



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材

医用化学

临床医学类、护理类、医学技术类、药学类、卫生管理类专业用

medical chemistry

主编 傅春华



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材

医用化学

medical chemistry

(临床医学类、护理类、医学技术类、
药学类、卫生管理类专业用)

主 编 傅春华

副主编 石晓霞 欧英富

编 者 (以姓氏拼音为序)

傅春华 山东医学高等专科学校

官 波 山东医学高等专科学校

李杰红 邵阳医学高等专科学校

李维斌 楚雄医药高等专科学校

欧英富 辽东学院医学院

石晓霞 邢台医学高等专科学校

闫冬良 南阳医学高等专科学校



高等教育出版社

内容提要

本书共十四章,涵盖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,后者介绍与医学密切相关的碳氢化合物及其衍生物。包括溶液、电解质溶液、胶体溶液、物质结构、电极电势、有机化合物概述、烃、醇酚醚、醛酮醌、有机酸、脂质和甾族化合物、糖类化合物、含氮有机化合物及相应的实验内容。

本书内容重点突出、简明扼要,注重化学与医学的融合,强化化学在医学上的应用,适合医学高等专科学校教育应用型人才培养的需要。

本书主要供高中起点三年制专科临床医学类、护理类、医学技术类、药学类、卫生管理类专业作为化学教材使用,亦可作为成人教育相关专业的教学用书和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/傅春华主编. —北京:高等教育出版社,
2006.8

临床医学类、护理类、医学技术类、药学类、卫生管
理类专业用

ISBN 7-04-020074-0

I. 医... II. 傅... III. 医用化学—高等学校:
技术学校—教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 088369 号

策划编辑	刘惠军	责任编辑	薛 玥	封面设计	于文燕	责任绘图	朱 静
版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市白帆印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 14
字 数 330 000
插 页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 8 月第 1 版
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷
定 价 22.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20074-00

前 言

《医用化学》是全国医学高等专科学校教育应用型人才培养规划教材之一。

本书以高等专科学校教育培养应用型人才的总体目标为依据,注重面向现代化、面向世界、面向未来,尽量反映本学科最新信息、最新成果和最新技术,坚持在教材中贯穿科学素养、创新精神、职业道德等教书育人的理念,为培养适应建设具有中国特色的社会主义事业所需要的高素质医学人才服务。教材的知识结构体系,努力体现以人为本的精神,按照需用为准、够用为度、实用为先的原则,使编写内容顺应国际行业发展趋势,尽可能以医学、药学中的化学现象为实例,体现化学在医药科学领域中的重要性以及二者之间的密切关系,以适应医学科学发展需要。

本书汲取国内外优秀教材的经验,尽量简化繁琐的理论分析和复杂的计算推导,着力强化与后续课程的内在联系。为适应学生的整体接受能力,每章列出学习要点,选配一定量的自测题;在章节后以阅读知识的形式介绍当前重大科学发展、重要临床应用等知识,以便于学生了解最新科学发展动态,形成科学的思维方式。为适应各学校不同的教学安排,兼顾知识面的拓宽和化学学时的缩减,理论部分分为必修、选学两部分,共十四章 60 学时,其中选学 14 学时,在目录中用“*”标注。实验部分共编写了九个实验,各院校可酌情选用。为提高教材表述的准确性,全书采用国家法定计量单位,使用《中华人民共和国国家标准 3102.8—93》所规定的符号及化学名词和术语。

本书由傅春华担任主编,具体分工如下(按章节先后顺序排列):傅春华编写第一、第二章,欧英富编写第三、第五、第六章及相应实验,闫冬良编写第四、第五章及相应实验,石晓霞编写第七、第八章及相应实验,官波编写第九、第十章及相应实验,李杰红编写第十一、第十二章及相应实验,李维斌编写第十三、第十四章及相应实验。

本书编写过程中,得到了高等教育出版社及各位编者所在院校及有关专家的大力支持帮助,在此致以衷心感谢,并对本书所引用文献资料的原作者深表谢意。

鉴于编者水平所限以及时间仓促,教材难免存在不足之处,敬请批评指正。

编 者

2006 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1	第四章 胶体溶液	28
一、化学研究的对象	1	第一节 分散系	28
二、化学与医学的关系	1	第二节 溶胶	29
第二章 溶液	4	一、溶胶的基本性质	29
第一节 溶液的组成标度	4	二、溶胶的结构	31
一、溶液组成标度的表示方法	4	三、溶胶的稳定性和聚沉	33
二、溶液组成标度的换算	6	第三节 高分子化合物溶液	34
第二节 溶液的渗透压	7	一、高分子化合物溶液的特性	34
一、渗透现象和渗透压	7	二、高分子化合物溶液对溶胶的保护作用	35
二、渗透压与浓度、温度的关系	8	三、凝胶	35
三、渗透压在医学上的意义	9	第四节 表面活性剂和乳状液	36
阅读知识 血液透析	11	一、表面活性剂	36
自测题	12	二、乳状液	37
第三章 电解质溶液	13	三、纳米乳液(微乳液)	38
第一节 弱电解质在溶液中的解离	13	阅读知识 纳米乳液在医药中的应用	38
一、弱电解质的解离平衡	13	自测题	39
二、同离子效应	15	第五章 物质结构	41
第二节 酸碱质子理论	15	第一节 原子结构	41
一、酸碱的定义	16	一、原子核外电子的运动状态	41
二、酸碱反应的实质	16	二、原子核外电子的排布	44
第三节 水的质子自递反应和溶液 pH 计算	17	三、原子结构与元素性质的关系	45
一、水的质子自递反应	17	第二节 化学键	46
二、共轭酸碱解离常数的关系	18	一、化学键及其类型	46
三、一元弱酸、弱碱溶液的 pH 计算	18	二、配位共价键和配位化合物	49
第四节 缓冲溶液	20	第三节 分子间作用力和氢键	51
一、缓冲溶液和缓冲机制	20	一、分子间作用力	51
二、缓冲溶液 pH 的计算	21	二、氢键	52
三、缓冲容量	23	阅读知识 配合物在医学上的应用	54
四、缓冲溶液的配制	24	自测题	54
五、血液中的缓冲系	25	第六章 电极电势	56
阅读知识 电渗析法海水淡化	26	第一节 原电池与标准电极电势	56
自测题	26	一、原电池	56

二、标准电极电势	57	二、醇的性质	97
三、电极电势的计算	59	三、重要的醇	101
第二节 电极电势的应用	60	第二节 酚	103
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	61	一、酚的结构、分类和命名	103
二、判断氧化还原反应进行的方向	61	二、酚的性质	104
* 三、电势法测定溶液的 pH	62	三、重要的酚	107
阅读知识 化学电源	64	第三节 醚	108
自测题	64	一、醚分类和命名	108
第七章 有机化合物概述	66	二、乙醚	108
第一节 有机化合物和有机化学	66	阅读知识 硫醇与重金属离子解毒	109
一、有机化学的研究对象	66	自测题	110
二、有机化合物的特性	67	第十章 醛、酮、醌	113
三、有机化合物的分类	68	第一节 醛和酮的结构、分类及命名	113
第二节 有机化合物的结构理论	69	一、醛和酮的结构	113
一、碳原子的结构和杂化轨道	69	二、醛和酮的分类	114
二、共价键的类型	71	三、醛和酮的命名	114
第三节 有机化合物分子中的电子效应和 有机化学反应类型	72	第二节 醛和酮的性质	116
一、有机化合物分子中的电子效应	72	一、醛和酮的相似性质	116
二、有机化学反应类型	73	二、醛的特殊性质	118
阅读知识 蓬勃发展的医用高分子材料	75	三、重要的醛、酮	120
自测题	75	第三节 醌	121
* 第八章 烃	77	一、醌的结构和命名	121
第一节 烷烃	77	二、重要的醌	122
一、烷烃的结构与同分异构现象	77	阅读知识 游离“杀手”——甲醛	123
二、烷烃的命名	79	自测题	123
三、烷烃的性质	80	第十一章 有机酸	126
第二节 烯烃和炔烃	81	第一节 羧酸	126
一、烯烃	81	一、羧酸的分类和命名	126
二、炔烃	85	二、羧酸的性质	128
第三节 脂环烃和芳香烃	87	三、重要的羧酸	131
一、脂环烃	87	第二节 羟基酸和酮酸	132
二、芳香烃	88	一、羟基酸	132
阅读知识 致癌烃	92	二、酮酸	134
自测题	92	三、重要的羟基酸和酮酸	135
第九章 醇、酚、醚	95	第三节 对映异构	136
第一节 醇	95	一、偏振光和旋光性	137
一、醇的分类和命名	95	二、旋光度和比旋光度	137
		三、旋光性与分子结构的关系	138

四、费歇尔投影式	140	四、生源胺类和苯丙胺类化合物	176
五、D/L 构型标记法	140	第二节 酰胺	177
六、光学活性物质在医学上的意义	140	一、酰胺的命名	177
阅读知识 含 2 个手性碳原子的分子	141	二、酰胺的性质	178
自测题	142	三、尿素	178
* 第十二章 脂质和甾族化合物	145	第三节 含氮杂环化合物	179
第一节 油脂	145	一、杂环化合物的分类和命名	180
一、油脂的组成和结构	145	二、重要的含氮杂环化合物及其衍生物	181
二、油脂的性质	146	* 第四节 生物碱简介	184
三、磷脂	148	一、生物碱的概念	184
第二节 甾族化合物	149	二、生物碱的一般性质	184
一、甾族化合物的基本结构	149	三、重要的生物碱	185
二、重要的甾族化合物	150	阅读知识 磺胺类药物	186
自测题	154	自测题	187
第十三章 糖类化合物	155	实验	189
第一节 单糖	155	实验一 缓冲溶液的配制与性质	189
一、单糖的结构	156	实验二 胶体溶液和乳状液	191
二、单糖的化学性质	158	实验三 电势法测定溶液的 pH	193
三、重要的单糖	161	实验四 常压蒸馏和沸点的测定	195
第二节 二糖	162	实验五 醇、酚及醛、酮的性质	198
一、还原性二糖	163	实验六 有机酸的性质	201
二、非还原性二糖	164	实验七 糖类化合物的性质	203
第三节 多糖	164	实验八 含氮有机化合物的性质	205
一、淀粉	164	实验九 茶叶中咖啡因的提取	207
二、糖原	166	附录	210
三、纤维素	166	一、常用式量表	210
四、右旋糖酐	167	二、国际单位制的基本单位	211
阅读知识 糖与生命活动	167	三、弱酸和弱碱在水中的解离常数 (298.15 K)	211
自测题	168	四、标准电极电势表(298.15 K)	213
第十四章 含氮有机化合物	170	参考文献	214
第一节 胺	170		
一、胺的分类和命名	170		
二、胺的性质	172		
三、季铵盐和季铵碱	175		

第一章 绪 论

学习要点

1. 化学及其研究的对象。
2. 化学与医学的关系。

一、化学研究的对象

自然界是由物质组成的,物质是人类赖以生存的基础。物质有两种基本形态,即实物和场。实物具有静止质量,如分子、原子和电子等。场没有静止质量,如电场、磁场等。化学研究的对象是实物,习惯上实物也称为物质。化学(chemistry)是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的自然科学。

化学是一门历史悠久而又充满活力的学科,是人类用以认识和改造物质世界的重要方法和手段。17 世纪后半叶到 19 世纪末,科学元素论和原子-分子论相继提出,元素周期律被发现,碳键的四面体结构和苯的六元环结构被认定,化学实现了从经验到理论的重大飞跃。相继建立了包括研究无机物的组成、结构、性质及应用的**无机化学**(inorganic chemistry);研究碳氢化合物及其衍生物的**有机化学**(organic chemistry);研究物质的化学组成及含量的**分析化学**(analytical chemistry);运用物理学原理和实验方法研究物质化学变化的基本规律的**物理化学**(physical chemistry)。从 20 世纪开始,随着科学的迅猛发展,化学又衍生出许多新的分支,如高分子化学、结构化学、量子化学、核化学、放射化学和生物化学等。化学学科在其飞速发展的过程中,推动着其他学科的发展,并与其相互渗透、相互交叉,形成多种边缘学科,如医学化学、农业化学、环境化学、地球化学、海洋化学、计算机化学等。由此可见,化学不仅是一门实用性和创造性都很强的中心学科,而且与其他学科的联系也十分密切,带动和影响其他相关学科研究的深入发展。

二、化学与医学的关系

化学是医学的基础,两门学科之间的关系密不可分。医学的主要任务是通过研究人体中生理、心理和病理现象的规律,寻求预防和治疗疾病的有效途径,从而保障人类健康。利用药物治疗疾病是化学对医学和人类文明的重大贡献之一。1800 年,英国化学家戴维(H. Davy)发现了一氧化二氮的麻醉作用,后来又发现了更加有效的麻醉药物,如乙醚、盐酸卡因等,使无痛外科手术

术成为可能。1932年,德国科学家 G. Domagk 发现了一种偶氮磺胺染料 prontosil,使一个患细菌性败血症的孩子得以康复。此后,化学家先后研究出数千种抗生素、抗病毒药物及抗肿瘤药物,使许多长期危害人类健康和生命的疾病得到控制,挽救了无数生命,充分显示出化学在医学和人类文明进步中的巨大作用。

化学和现代医学的关系更加密切。20世纪初,化学家开始研究糖、血红素、维生素等生物小分子,20世纪50年代又对核酸、蛋白质等生物大分子的研究取得了重大突破。化学家对基因的研究为人类根治疾病、延长寿命展现了光明的前景。乐观估计,在21世纪,一些遗传疾病、癌症、艾滋病等,将不再是不治之症。因此,人们在长期的社会生活和科学实验中形成了这样的共识:现代医学的发展和进步离不开化学。美国医学教授、诺贝尔奖金获得者 Kornberg A 提出了“把生命理解为化学”的著名论断,将两者的关系做了十分精辟的论述和定位。

化学和医学的关系,主要表现在如下几个方面:

1. 人体内的生理现象和物质转化都以化学反应为基础

化学家认为,人体是一个化学系统,是一个每时每刻都在发生着化学反应的反应器。人体的各种组织是由蛋白质、核酸、脂肪、糖类、维生素、无机盐和水等物质组成,这些物质由60多种化学元素构成,多达上万种。整个生命过程包含着极其复杂的物质变化,从出生、成长、繁衍到衰老,包括疾病和死亡等所有生命过程,都是化学变化的表现。生命活动如呼吸、消化、循环、排泄以及各种器官的生理活动,都是以体内的化学反应为基础的。人体的基本营养物质是糖、蛋白质、脂肪、维生素、无机盐等,这些物质在体内的代谢也同样遵循着化学的基本原理和规律。生物化学就是在化学和生理学的基础上发展起来的,它运用化学的原理和方法,研究人体的物质组成、物质结构与功能以及物质代谢和能量变化等生命活动。

2. 药物的药理作用和疗效是由药物的化学结构及性质决定的

医学研究的目的是预防和治疗疾病,而疾病的预防和治疗则需要广泛地使用药物。药物的主要作用是调整因疾病而引起的机体的种种异常变化,抑制或杀死病原微生物,帮助机体战胜感染。药物的药理作用和疗效是与其化学结构及性质相关的。例如,碳酸氢钠、乳酸钠等药物,因为在水溶液中呈碱性,所以是临床上常用的抗酸药,主要用于治疗糖尿病及肾炎等引起的代谢性酸中毒。药物多巴分子中有一个手性中心,存在一对对映异构体——右旋多巴和左旋多巴,右旋多巴对人无生理效应,而左旋多巴却被广泛用于治疗帕金森症。氯化钾可用于治疗低血钾症。钙是人体必需元素,钙缺乏能造成骨骼畸形、手足抽搐、骨质疏松等许多疾病,老人与儿童常需要服用葡萄糖酸钙、乳酸钙等药物以防止钙的缺乏。枸橼酸钠能通过将体内的铅转变为稳定的无毒的 $[\text{Pb}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)]^-$ 配离子,使之经肾脏排除体外,以治疗铅中毒。顺式二氯二氨合铂(IV)是第一代抗癌药物,能破坏癌细胞DNA的复制能力,抑制癌细胞的生长,从而达到治疗的目的。由于药物在防病和治病方面的重要作用,越来越多的科学家、医学家为开发利用新的药物而进行不懈的探索和试验,而药物的研制、生产、鉴定、保存及新药的合成等,都有赖于丰富的化学知识。

3. 疾病的诊断需要运用化学的原理和方法

在临床上,经常运用化学原理和化学方法对各种人体组织和体液进行分析检验,为诊断疾病提供科学的依据。例如,要确诊糖尿病,需要用化学方法测定尿液中葡萄糖、丙酮等的含量;测定血液中转氨酶活性的变化,就能判断肝和心肌的功能等。

从以上分析中,我们可以清晰地看出化学与医学具有不可分割的密切联系。随着医学科学

的飞速发展,人造器官、血管、皮肤、代血浆等在临床上的使用,以及放射性同位素法在临床上的广泛应用,分子生物学、分子生理学、分子遗传学不断取得的新进展,更加充分的证明了化学在医学研究和发展之中的极端重要地位。美国化学家 R. Breslow 深刻指出:“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一事就不足为奇了……今天的医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。”

医用化学是高等医学院校学生的一门重要基础课,医用化学的内容是根据医学专业的特点及需要选定的,它主要包括医学院校学生必须掌握的基础化学、有机化学两部分内容。基础化学部分主要介绍化学的基本概念、基本理论和原理,元素及其化合物的性质和应用,有关化学的基本计算等。有机化学部分主要讨论与医学密切相关的碳氢化合物及其衍生物的有关知识及应用,包括有机化合物的基本概念、结构、官能团、分类、命名、同分异构现象、合成、性质、反应、鉴别、应用等。对高等医学院校的学生来说,学好医用化学这门课程十分重要,它可以为学习后续课程及从事医学研究打下必备的基础。

(傅春华)

第二章 溶 液

学习要点

1. 溶液组成标度的五种表示法及有关计算。
2. 渗透现象、渗透压和渗透浓度的概念。
3. 渗透压与浓度、温度的关系及渗透压的计算。
4. 渗透压在医学上的意义。

溶液是由溶质和溶剂组成的分散体系,溶液与人类的生产活动、科学实验及生命过程的关系十分密切。很多化学反应需要在溶液中进行;临床上许多药物需要配制成一定浓度的溶液;人体的组织间液、血液、淋巴液以及各种腺体的分泌液等都属于溶液的范畴,人体内的新陈代谢也必须在溶液中进行。因此,溶液的有关知识是学习医学基础知识和临床知识的重要基础。

第一节 溶液的组成标度

溶液的组成标度是指一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液的性质常常与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。如给患者输液或用药时,必须规定药液的标度和用量;溶液渗透压的大小与溶液组成标度有关。因此,溶液的组成标度是溶液的一个重要特征。

一、溶液组成标度的表示方法

(一) 物质的量浓度

溶液中溶质 B 的物质的量(n_B)除以溶液的体积(V),称为物质 B 的物质的量浓度(amount-of-substance concentration),简称**浓度**(concentration),用符号 c_B 或 $c(B)$ 表示,即:

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (2-1)$$

物质的量浓度的 SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,化学和医学上常用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等单位表示。

使用物质的量浓度时,必须指明物质的基本单元,如 $c(\text{HCl})$ 、 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 等。

在计算物质的量浓度时,需要知道物质的量 n_B 与物质的质量 m_B 、物质的摩尔质量 M_B 之间的关系。即:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (2-2)$$

例1 正常人 1 000 mL 血清中含 100 mg Ca^{2+} , 计算正常人血清中 Ca^{2+} 的物质的量浓度(用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示)。

解:根据式(2-1)和(2-2)得:

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{m/M(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{0.1/40}{1} = 0.0025 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 2.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(二) 质量浓度和质量摩尔浓度

1. 质量浓度

溶液中溶质 B 的质量(m_B)除以溶液的体积(V),称为物质 B 的**质量浓度**(mass concentration),用符号 ρ_B 或 $\rho(B)$ 表示,即:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (2-3)$$

质量浓度的 SI 单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 化学和医学上常用 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 等单位表示。

世界卫生组织(WHO)提议,在医学上凡是已知相对分子质量的物质在体液内的含量,原则上均应用物质的量浓度表示。例如,人体血液中葡萄糖含量正常值为 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3.9 \sim 5.6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。对于未知其相对分子质量的物质,可用质量浓度表示。对于注射液,一般应同时标明物质的量浓度和质量浓度。

因为 ρ 为密度的表示符号,因此,在使用时要特别注意质量浓度 ρ_B 和密度 ρ 的区别。

例2 在 0.5 L 注射用生理盐水中含 NaCl 4.5 g, 计算生理盐水的质量浓度。

解:根据式(2-3)得:

$$\rho(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{V} = \frac{4.5}{0.5} = 9 (\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$$

2. 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的物质的量(n_B)除以溶剂的质量(m_A),称为物质 B 的**质量摩尔浓度**(molality),用符号 b_B 或 $b(B)$ 表示,单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。即:

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (2-4)$$

例3 将 1.38 g 甘油溶于 100 mL 水中,已知 $M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 92.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 计算该溶液的质量摩尔浓度。

解:根据式(2-4)得:

$$b(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \frac{n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3)}{m_A} = \frac{1.38}{92.0 \times 0.100} = 0.150 (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

(三) 质量分数和体积分数

1. 质量分数

溶液中溶质 B 的质量(m_B)除以溶液的质量(m),称为物质 B 的**质量分数**(mass fraction),用符号 w_B 或 $w(B)$ 表示,即:

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (2-5)$$

公式中 m_B 与 m 单位相同,质量分数可用小数或百分数表示。例如,市面上销售的浓硫酸的质量分数为 0.98 或 98%。

2. 体积分数

溶液中溶质 B 的体积(V_B)除以(同温同压下)溶液的体积(V),称为物质 B 的**体积分数**(volume fraction),用符号 φ_B 或 $\varphi(B)$ 表示,即:

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (2-6)$$

公式中 V_B 与 V 单位相同,体积分数可用小数或百分数表示。例如,外用消毒乙醇的体积分数为 0.75 或 75%。体积分数常用于表示溶质为液体的溶液。

二、溶液组成标度的换算

根据实际工作的需要,可选择不同的方法来表示同一种溶液的组成,在具体工作中经常涉及溶液组成标度的换算。

(一) 物质的量浓度 c_B 与质量浓度 ρ_B 之间的换算

根据公式(2-1)和(2-3),可推导出它们之间的换算关系为:

$$c_B = \frac{\rho_B}{M_B} \quad \text{或} \quad \rho_B = c_B \cdot M_B \quad (2-7)$$

(二) 物质的量浓度 c_B 与质量分数 w_B 之间的换算

根据公式(2-1)、(2-2)、(2-5)和密度 $\rho = m/V$,可推导出它们之间的换算关系为:

$$c_B = \frac{w_B \cdot \rho}{M_B} \quad \text{或} \quad w_B = \frac{c_B \cdot M_B}{\rho} \quad (2-8)$$

例 4 实验室常用密度为 $1.84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$,质量分数为 0.98 的浓 H_2SO_4 ,计算该 H_2SO_4 溶液的物质的量浓度。

解: $\rho = 1.84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1840 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0.98 \times 1840}{98} = 18.4 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

(三) 溶液的稀释

在实际工作中,经常将浓溶液稀释,配制成所需要的稀溶液。溶液的稀释只是在原溶液中加入溶剂,改变了溶液的体积,而溶质的量不变。稀释前溶质的量等于稀释后溶质的量。即:

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \quad (2-9)$$

公式中 c_1 、 V_1 分别代表稀释前溶液的浓度和体积, c_2 、 V_2 分别代表稀释后溶液的浓度和体积。只要已知公式中的任意三个量,就可计算出未知量。

例5 临床上配制体积分数为 0.75 的消毒乙醇溶液 200 mL,需要体积分数为 0.95 的乙醇溶液多少毫升?

解:

$$\varphi_{B1} \cdot V_1 = \varphi_{B2} \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{\varphi_{B2} \cdot V_2}{\varphi_{B1}} = \frac{0.75 \times 200}{0.95} = 157.9(\text{mL})$$

第二节 溶液的渗透压

一、渗透现象和渗透压

在一杯蔗糖溶液的液面上慢慢地加上一层清水,过一会就会得到一杯均匀的糖水。将一滴蓝墨水滴入一杯清水中,不久整杯水就会显出蓝色。这些现象说明分子在不停地运动和迁移,从而产生扩散。当两种浓度不同的溶液相互接触时,都会发生同样的扩散现象,最终形成浓度均匀的溶液。

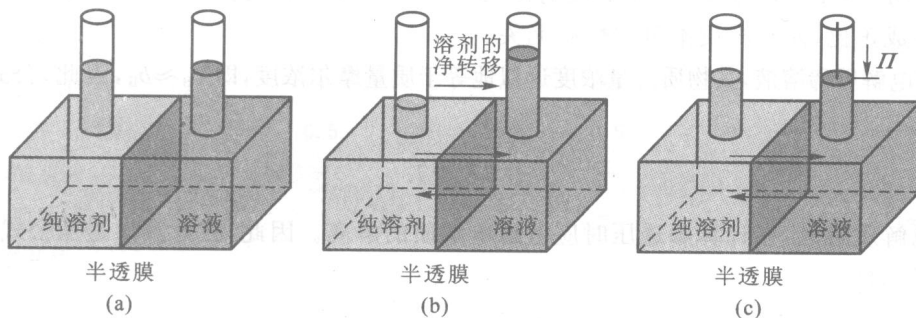


图 2-1 溶液渗透压现象示意图

如果用一种只允许溶剂(如水)分子透过,而溶质(如蔗糖)分子不易透过的半透膜,把溶液和纯溶剂隔开,如图 2-1(a)所示。则溶剂分子将通过半透膜进入溶液,使溶液的体积增大,液面上升,如图 2-1(b)。将两种不同浓度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。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现象称为渗透现象,简称渗透(osmosis)。

渗透现象的产生必须具备两个条件:① 有半透膜存在;② 半透膜两侧溶液的浓度不相等,即半透膜两侧单位体积内不能透过半透膜的溶质粒子的数目不相等。半透膜的种类很多,通透性也不同。常用的半透膜有生物体内的细胞膜、动物的膀胱膜、人造羊皮纸和火棉胶膜等。

渗透现象的产生是由于溶质分子不易透过半透膜,而溶剂分子可以从两个相反的方向透过半透膜。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)的溶剂分子数目多,因此产生了渗透现象。由于渗透作用,溶液的液面缓缓上升,同时产生静水压。随着液面的上升,产生的静水压也随之增大,导致溶液中溶剂分子进入纯溶剂的速度增大。当液面上升到一定高度时,溶剂分子向两个方向渗透的速率趋于相等,渗透作用达到动态平衡,液面停止上升。

为了不使渗透现象发生,如图 2-1(c)所示,必须在溶液液面上施加一超额的压力。国家标准规定:为维持只允许溶剂分子透过的半透膜所隔开的溶液与溶剂之间的渗透平衡而需要的超额压力等于溶液的渗透压(osmotic pressure)。渗透压的符号为 Π ,单位为 Pa 或 kPa。

二、渗透压与浓度、温度的关系

实验证明,溶液的渗透压与溶液的浓度和温度有关。1886 年荷兰物理学家范特霍夫(van't Hoff)通过实验得出稀溶液的渗透压与溶液的浓度、绝对温度的关系:

$$\Pi V = nRT \quad (2-10)$$

$$\Pi = cRT \quad (2-11)$$

式中 Π 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 为热力学温度($T/\text{K} = 273.15 + t/^\circ\text{C}$)

R 为摩尔气体常数, $R = 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

由上式可知,在一定温度下,稀溶液的渗透压只与单位体积溶液中所含溶质的“物质的量”(或微粒数)成正比,而与溶质本身的性质无关。

对于非电解质稀溶液,其物质的量浓度近似地等于质量摩尔浓度,即 $c_B \approx b_B$,因此,公式(2-11)可改写为

$$\Pi = b_B RT \quad (2-12)$$

对于电解质溶液,在计算渗透压时应考虑电解质的解离。因此,在计算渗透压公式中引入一个校正因子 i ,即:

$$\Pi = icRT \quad (2-13)$$

对于强电解质稀溶液,校正因子 i 值是一“分子”电解质解离出的粒子个数。

例如, NaCl 、 KI 、 NaHCO_3 $i=2$

CaCl_2 、 Na_2SO_4 、 MgCl_2 $i=3$

例 6 计算 37°C 时 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KCl 溶液的渗透压是多少?

解: $T = (273 + 37) \text{ K} = 310 \text{ K}$ $R = 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$c = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $i = 2$

$\Pi = icRT = 2 \times 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} = 773.2 \text{ kPa}$

三、渗透压在医学上的意义

(一) 渗透浓度

溶液都具有一定的渗透压。我们把溶液中能产生渗透效应的溶质粒子(分子或离子)统称为渗透活性物质,渗透活性物质的总的物质的量浓度称为渗透浓度(osmolarity)。符号为 c_{os} , 单位为 mol/L 或 mmol·L⁻¹, 医学上常用 Osmol·L⁻¹(渗量每升)或 mOsmol·L⁻¹(毫渗量每升)表示。

一定温度下,稀溶液的渗透压只与单位体积溶液中所含溶质的粒子数成正比,而与溶质的本性无关。由于生物体本身的温度变化不大,因此,医学上常用渗透浓度来表示溶液渗透压的大小。

例 7 计算 50 g·L⁻¹葡萄糖溶液的渗透浓度(mOsmol·L⁻¹)。

解:
$$\frac{50}{180} \times 1\,000 = 278 \text{ (mOsmol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$$

表 2-1 列出了正常人血浆、组织间液和细胞内液中常见渗透活性物质的渗透浓度。

表 2-1 正常人血浆、组织间液和细胞内液中常见渗透活性物质的渗透浓度(mOsmol·L⁻¹)

活性物质	血浆中浓度	组织间液中浓度	细胞内液中浓度
Na ⁺	144	37	10
K ⁺	5	4.7	141
Ca ²⁺	2.5	2.4	—
Mg ²⁺	1.5	1.4	31
Cl ⁻	107	112.7	4
HCO ₃ ⁻	27	28.3	10
H ₂ PO ₄ ⁻ 、HPO ₄ ²⁻	2	2	11
SO ₄ ²⁻	0.5	0.5	1
磷酸肌酸	—	—	45
肌肽	—	—	14
氨基酸	2	2	8
肌酸	0.2	0.2	9
乳酸盐	1.2	1.2	1.5
腺苷三磷酸	—	—	5
一磷酸己糖	—	—	3.7
葡萄糖	5.6	5.6	—
蛋白质	1.2	0.2	4
尿素	4	4	4
总浓度	303.7	302.2	302.2

(二) 等渗、低渗和高渗溶液

溶液渗透压的高低是相对的。渗透压相等的两种溶液,互称为等渗溶液。对于渗透压不相

等的两种溶液,渗透压相对高的溶液称为高渗溶液;渗透压低的溶液称为低渗溶液。在医学上的等渗、低渗或高渗溶液是以血浆总渗透压(或渗透浓度)为标准的。正常人血浆的渗透压为720~800 kPa,相当于渗透浓度为280~320 $\text{mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$,因此临床上规定:凡是渗透浓度在280~320 $\text{mOsmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内的溶液称为**等渗溶液**(isotonic solution)。高于320 $\text{mOsmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的称为**高渗溶液**(hypertonic solution);低于280 $\text{mOsmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的称为**低渗溶液**(hypotonic solution)。如临床上常用的等渗溶液有0.154 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的NaCl溶液、50 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液、18.7 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的乳酸钠溶液和12.5 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHCO_3 溶液等。

渗透现象广泛存在于自然界,等渗、低渗和高渗溶液与医学的关系十分密切。在临床治疗中,当给患者大剂量补液时,应尽可能不因输入液体而影响血浆渗透压,否则可能会导致机体内水分的调节发生紊乱及细胞的变形和破坏。下面以红细胞在三种不同浓度的NaCl溶液中的形态变化加以说明。

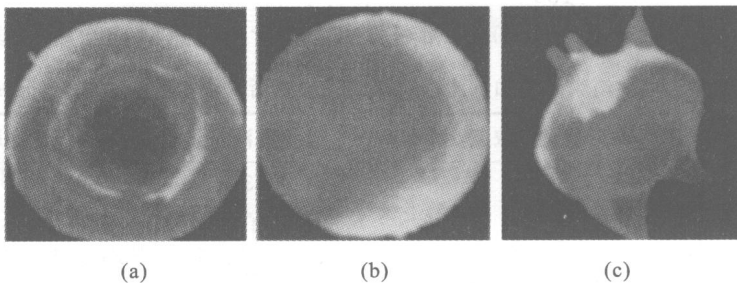


图 2-2 红细胞在不同浓度溶液中的形态

如将红细胞置于9.0 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl溶液(等渗溶液)中,在显微镜下观察,红细胞维持正常的形态,如图2-2(a)。这是因为红细胞内外液渗透压相等,处于渗透平衡状态。

如将红细胞置于3.0 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl溶液(低渗溶液)中,在显微镜下观察,红细胞逐渐膨胀,最后破裂,释放出红细胞内的血红蛋白,使溶液染成红色,如图2-2(b),医学上将这一过程称为**溶血**(hemolysis)。产生这些现象的原因是红细胞内液的渗透压高于细胞外液,外液的水分子向细胞内渗透所致。

如将红细胞置于15 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl溶液(高渗溶液)中,在显微镜下观察,红细胞内的水分外逸,红细胞逐渐皱缩,如图2-2(c),这种现象称为**胞质分离**(syrup separate)。产生这一现象的原因是红细胞内液渗透浓度低于细胞外的高渗溶液,于是红细胞内液的水分子向外液渗透所致。皱缩的红细胞易粘在一起,甚至堵塞小血管形成血栓。

临床上除了使用等渗溶液外,有时由于治疗的需要,也常常使用一些高渗溶液。如2.8 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液。但要注意的是,使用高渗溶液静脉注射时,输入量不能太多,输入速度不能太快。这样进入血液的高渗溶液可被大量流动的血液稀释,再被消耗利用。因此,不会引起红细胞皱缩等不良后果。

(三) 晶体渗透压和胶体渗透压

正常人体中,体液能够维持恒定的渗透压,对水盐的代谢过程非常重要。血浆的渗透压是小分子晶体物质(如NaCl、葡萄糖、氨基酸等)和高分子胶体物质(如脂质、蛋白质等)所产生的渗透