现学科专业特色，反映学科最新进展；又要兼顾学科间相互联系，突出实际操作能力，培养学生综合素质。“物情无巨细，自适固其常”，更为重要的是学以致用，以用促学，突出了培养职业技能为根本，显示了高职高专教材的特色，体现了“万物兴歇皆自然”的规律。

我有幸能为此套教材作序，并“借花献佛”，向未曾参编教材的其他高职高专院校推荐，在执行基层服务优异人才培养任务中，共享上佳成果。

中国工程院资深院士
南方医科大学教授



2009 年夏于广州

前 言

为贯彻教育部关于高职高专教学改革指导思想，培养知识、能力并重的具有较高人文素质的应用型医药人才，根据人才培养目标，世界图书出版西安公司组织多所高等医药院校专家教授编写了此套规划教材。《医用化学》就是此套教材之一。《医用化学》教材在编写过程中强化“以目标培养为依据，淡化化学学科意识”的编写理念，坚持体现教材的三基（基本理论、基本知识、基本技能）和五性（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性），以必须和够用为度，注重基本理论知识的应用，注重相关学科发展前沿的反映，以适应 21 世纪我国医学专科人才培养的需求。

本教材注重化学和医学的结合，内容上简化了结构理论，删去了较深奥的化学反应机制，尽量不与中学教材内容重复，并注意为后续相关课程及学生进一步深造奠定基础。

本教材突出以学生为本，每一章都编有“学习目标”、“知识链接”、“测评与训练”和“参考答案”，以便加深学生对知识点的理解和记忆；每一页都附有“学习笔记”，以便学生做记录。力求达到使学生在有限的时间内，学到更多的基本理论、基本知识和基本技能。

全书包括“无机化学基础”、“有机化学基础”和“生命化学基础”及“医用化学实验”四部分。其中“无机化学基础”部分包括：溶液、电解质溶液、物质结构基础、配位化合物、氧化还原与电极电势；“有机化学基础”部分包括：有机化合物概述、醇酚醚、醛和酮、羧酸和取代羧酸；“生命化学基础”部分包括：糖类、脂类、胺和生物碱及氨基酸、蛋白质和核酸。实验部分共编写了 8 个实验，可根据情况酌情选用。

参加本教材编写工作的有：陈蓁、李湘苏（第一章），张雪娇（第十章和第十二章），王燕（第十三章），王富科、胡莉萍（第九章和第十一章），赵桂欣（第二章、第三章及医用化学实验），郭梦金（第六章、第七章、第八章），周威（第四章），余先纯（第五章）。

在教材编写过程中，我们参考了化学同仁们编写的相关教材和著作，世界图书出版社西安公司的领导为教材出版给予了大力的支持，编辑同志亦为教材的编辑出版做出了不懈的努力，在此一并表示感谢！

由于我们水平有限，不妥之处在所难免，诚请读者批评指正。

陈 蓁

2010 年 5 月

目 录

绪 论	(1)	二、共轭酸碱对的 K_a 与 K_b 的关系	(18)
一、化学是一门中心学科	(1)	三、一元弱酸、弱碱溶液的 pH 计算	(19)
二、化学与医学密切相关	(1)	第四节 缓冲溶液	(20)
三、医用化学的内容与学习	(2)	一、缓冲溶液的组成	(20)
第一篇 无机化学基础		二、缓冲溶液的 pH 值计算	(21)
第一章 溶 液	(3)	三、缓冲容量与缓冲溶液的配制	(22)
第一节 溶液组成标度的表示方法	(3)	四、缓冲溶液在医学上的意义	(23)
一、物质的量浓度	(3)	第三章 物质结构基础	(26)
二、质量摩尔浓度和质量浓度	(3)	第一节 原子结构	(26)
三、质量分数与体积分数	(4)	一、原子的组成	(26)
第二节 溶液的渗透压力	(4)	二、原子核外电子的运动状态	(26)
一、渗透现象和渗透压力	(4)	三、原子核外电子的排布	(28)
二、溶液的渗透压力与浓度、温度的关系	(5)	第二节 元素周期律和周期表	(29)
三、渗透压力在医学上的意义	(5)	一、元素周期表	(29)
第三节 溶 胶	(7)	二、元素性质的递变规律	(30)
一、分散系	(7)	第三节 现代价键理论	(31)
二、溶胶的性质	(8)	一、化学键的分类	(32)
三、胶团的结构	(9)	二、共价键的类型及键参数	(32)
四、溶胶的稳定性和聚沉	(10)	三、杂化轨道理论简介	(33)
第四节 高分子溶液	(11)	第四节 分子间的作用力和氢键	(35)
一、高分子溶液的性质	(11)	一、分子的极性	(35)
二、高分子溶液对溶胶的敏化作用和保护作用	(12)	二、范德华力	(35)
第二章 电解质溶液	(15)	三、氢 键	(36)
第一节 弱电解质溶液的解离平衡	(15)	第五节 元素与人体健康	(37)
一、解离平衡和解离平衡常数	(15)	一、人体必需元素及其生物功能简介	(37)
二、同离子效应和盐效应	(16)	二、环境污染中的有害元素	(39)
第二节 酸碱质子理论	(17)	第四章 配位化合物	(43)
一、酸碱的定义	(17)	第一节 配合物的基本概念	(43)
二、酸碱反应的实质	(17)	一、配合物的概念与组成	(43)
第三节 溶液的酸碱性及 pH 值计算	(18)	二、配合物的命名	(44)
一、水的质子自递反应	(18)	第二节 配位平衡	(45)
		一、配合物的稳定常数	(45)
		二、配位平衡的移动	(46)
		三、螯合物	(48)

第三节 配合物在医学上的应用	(49)
第五章 氧化还原反应与电极电势	(51)
第一节 氧化还原反应	(51)
一、氧化值	(51)
二、氧化还原反应	(52)
三、氧化还原反应方程式的配平	(52)
第二节 原电池与电极电势	(53)
一、原电池	(53)
二、标准电极电势	(54)
三、电极电势的计算	(55)

第二篇 有机化学基础

第六章 有机化合物概述	(60)
第一节 有机化合物的结构理论	(60)
一、有机化合物及其特点	(60)
二、有机化合物中的电子效应	(61)
第二节 有机反应的类型	(63)
一、自由基反应	(63)
二、离子型反应	(63)
第三节 有机化合物的分类	(64)
一、按碳链骨架分类	(64)
二、按官能团分类	(65)
第七章 醇酚醚	(68)
第一节 醇	(68)
一、醇的分类和命名	(68)
二、醇的性质	(69)
三、医药中常见的醇	(72)
第二节 酚	(73)
一、酚的分类和命名	(73)
二、酚的化学性质	(73)
三、医药中常见的酚	(74)
第三节 醚	(75)
一、醚的分类和命名	(75)
二、醚的化学性质	(76)
三、乙醚在医学上的应用	(76)
第八章 醛和酮	(80)
第一节 醛和酮的分类与命名	(80)
一、醛和酮的分类	(80)
二、醛和酮的命名	(80)
第二节 醛和酮的化学性质	(81)

一、醛和酮的共同性质	(81)
二、醛的特殊性质	(84)
第三节 重要的醛和酮	(85)
一、甲 醛	(85)
二、丙 酮	(85)
三、樟 脑	(85)
第九章 羧酸及取代羧酸	(89)
第一节 羧 酸	(89)
一、羧酸的结构、分类和命名	(89)
二、羧酸的性质	(90)
三、重要的羧酸	(93)
第二节 取代羧酸	(94)
一、羟基酸	(94)
二、酮 酸	(96)
第三节 手性分子和对映异构	(97)
一、手性分子和对映体	(97)
二、偏振光和旋光性	(98)
三、费歇尔(Fischer)投影式	(99)
四、D/L 标记法	(100)

第三篇 生命化学基础

第十章 糖 类	(103)
第一节 单 糖	(103)
一、单糖的结构	(104)
二、单糖的性质	(106)
三、重要的单糖	(108)
第二节 二 糖	(108)
一、麦芽糖	(109)
二、乳 糖	(109)
三、蔗 糖	(109)
第三节 多 糖	(110)
一、淀 粉	(110)
二、糖 原	(111)
三、纤维素	(111)
第十一章 脂 类	(114)
第一节 油 脂	(114)
一、油脂的组成和结构	(114)
二、油脂的性质	(115)
三、磷 脂	(116)
第二节 甾体化合物	(117)

一、甾体化合物的基本结构·····	(117)	第三节 核 酸·····	(138)
二、重要的甾体化合物·····	(117)	一、核酸的化学组成·····	(138)
第十二章 胺和生物碱·····	(121)	二、核苷酸·····	(138)
第一节 胺·····	(121)	三、核酸的结构·····	(140)
一、胺的分类和命名·····	(121)		
二、胺的性质·····	(122)	医用化学实验	
三、重要的胺及其衍生物·····	(124)	实验室基本规则·····	(143)
第二节 生物碱·····	(125)	实验一 电位法测定溶液的 pH 值·····	(144)
一、生物碱的概念及临床应用·····	(125)	实验二 水总硬度的测定·····	(146)
二、生物碱的一般性质·····	(125)	实验三 醇、酚、醛、酮的性质·····	(147)
三、吗啡、可待因和海洛因的结构、功能与 毒性·····	(126)	实验四 乙酸乙酯的制备·····	(149)
第十三章 氨基酸、蛋白质和核酸·····	(130)	实验五 茶叶中咖啡因的提取·····	(150)
第一节 氨基酸·····	(130)	实验六 葡萄糖旋光度的测定·····	(151)
一、氨基酸的结构、分类和命名·····	(130)	实验七 糖类的化学性质·····	(152)
二、必需氨基酸·····	(132)	实验八 氨基酸、蛋白质的性质·····	(154)
三、氨基酸的性质·····	(132)	附录一 本教材实验所用试剂配制法·····	(155)
第二节 蛋白质·····	(134)	附录二 一些弱酸、弱碱的解离常数 K_a 或 K_b (298K)·····	(156)
一、蛋白质的元素组成和分类·····	(134)	附录三 标准电极电位(298K)·····	(157)
二、蛋白质的分子结构·····	(135)	附录四 元素周期表·····	(159)
三、蛋白质的性质·····	(136)	参考文献·····	(160)

绪论

一、化学是一门中心学科

自然界是由物质组成的。物质可分为实物和场两种基本形态。实物具有静止质量，如分子、原子、电子等。场不具有静止质量，如电场、磁场、原子核内力场等。化学研究的对象主要是实物，习惯上实物也称为物质。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科学。

化学研究的内容非常丰富，人们对化学运动形式认识在逐渐加深，到19世纪末，随着无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四大基础学科的相继建立，化学被真正确立为一门独立学科。20世纪开始，化学无论在理论、研究方法、实验技术以及应用等方面都发生了深刻变化，衍生出新的分支，如高分子化学、核化学和生物化学等。随着化学与其他学科的相互渗透、相互融合，形成了多种边缘学科，如环境化学、农业化学、医学化学、食品化学、药物化学、结构化学、材料化学、地球化学、计算化学，等等。化学与其他学科的联系也越来越密切，它对诸如生命科学、环境保护、能源开发、新材料的合成等重大课题的研究发挥着重要的作用。化学已被公认为一门中心科学。

二、化学与医学密切相关

早在16世纪，欧洲化学家就提出要制造医治疾病的药物。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Domag发现一种偶氮磺胺染料可以治愈细菌性败血症。此后，化学家们又制备了许多新型磺胺药物，并开创了今天的抗菌药物领域。可见医学的发展是与化学密切相关的。

现代医学和化学的关系更加密切。医学是研究人体正常的生理和病理现象，寻求诊断、治疗和预防疾病的方法，保障人类健康的科学。人体许多生理现象和病理现象，如消化吸收、呼吸、排泄都包含着复杂的化学变化。糖、脂肪、蛋白质等这些人体基本营养物质在体内的代谢也同样遵循一定的化学原理和规律。因此，只有掌握一定的化学知识，才能更好地研究生命活动的规律。在疾病的诊断、治疗过程中，无论是临床化验还是使用药物都与化学密切相关。例如，利用化学分析法进行血液、尿液等生物标本中某些成分的检测，以帮助正确诊断疾病。治疗疾病所用的药物，其化学结构、化学性质等直接影响着药理作用和毒副作用；药物间的配伍也与其化学性质密切相关，要合理用药就必须了解有关化学知识。

另外，在卫生监督、疾病预防等方面，如营养卫生、环境卫生、劳动卫生等工作中也常需要利用化学分析方法进行食品检验、环境监测等。

随着科学技术的进步，化学的研究成果对医学的发展起到了非常重要的推进作用。例如，由于化学家对生物大分子（如核酸和蛋白质）的研究，形成了一门新兴学科——分子生物学，它的形成和发展，使医学乃至生命科学都有了重大的进步。

美国化学家Breslow. R指出，“考虑到化学在了解生命中的重要性和药物化学对健康的重要性，在医务人员的正规教育中包括不少化学课程就不足为奇了……今天的医学生需要为化学在人类健康中起着更大作用的明天做好准备。”

学习笔记

三、医用化学的内容与学习

本课程“无机化学基础”部分主要论述化学的基本原理，包括溶液、物质结构基础、配位化合物、氧化还原反应与电极电势等；“有机化学基础”部分包括碳氢化合物及其衍生物；“生命化学基础”部分主要介绍与生命体密切相关的糖类、脂类、氨基酸与蛋白质等内容。这些内容有些将在医学工作中直接应用，有些则是为后续课程奠定化学基础。

实验是本课程的重要组成部分，内容上提炼融汇了医学教育所需要的基本实验操作和技能，通过实验，不仅可以加深理解、巩固所学的基本理论和基本知识，还可以训练实验基本技能，培养科学研究的基本能力和分析解决问题的能力，养成严谨求实的科学作风。

医用化学课程理论性较强，涉及的概念多，难度较大。学习中要着重弄清楚基本概念和基本理论，掌握基本计算，认真做好课堂笔记，认真做好课后习题。要加强自主学习，多查阅相关参考文献和信息，扩大知识面，活跃思想。要学会利用各种参考资料，运用所学到的知识去分析和解决实际问题，培养终生学习的习惯和能力。

第一篇 无机化学基础

第一章 溶 液

【学习目标】

1. 掌握溶液的组成标度及其计算。
2. 熟悉分散系的分类；渗透压在医学上的意义。
3. 了解溶胶和高分子溶液的性质及其在医学上的意义。

溶液是由溶质和溶剂组成的分散系统，它与生命过程有着极为密切的关系，离开了溶液，也就没有了生命，人的组织间液、淋巴液、血液等各种体液都是溶液，食物的消化和吸收、营养物质的运输和转化、代谢废物的排泄等都离不开溶液，临床上许多药物也要配成溶液使用。溶液的标度、稀溶液的渗透压、溶胶和高分子溶液等都和人体有着密切的关系。因此，掌握溶液的基本知识是学习医学科学所必需的。

第一节 溶液组成标度的表示方法

溶液的组成标度是指一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。医学上常用的有以下几种：

一、物质的量浓度

物质的量浓度简称浓度，单位为“mol/L”，用符号“ c_B ”表示。定义为溶质的物质的量（ n_B ）除以溶液的体积（ V ），即：

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

必须注意，凡是说到溶质 B 的浓度就是专指 B 的物质的量浓度。

【例 1-1】正常人 100 ml 血清中含 100 mg 葡萄糖，计算血清中葡萄糖的物质的量的浓度（用“mmol/L”表示）。

解：根据公式（1-1）可得：

$$c_{C_6H_{12}O_6} = \frac{n_{C_6H_{12}O_6}}{V} = \frac{100}{180.0 \times 0.10} = 5.6 \text{ (mmol/L)}$$

二、质量摩尔浓度和质量浓度

（一）质量摩尔浓度

溶质 B 的质量摩尔浓度定义为 B 的物质的量（ n_B ）除以溶剂的质量（ m_A ），单位为“mol/kg”，符号为“ b_B ”。

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-2)$$

学习笔记

质量摩尔浓度的优点是不受温度的影响。对于极稀的水溶液来说,其物质的量浓度与质量摩尔浓度的数值几乎相等。

【例 1-2】将 5 g 葡萄糖溶于 100 ml 水中,试计算该溶液的质量摩尔浓度。

解:根据公式 (1-2) 可得:

$$b_{(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{n_B}{m_A} = \frac{5/180}{0.1} = 0.28 \text{ (mol/kg)}$$

(二) 质量浓度

溶质 B 的质量浓度定义为溶质 B 的质量 (m_B) 除以溶液的体积 (V), 单位为 “g/L”, 符号为 “ ρ_B ”。

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

三、质量分数与体积分数

(一) 质量分数

溶质 B 的质量分数定义为物质 B 的质量 (m_B) 除以混合物的质量 ($\sum_i m_i$), 用符号 “ ω_B ” 表示, 即:

$$\omega_B = \frac{m_B}{\sum_i m_i} \quad (1-4)$$

(二) 体积分数

溶质 B 的体积分数定义为物质 B 的体积 (V_B) 除以混合物的体积 ($\sum_i v_i$), 用符号 “ φ_B ” 表示, 即:

$$\varphi_B = \frac{V_B}{\sum_i v_i} \quad (1-5)$$

【例 1-3】配制 500 ml 医用消毒酒精 ($\varphi_B = 0.75$), 需要无水酒精多少毫升?

解:根据公式 (1-5) 可得: $V_B = V \cdot \varphi_B = 500 \times 0.75 = 375 \text{ (ml)}$

量取 375 ml 无水酒精, 加水稀释至 500 ml 即得医用酒精。

第二节 溶液的渗透压力

一、渗透现象与渗透压力

物质从高浓度向低浓度区域自动迁移的过程称为扩散。若用一种半透膜把蔗糖溶液和纯水隔开, 只允许水分子自由透过而蔗糖分子不能透过半透膜, 使其液面在同一水平上, 一段时间后, 可以看到蔗糖溶液一侧液面上升, 说明水分子不断地通过半透膜从纯水转移到蔗糖溶液中, 如图 1-1a 所示。这种溶剂分子透过半透膜进入溶液的过程称为渗透现象, 简称渗透。

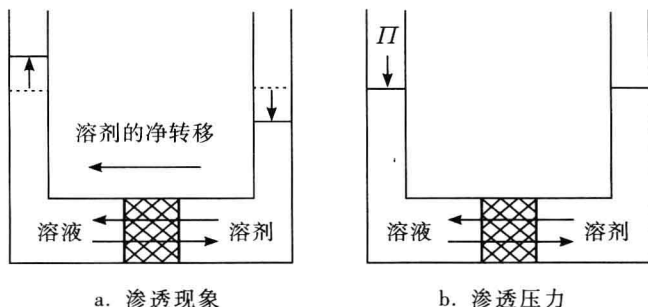


图 1-1 渗透现象与渗透压力

渗透现象的产生,是由于半透膜两侧单位体积内溶剂分子数不相等,单位时间内由纯溶剂进入溶液的溶剂分子数要比由溶液进入纯溶剂的溶剂分子数多,半透膜两侧渗透速度不同,其结果是溶液一侧的液面上升。因此,渗透现象的产生必须具备两个条件: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。由此可知,渗透现象不仅在溶液和纯溶剂之间可以发生,在浓度不同的两种溶液之间也可以发生。渗透的方向总是溶剂分子从纯溶剂向溶液或是从稀溶液向浓溶液进行渗透。

欲使半透膜两侧液面的高度相等并保持不变,如图 1-1b 所示,就必须在溶液液面上施加额外的压力。此时,施加的压力就称为该溶液的渗透压力。渗透压力用符号 Π 表示,单位为帕 (Pa) 或千帕 (kPa)。如果被半透膜隔开的是两种不同浓度的溶液,为阻止渗透现象发生,应在浓溶液液面上施加额外压力,此压力是两溶液的渗透压力之差。

二、溶液的渗透压力与浓度、温度的关系

1886 年,荷兰物理学家范特荷甫 (van't Hoff) 提出了反映难挥发性非电解质稀溶液的渗透压力与浓度、温度关系的公式:

$$\Pi = c_B RT \quad (1-6)$$

式中: Π 为溶液的渗透压力 (kPa); c_B 为溶液的物质的量浓度 (mol/L); T 为绝对温度 (K); R 为气体常数。

由上式可知:难挥发非电解质稀溶液渗透压力的大小与溶液物质的量的浓度及绝对温度成正比,而与溶质的本性无关。这个规律称为渗透压定律或范特荷甫公式。

范特荷甫公式只适用于难挥发性非电解质的稀溶液。由于电解质在溶液中发生解离,单位体积溶液中溶质的微粒(分子和离子)数比相同浓度的非电解质溶液多,故渗透压力也要大。因此,在计算电解质稀溶液的渗透压力时,其公式中应引入一个校正因子 i 。

$$\Pi = i c_B RT \quad (1-7)$$

i 值是一“分子”电解质解离出的粒子个数。例如,AB 型强电解质 (KCl、CaSO₄ 等) 的校正因子 i 为 2, AB₂ 或 A₂B 型强电解质 (MgCl₂、Na₂SO₄ 等) 的校正因子 i 为 3。

三、渗透压力在医学上的意义

(一) 医学中的渗透浓度

由于一定温度下渗透压力的大小只与单位体积溶液中的溶质粒子数成正比,而且生物体内各部位温度变化不大,故医学上常用渗透浓度来表示溶液渗透压力的大小。溶液中能产生渗透效应的溶质粒子(分子、离子等)统称为渗透活性物质。渗透活性物质总的物质的量浓度 (mol/L 或 mmol/L) 称为溶液的渗透浓度,用符号 “ c_{os} ” 表示。

【例 1-4】求 9.0 g/L NaCl 溶液的渗透浓度 (mmol/L)。

$$\text{解: } c_{os} = 2 \times \frac{9.0}{58.5} \times 1000 = 308 \text{ (mmol/L)}$$

(二) 等渗、低渗和高渗溶液

渗透压力相等的溶液互称等渗溶液。渗透压力不相等的溶液,相对而言,渗透压力高的溶液称为高渗溶液,渗透压力低的溶液则称为低渗溶液。

在临床医学上,溶液的等渗、低渗和高渗是以血浆的渗透压力为标准来衡量的。正常人

学习笔记

血浆的渗透浓度为 303.7 mmol/L, 所以临床上规定, 凡渗透浓度在 280 ~ 320 mmol/L 的溶液称为等渗溶液; 渗透浓度低于 280 mmol/L 的溶液称为低渗溶液; 渗透浓度高于 320 mmol/L 的溶液称为高渗溶液。9.0 g/L 的 NaCl 溶液、50.0 g/L 的葡萄糖溶液、19.0 g/L 的乳酸钠溶液和 12.5 g/L 的 NaHCO_3 溶液等都是临床上常用的等渗溶液。

体液渗透压力的恒定是维持细胞正常状态和人体生理功能的必要条件。临床为病人大量补液时, 一般要用等渗溶液。若输入过量低渗溶液, 就会使红细胞逐渐膨胀, 甚至破裂出现“溶血”现象, 如图 1-2a; 若输入过量高渗溶液, 就会使红细胞皱缩, 皱缩的细胞互相聚结成团, 此现象若发生于血管内, 将会产生“栓塞”, 如图 1-2c。无论是溶血还是栓塞, 都将产生不良后果, 甚至危及生命。但有时由于某些治疗需要, 也会用到少量高渗溶液, 如抢救脑水肿病人。



图 1-2 红细胞在不同浓度 NaCl 溶液中的形态变化

(三) 晶体渗透压力和胶体渗透压力

在血浆等体液中含有电解质 (如 NaCl、KCl、 NaHCO_3 等)、小分子物质 (如葡萄糖、尿素、氨基酸等) 以及高分子物质 (如蛋白质、核酸等) 等。医学上习惯把电解质和小分子物质统称为晶体物质, 晶体物质所产生的渗透压力称为晶体渗透压力; 把高分子物质称为胶体物质, 胶体物质所产生的渗透压力称为胶体渗透压力。血浆中胶体物质的含量虽高于晶体物质的含量, 但是晶体物质的分子量小, 而且其中的电解质可以解离, 单位体积血浆中的微粒数较多, 而胶体物质的分子量很大, 单位体积血浆中的微粒数少, 因此, 人体血浆的渗透压力主要是由晶体物质产生的。

由于人体内半透膜的通透性不同, 晶体渗透压力和胶体渗透压力在维持体内水、盐平衡功能上发挥着不同作用。细胞膜将细胞内液和细胞外液隔开, 并只让水分子自由通过, 而 K^+ 、 Na^+ 不易透过。人体内缺水时, 细胞外液中盐的浓度升高, 晶体渗透压力增大, 于是细胞内液的水分子向外渗透, 造成细胞内失水; 若大量饮水或输入过多葡萄糖溶液, 则细胞外液中的水分子向细胞内液中渗透, 使细胞外液中盐的浓度降低, 晶体渗透压力减小, 严重时产生水中毒。可见晶体渗透压力对维持细胞内外的水盐平衡起着重要的作用。

毛细血管壁也是体内的一种半透膜, 隔着血浆和组织间液, 它能让低分子的水、葡萄糖、氨基酸及各种离子自由通过, 而不允许高分子的蛋白质通过。如果由于某种疾病造成血浆蛋白质减少时, 血浆的胶体渗透压力降低, 血浆中的水和盐等小分子物质就会透过毛细血管壁进入组织间液, 这是形成水肿的原因之一。胶体渗透压力虽然很小, 却对维持毛细血管内外的水及盐的总平衡起主要作用。因此, 临床上对大面积烧伤或失血的病人, 除补给电解质溶液外, 还要输给血浆或右旋糖酐等代血浆, 以恢复血浆的胶体渗透压力。

知识链接

学习笔记

血液净化技术

血液净化是近年来临床医学迅速发展起来的一门交叉学科，它源于肾脏疾病的治疗，现在已经广泛应用于医学各个专业中，特别是在危重病人监护方面，发挥了很大的作用，为患者康复作出了重要贡献。由于其借助了生物材料、微电子学、分子生物学等领域的先进技术，血液净化技术已成为衡量医院现代化的重要标志之一。

血液净化技术的原理是把患者的血液引出体外，建立血液循环通路，通过透析机、透析器、血管路、透析液等一系列净化装置，利用弥散、对流、吸附、分离等原理，除去血液中的某些致病物质。例如血液透析，是根据膜平衡渗透原理，将病人血液与透析液同时引入透析器内，利用渗透膜两侧溶液浓度差，达到清除体内毒性物质或向体内补充所需物质的治疗目的。现代的血液透析还被拓展用于药物和毒物中毒、戒毒、心力衰竭等各系统疾患的治疗。目前临床上采用的血液净化方法很多，除了血液透析外，还有血液透析滤过、连续性肾脏替代、血液灌流、单纯超滤、序贯透析、血浆置换、腹膜透析等。可根据不同的治疗目的，选择不同的血液净化方式。

第三节 溶 胶

一、分散系

自然界的物质多以混合物的形式存在，一种或数种物质分散在另一种物质中形成的体系称分散系。例如水滴分散在空气中形成的雾，聚苯乙烯分散在水中形成的乳胶，溶质分散在溶剂中形成的溶液等。被分散的物质称分散相，容纳分散相的连续介质称分散介质。按照分散相粒子的大小，可以把分散系分为真溶液、胶体分散系和粗分散系（表1-1）。

表 1-1 分散系的分类

分散相 粒子大小	分散系统类型	分散相粒子的组成	一般性质	实 例
<1 nm	真溶液	低分子或离子	均相；热力学稳定系统；分散相粒子扩散快，能过滤滤纸和半透膜，形成真溶液	生理盐水、葡萄糖溶液
1~100 nm	溶胶	胶粒（分子、离子、原子的聚集体）	非均相；热力学不稳定系统；分散相粒子扩散慢，能过滤滤纸，不能透过半透膜	氢氧化铁、硫化砷、金、银、硫等单质溶胶
	胶体分散系	高分子溶液	均相；热力学稳定系统；分散相粒子扩散慢，能过滤滤纸，不能透过半透膜，形成溶液	蛋白质、核酸等水溶液
	缔合胶体	胶束	均相；热力学稳定系统；分散相粒子扩散慢，能过滤滤纸，不能透过半透膜，形成胶束溶液	超过一定浓度的十二烷基硫酸钠溶液
>100 nm	粗分散系	粗粒子	非均相；热力学不稳定系统；分散相粒子不能过滤滤纸和半透膜	乳汁、泥浆等