

供护理、临床医学、药学、医学检验、助产等专业用

医用化学

(第3版)

刘丽艳 许小青 主编

Medical Chemistry

全国医学高等专科学校教育“十三五”规划教材

Medical Chemistry

医用化学

供护理、临床医学、药学、
医学检验、助产等专业用

(第3版)

主 编 刘丽艳 许小青

副主编 曾琦斐 李 立 侍 芳

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 燕 (承德医学院)

王炜祺 (江苏卫生健康职业学院)

石恩娴 (山西医科大学)

左妍妍 (唐山职业技术学院)

刘丽艳 (承德医学院)

许小青 (江苏卫生健康职业学院)

杜春蕾 (承德医学院)

李 立 (江西中医药大学)

侍 芳 (江苏护理职业学院)

郑 园 (湖北职业技术学院)

程 迪 (河南中医药大学)

曾琦斐 (湖南环境生物职业技术学院)

江苏凤凰科学技术出版社

国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



图书在版编目(CIP)数据

医用化学 / 刘丽艳, 许小青主编. — 3 版. — 南京:
江苏凤凰科学技术出版社, 2018.7

全国医学高等专科学校教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5537-8722-0

I. ①医… II. ①刘…②许… III. ①医用化学—医学
院校—教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 286672 号

医用化学

主 编	刘丽艳 许小青
总 策 划	樊 明 谷建亚
责 任 编 辑	楼立理
责 任 校 对	郝慧华
责 任 监 制	刘 钧

出 版 发 行	江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路 1 号 A 楼 邮编 210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
照 排	南京紫藤制版印务中心
印 刷	徐州绪权印刷有限公司

开 本	880mm×1230mm 1/16
印 张	11.5
版 次	2018 年 7 月第 3 版
印 次	2018 年 7 月第 1 次印刷

标 准 书 号	ISBN 978-7-5537-8722-0
定 价	36.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

全国医学高等专科学校“十三五”规划教材 建设指导委员会

主任委员

曾庆琪 傅 梅

副主任委员

陈鸣鸣 耿 磊 黎 梅 高明灿

李志军 宋大卫 樊 明 封苏琴

委员(按拼音排序)

陈宽林	陈丽云	陈 玲	陈 岩	陈轶玉	成 鹏	程田志
崔 萱	丁凤云	丁运良	高 薇	高 义	谷建亚	韩景新
韩 蕾	何曙芝	洪 震	华 霞	姬栋岩	贾启艾	蒋青桃
李德玲	李根亮	李文艳	李 星	连燕舒	梁丽萍	梁少英
林 波	林 琳	刘 丹	刘军英	刘丽艳	刘卫华	吕广梅
毛淑芳	缪文玲	莫永珍	潘红宁	潘兴寿	钱丽冰	秦红兵
秦立国	宋鸣子	苏丹丹	宿 庄	覃后继	王爱民	王沧霖
王春燕	王锦淳	王开贞	王 莉	王明波	王苏平	王晓凌
王学梅	望永鼎	吴金英	吴 玲	吴 鹏	吴晓琴	夏立平
徐锦芝	徐利云	徐益荣	许 红	许 婷	许小青	杨朝晔
杨 静	杨 铤	尹海鹰	于爱莲	袁 俐	臧谋红	张克新
张巧玲	张万秋	张卫东	张兴平	张 颖	周金莉	朱 蓓
朱劲华						

再版说明

全国医学高等专科学校教育“十二五”规划教材诞生于“十二五”的第一年——2011年。在全国医学高等专科学校的推广使用中,得到了广大师生的普遍认可。凤凰出版传媒集团江苏凤凰科学技术出版社积极响应教育部的教改工作和教材建设的部署,特意与全国医学高等专科学校教材专家委员会一起,再次组织全国从事一线教学、科研、临床工作的中青年专家、学者和教授,根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》要求,配合《高等职业学校专业教学标准(试行)》贯彻实施,对全套教材进行了整体修订,于2014年出版了第2版教材。

为了全面深入推进医学基础教育改革,江苏凤凰科学技术出版社于2017年启动了第3版——全国医学高等专科学校教育“十三五”规划教材的修订出版。

本套教材修订突出“必需、实用、新颖”。其编写特点如下:

1. 保留了第2版教材注重实践、重点突出、激发学生学习兴趣的特点,注重职业教育学生的思维特点,并与教师的授课方式相结合,方便教师教学、学生学习。
2. 充分吸收和借鉴国内外有关护理专业的最新研究成果,削减既往超出专科教育教学大纲的研究性知识。做到基础知识与专业课程紧密结合,临床课程与工作实践无缝链接,充分体现行业标准、规范和程序,将培养高素质技能型人才的宗旨落到实处。
3. 内容的修订遵循课程—岗位—资格证书对接一致的原则。坚持以就业为导向、以岗位需求为标准的职业教育办学指导思想,结合就业岗位的基本技能、专业技能、综合技能要求编排各章节,使知识与应用相结合,以期达到教学就业一体化的目标。同时,章节后设置的习题,不仅紧密结合国家护士执业资格考试大纲要求,努力做到学历证书与执业资格证书对接,还充分体现国家护士执业资格考试偏重实践应用、淡化理论知识死记硬背的理念,切合新的考试大纲的要求。
4. 进一步完善了整套教材的系统性和整体性,突出专业特色,使各门教材之间有机衔接,避免不必要的重复。
5. 遵循新老内容替换的原则,注意把新的知识和新的典型案例引用到教材中,体现时代新气息。
6. 根据教学需求,部分课程设有配套实训教材。遵循课程实训内容与岗位要求一致的原则。

本套教材旨在通过此次全面修订,在内容、形式上进行全面补充、完善和提高。希望新版教材的面世,能对我国医护高职高专教育的教学改革和人才培养有所裨益。

前言

《医用化学》是医药卫生专业学生必修的一门基础课程之一,其首要任务是使学生获得专业所必须的化学基础理论、化学基础知识和化学实验基本技能,提高学生观察、分析、解决问题的能力,使学生具有严谨求实的科学态度。根据国家教育事业发展规划及现代职业教育体系,高职高专医药卫生专业的化学教学不仅要为专业学习奠定基础,还要注重学生全面素质的培养。

《医用化学》第3版是在第2版基础上进行修订和完善的,承接了第2版教材的精华。根据国家“十三五”教育规划精神:要“遵循教书育人规律、遵循学生成长规律,以学生为主体,以教师为主导,创新育人模式,更新育人理念,创新育人方式,全面提升育人水平,不断提高学生思想水平、政治觉悟、道德品质、文化素养。”本次教材的修订仍以实用性化学知识为重点,注重基础理论、基础知识和基本技能的培养,加强了与后续课程之间的有机联系,以全面提高学生自主学习能力、实践能力、创新能力和就业能力,培养具有高等职业技术的复合型、应用型人才为目的。教材的编写仍以“实用、够用”为原则,教材内容的取舍,既注重教材本身的系统性,也注重了培养目标和整个课程体系的设置,突出基础知识与专业知识的有机结合,加大了课堂互动内容,注重职业学生的特点,增加了知识拓展内容。

《医用化学》全书分为理论和实训指导两部分。理论部分36学时,包括基础化学、有机化学两部分,共10章,内容上突出化学与医学的联系,对理论、概念的阐述深入浅出,简明扼要,体现了学与用的有机结合,每章章首设有学习目标,书中增加了课堂互动和知识拓展,书末附有各章针对性的习题及参考答案;实训指导12学时,共6个实验项目。选择了四项基本技能实验和两项综合实验,以培养学生综合素质。

本教材可供全日制高职高专护理专业使用,也适合临床、麻醉、影像、预防医学等专业参考。

本教材修订过程参考了国内外一些专家的著作,借鉴了专家们的先进研究成果和学术观点,得到了许多专家的指导和各编者所在单位的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

为了进一步提高本教材的质量,敬请专家、同行、读者批评指正,以期再版时完善。

目 录

第一篇 基础化学

第一章 溶液	1
第一节 溶液的浓度	1
一、溶液浓度的表示方法	1
二、溶液的配制、稀释和混合	3
第二节 溶液的渗透压	4
一、渗透现象和渗透压	4
二、渗透压与浓度、温度的关系	5
三、渗透压在医学上的意义	6
第二章 电解质溶液	8
第一节 电解质及其解离	8
一、电解质与非电解质	8
二、解离度	8
第二节 酸碱质子理论	9
一、酸碱的定义	9
二、酸碱反应	10
第三节 水溶液的酸碱性及 pH 的计算	11
一、水的质子自递反应	11
二、共轭酸碱对 K_a 与 K_b 的关系	12
三、一元弱酸弱碱溶液 pH 计算	15
第四节 缓冲溶液	16
一、缓冲溶液及其组成	16
二、缓冲溶液的 pH	18
三、缓冲容量和缓冲范围	20
四、缓冲溶液的配制	21
五、缓冲溶液在医学上的意义	22



第二篇 有机化学

第三章 有机化学基础知识	24
第一节 烷烃	24
一、烷烃的结构和命名	25
二、烷烃的性质	28
三、重要的烷烃	29
第二节 烯烃	30
一、烯烃的结构和命名	30
二、烯烃的性质	32
三、重要的烯烃	33
第三节 炔烃	33
一、炔烃的结构和命名	33
二、炔烃的性质	34
三、重要的炔烃	35
第四节 脂环烃	35
一、脂环烃的分类和命名	35
二、环烷烃的性质	36
第五节 芳香烃	37
一、苯的结构和苯的同系物	37
二、苯的性质	38
第六节 对映异构	39
一、旋光度和比旋光度	40
二、手性分子和对映异构体	40
三、构型的标记法	41
四、光学活性物质在医学上的意义	43
第四章 醇、酚和醚	44
第一节 醇	45
一、醇的结构及分类	45
二、醇的命名	45
三、醇的性质	47
四、重要的醇	49
五、硫醇	50
第二节 酚	51
一、酚的结构及分类	51
二、酚的命名	51
三、酚的性质	52



四、重要的酚	54
第三节 醚	54
一、醚的结构及分类	54
二、醚的命名	55
三、乙醚	55
第五章 醛和酮	56
第一节 概述	56
一、醛和酮的结构	56
二、醛和酮的命名	57
三、醛和酮的物理性质	57
四、醛和酮的化学性质	58
第二节 重要的醛、酮	64
一、甲醛	64
二、乙醛	65
三、苯甲醛	65
四、鱼腥草素	65
五、丙酮	65
第六章 羧酸和取代羧酸	67
第一节 羧酸	67
一、羧酸的分类和命名	67
二、羧酸的性质	69
三、重要的羧酸	71
第二节 羧酸衍生物	72
一、羧酸衍生物的命名	72
二、羧酸衍生物的化学性质	73
三、重要的羧酸衍生物	74
第三节 取代羧酸	74
一、羟基酸	74
二、酮酸	77
第七章 含氮化合物	79
第一节 胺	79
一、胺的结构、分类和命名	79
二、胺的性质	81
三、重要的胺	83
第二节 酰胺	84
一、酰胺的结构和命名	84
二、酰胺的化学性质	85
三、重要的酰胺	85



第三节 杂环化合物	87
一、杂环化合物的分类和命名	88
二、五元杂环化合物及其重要的衍生物	89
三、六元杂环化合物及其重要的衍生物	90
四、稠杂环	90
第四节 生物碱	91
一、生物碱的性质	91
二、重要的生物碱	91
第八章 糖类	94
第一节 单糖	94
一、单糖的分类及命名	94
二、单糖的结构	95
三、单糖的性质	98
四、重要的单糖	100
第二节 二糖	101
一、非还原性糖	102
二、还原性糖	102
第三节 多糖	103
一、贮能多糖	104
二、结构多糖	105
第九章 脂类和甾族化合物	107
第一节 脂类	107
一、油脂	107
二、类脂	110
第二节 甾族化合物	112
一、甾醇类	112
二、胆甾酸	113
三、甾体激素	113
四、强心苷和蟾毒	113
第十章 氨基酸和蛋白质	115
第一节 氨基酸	115
一、氨基酸的结构、命名和分类	115
二、氨基酸的性质	118
第二节 蛋白质	120
一、蛋白质的组成、分类和结构	121
二、蛋白质的性质	122



第三篇 实 验

第十一章 实验指导	125
化学实验须知	125
实验一 溶液的配制与稀释	128
实验二 常压蒸馏及沸点测定	130
实验三 熔点测定	131
实验四 葡萄糖旋光性测定	133
实验五 乙酰水杨酸制备	135
实验六 乙酸乙酯制备	136

第四篇 自测题及答案

自测题	139
答案	155
附录 25℃ 常见弱酸弱碱的解离平衡常数	168
参考文献	169

第一篇 基础化学

第一章 溶 液

◎学习目标

1. 掌握溶液浓度的表示方法及相关计算;溶液渗透压的概念、影响渗透压的因素及相关计算。
2. 熟悉渗透压在医学上的意义。
3. 了解渗透现象。
4. 学会溶液浓度的表示方法,说出渗透发生的条件及影响渗透压的因素;会使用 Van't Hoff 公式计算非电解质、电解质溶液的渗透压;能够把渗透浓度应用于临床实践。

溶液是指两种或两种以上物质的均匀混合物。合金是一种固态混合物,为固态溶液;空气则为气态溶液;而人体的体液,如血液、胃液、尿液、泪液等都是液态水溶液。

溶液对人类生产、生活甚至生存都具有极其重要的意义。临床护理常用到的消毒剂、生理盐水、注射液等都是溶液,许多药物只有制备成水溶性制剂才被吸收。掌握一些溶液的基础知识对于以后的临床护理工作是十分重要的。

第一节 溶液的浓度

一、溶液浓度的表示方法

溶液的浓度是指在一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液浓度的表示方法有许多种,医学上常用的有以下几种方法:

(一) 物质的量浓度

1. 物质的量 用符号 n_B 表示,单位为摩尔(mol)。

定义:1 mol 是指系统中物质单元 B 的数目与 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 的原子数目(6.02×10^{23})相等。物质基本单元可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子和这些粒子的特定组合。

物质 B 的物质的量可以通过 B 的质量(m_B)和摩尔质量(M_B)求得。B 的摩尔质量的单位一般用 g/mol,数值上等于其基本单元的化学式量。

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

例如, O_2 为基本单元,其摩尔质量为 32 g/mol ,则 32 g O_2 为 1 mol O_2 。

H_2SO_4 为基本单元,其摩尔质量为 98 g/mol ,则 $98 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ 为 $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ 。

$1/2 \text{ H}_2\text{SO}_4$ 为基本单元,其摩尔质量为 49 g/mol ,则 $98 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ 为 $2 \text{ mol } 1/2 \text{ H}_2\text{SO}_4$ 。

由此可见,相同质量的同一物质,由于所采用的基本单元不同,其物质的量也不同,所以使用时一定要注明基本单元。

2. 物质的量浓度 用符号 c_B 表示。

定义: 物质 B 的物质的量浓度, 是指 B 的物质的量除以溶液的总体积 V 。

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

c_B 的 SI 制(国际单位制)单位为 mol/m^3 , 常用单位是 mol/L 。通常所说的溶液浓度就是指溶液的物质的量浓度。医学上常用的单位有 mol/L 、 mmol/L 和 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 。由于物质的量浓度是由物质的量导出的, 在使用时也要注明物质的基本单元。例如: $\text{C}_2\text{H}_5\text{SO}_4$ 、 C_{KMnO_4} 等。

例 1-1 正常人每 100 ml 血清中含 326 mg Na^+ 、10 mg Ca^{2+} 、164.7 mg HCO_3^- , 分别计算 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 的物质的量浓度(单位为 mmol/L)。它们的相对分子质量分别为 23.0、40.0、61.0。

解: Na^+ 的物质的量的浓度为:

$$c_{\text{Na}^+} = \frac{n_{\text{Na}^+}}{V} = \frac{\frac{326 \times 10^{-3}}{23.0}}{100 \times 10^{-3}} = 0.142 (\text{mol}/\text{L}) = 142 (\text{mmol}/\text{L})$$

Ca^{2+} 的物质的量的浓度为:

$$c_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{V} = \frac{\frac{10 \times 10^{-3}}{40.0}}{100 \times 10^{-3}} = 0.0025 (\text{mol}/\text{L}) = 2.5 (\text{mmol}/\text{L})$$

HCO_3^- 的物质的量的浓度为:

$$c_{\text{HCO}_3^-} = \frac{n_{\text{HCO}_3^-}}{V} = \frac{\frac{164.7 \times 10^{-3}}{61.0}}{100 \times 10^{-3}} = 0.027 (\text{mol}/\text{L}) = 27 (\text{mmol}/\text{L})$$

答: 正常人血清中 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 的物质的量浓度分别为 142 mmol/L、2.5 mmol/L、27 mmol/L。

(二) 质量浓度

质量浓度用符号 ρ_B 表示。

定义: 物质 B 的质量浓度为其质量 m_B 除以混合物的总体积 V 。

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

ρ_B 的 SI 单位为 kg/m^3 , 由于体积单位 m^3 太大, 所以常用单位是 g/L 。医学上常用的单位有 g/L 、 mg/L 和 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。溶液密度也用符号 ρ_B 表示, 使用时注意区别。

物质的量浓度已在医学上广泛使用。世界卫生组织建议: 在医学上表示体液组成时, 凡是体液中相对分子质量已知的物质, 均应使用物质的量浓度; 对于体液中相对分子质量未知的物质, 可以暂时使用质量浓度。对于注射液, 在绝大多数情况下, 标签上应同时注明物质的量浓度和质量浓度。如静脉注射用的氯化钠溶液和葡萄糖溶液, 应同时分别标明 0.154 mol/L、9 g/L 和 0.278 mol/L、50 g/L 两种浓度。

课堂互动: B 的质量浓度 ρ_B 与物质的量浓度 c_B 之间存在怎样的关系?

例 1-2 100 ml 乳酸钠($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$)注射液中, 含 11.2 g 的乳酸钠, 计算该注射液的质量浓度及物质的量浓度($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$ 的相对分子质量为 112)。

解: 根据公式 1-3 $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$ 的质量浓度为:

$$\rho_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}} = \frac{m_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}}}{V} = \frac{11.2}{100 \times 10^{-3}} = 112 (\text{g}/\text{L})$$



$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$ 的浓度可由其质量浓度换算得出:

$$c_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}} = \frac{n_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}}}{V} = \frac{\rho_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}}}{M_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}}} = \frac{112}{112} = 1.0 (\text{mol/L})$$

答:乳酸钠注射液的质量浓度为 112 g/L,物质的量浓度为 1.0 mol/L。

(三) 质量分数

质量分数用符号 ω_B 表示。

定义:溶质 B 的质量分数是指 B 物质的质量 m_B 与溶液总质量 m 之比。

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \quad (\text{公式 1-4})$$

ω_B 的量纲为一,计算时 m_B 、 m 的单位一致即可。

例 1-3 正常人每日需要 3.5 g 氯化钾(KCl),将其溶解于水中制成 100 g 溶液,密度为 1035 g/L 所得溶液的质量分数和物质的量浓度各是多少?

解:根据公式 1-4 溶液的质量分数为:

$$\omega_{\text{KCl}} = \frac{m_{\text{KCl}}}{m} = \frac{3.5}{100} = 0.035 \text{ 或 } 3.5\%$$

该溶液的浓度为:

$$c_{\text{KCl}} = \frac{\rho_{\text{KCl}} \times \omega_{\text{KCl}}}{M_{\text{KCl}}} = 0.49 (\text{mol/L})$$

答:3.5 g KCl 溶于水中制成 100 g 溶液的质量分数为 0.035,其物质的量浓度为 0.49 mol/L。

(四) 体积分数

体积分数用符号 φ_B 表示。

定义:B 物质的体积分数 φ_B 是指溶质 B 的体积与溶液总体积之比。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (\text{公式 1-5})$$

φ_B 的量纲为一,与质量分数一样也可用百分数表示,计算时 V_B 与 V 的单位要一致。

医学上常用体积分数表示溶质为液体的溶液的组成,如消毒酒精中酒精的体积分数为 0.75 (或 75%)。

例 1-4 消毒用乙醇溶液中,乙醇的体积分数为 0.75,现配制 500 ml 乙醇溶液,需纯乙醇多少毫升?

解:根据公式 1-5 可求得所需乙醇体积为:

$$V_B = \varphi_B \times V = 0.75 \times 500 = 375 (\text{ml})$$

答:配制 500 ml 体积分数为 0.75 的消毒乙醇需纯乙醇 375 ml。

二、溶液的配制、稀释和混合

(一) 溶液的配制

1. 用质量分数、体积分数表示的溶液的配制 这两种溶液的配制是根据溶液的需要量先计算出溶质、溶剂的各自质量或溶质、溶剂的各自体积,然后分别称取或量取,混合均匀,即得所需溶液。

2. 用质量浓度、物质的量浓度表示的溶液的配制 这两种溶液的配制方法相似,以配制 0.5 mol/L 氯化钠溶液 1 L 为例,配制步骤如下:

第一步:计算。已知溶液浓度和体积,计算所需溶质的质量。

已知 $c_{\text{NaCl}} = 0.5 \text{ mol/L}$, $V = 1 \text{ L}$, $M_{\text{NaCl}} = 58.5 \text{ g/mol}$



所需 NaCl 的质量 $m_{\text{NaCl}} = c_{\text{NaCl}} \times M_{\text{NaCl}} \times V = 0.5 \times 58.5 \times 1 = 29.25(\text{g})$

第二步:称量。准确称取 29.25 g 的固体氯化钠。

第三步:溶解。将称好的 29.25 g 固体氯化钠置于烧杯中,加适量蒸馏水使其溶解,将所得溶液移入 1000 ml 容量瓶中。再用少量蒸馏水洗涤烧杯 2~3 次,洗涤液一并移入容量瓶中,摇匀,此时液体总体积不能超过容量瓶的刻度线。

第四步:定容。将容量瓶中的溶液加水稀释,当接近刻度线时改用胶头滴管滴加至刻度线(1000 ml),上下翻转容量瓶 2~3 次,静置,即得所配溶液。

(二) 溶液的稀释

溶液的稀释就是在一定浓度的溶液中加入溶剂,使溶液浓度变小的过程。特点是溶液的浓度和体积发生改变,但溶质的量不发生改变,即:稀释前溶质的量=稀释后溶质的量。根据公式 1-2、公式 1-3、公式 1-4、公式 1-5 得稀释公式为:

$$c_{\text{前}} V_{\text{前}} = c_{\text{后}} V_{\text{后}}$$

$$\rho_{\text{前}} V_{\text{前}} = \rho_{\text{后}} V_{\text{后}}$$

$$\omega_{\text{前}} V_{\text{前}} = \omega_{\text{后}} V_{\text{后}}$$

$$\varphi_{\text{前}} V_{\text{前}} = \varphi_{\text{后}} V_{\text{后}}$$

使用稀释公式时,特别要注意稀释前后溶液浓度的表示方法要相同、溶液体积的计量单位前后要一致。

例 1-5 欲配制 50 g/L 的葡萄糖溶液 500 ml,需要 100 g/L 的葡萄糖溶液多少毫升? 如何配制?

解:根据稀释公式: $\rho_{\text{前}} V_{\text{前}} = \rho_{\text{后}} V_{\text{后}}$

$$100 \times V_{\text{前}} = 50 \times 500$$

$$V_{\text{前}} = 250(\text{ml})$$

答:需 100 ml 的葡萄糖溶液 250 ml。

其配制方法是,准确量取 100 g/L 的葡萄糖溶液 250 ml,置于 500 ml 的容量瓶中,加水稀释,当接近刻度线时改用胶头滴管滴加至刻度,摇匀,即得所配溶液。

值得注意的是,稀释溶液时,若有吸热或放热现象,一定要在烧杯中进行适当稀释,待温度恢复至室温,将稀释液移入容量瓶中,洗涤烧杯 2~3 次,洗涤液一并移入容量瓶中,加水稀释,当接近刻度线时改用胶头滴管滴加至刻度线。

第二节 溶液的渗透压

一、渗透现象和渗透压

临床输液必须有适宜浓度,这与生物半透膜的性质及溶液渗透压有关。如果将溶液与纯溶剂用半透膜隔开,由于膜两侧单位体积内溶剂分子数不等,因此单位时间内由纯溶剂进入溶液中的溶剂分子数比从溶液进入纯溶剂中多,其结果是溶液一侧液面升高,溶剂一侧液面降低,如图 1-1。溶液液面升高后,静水压增大,驱使溶液中的溶剂分子加速通过半透膜,当静水压增大到一定值后,单位时间内从膜两侧透过的溶剂分子数相等,达到渗透平衡。

半透膜是一种只允许某些物质透过,而不允许另一些物质透过的薄膜。细胞膜、膀胱膜、毛细血管壁等生物膜都具有半透膜的性质。人工制造的火棉胶膜、硫酸纸、玻璃纸等也具有半透膜的性质。

这种溶剂分子通过半透膜从纯溶剂向溶液或从稀溶液向较浓溶液的净迁移称为渗透。

渗透现象产生必须具备两个条件:一是有半透膜存在;二是半透膜两侧液体必须存在浓度差。渗

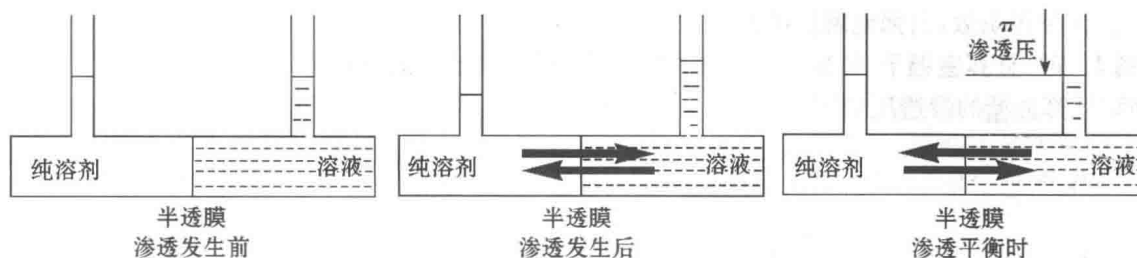


图 1-1 渗透现象和渗透压示意图

透方向总是溶剂分子从纯溶剂向溶液或从稀溶液向较浓溶液一方进行,以缩小溶液的浓度差。

渗透现象也存在于人体内,并且与人体的机能活动密切相关。人体是由无数细胞构成的,每一个活细胞的细胞膜都具有半透膜特性,它可以让水分子透过,但不让溶解在水中的其他物质的分子或离子透过。水透过细胞膜进入细胞内,可将细胞膜稍微撑紧,并使细胞膜继续保持住紧张的状态,这就是人体的组织和器官,尤其是皮肤组织具有一定的弹性的原因。

一定温度下,将纯溶剂与溶液用半透膜隔开,为恰好限制渗透现象发生,所需在溶液液面上施加的额外压力称为该溶液的渗透压力,简称渗透压,用符号 π 表示,SI 制单位为 Pa。如果被半透膜隔开的是两种不同浓度的溶液,这时液柱产生的静液压,既不是浓溶液的渗透压,也不是稀溶液的渗透压,而是这两种溶液渗透压之差。若在溶液一侧施加大于渗透压的额外压力,那么溶液中将有更多的溶剂分子通过半透膜进入溶剂一侧。这种渗透作用逆向进行的过程称为反渗透。反渗透原理可用于海水淡化、污水处理及肾病患者的血液透析。

知识拓展

细胞膜是一种生物半透膜,物质通过细胞膜的方式除了简单扩散,另一种主要方式为膜上蛋白(离子通道)协助的转运。离子通道不是细胞膜上的简单的通道,它是一种蛋白质。细胞膜厚度为 6~8 nm,是蛋白质和磷脂的嵌合体,细胞膜的表面是磷脂双分子层,在双分子层中有蛋白质镶嵌,这些蛋白质中有些就是离子通道。离子通道负责细胞内外物质的通透,能够选择性地让细胞内外的物质进行交换,调节细胞内外的渗透压。一种离子通道只允许一种或少数几种离子通过,离子通道也根据其选择通过的离子而命名,如钙通道、钾通道等。

二、渗透压与浓度、温度的关系

1886 年范特霍甫(Van't Hoff)根据实验数据总结出一条经验规律:对难挥发非电解质稀溶液来说,渗透压与溶液的浓度和温度成正比,它的比例常数就是气体状态方程式中的常数 R 。这条规律称为范特霍甫定律,又称渗透压定律。用方程式表示为:

$$\Pi = c_B RT \quad (\text{公式 1-6})$$

Π 为稀溶液的渗透压,单位为 Pa 时, c_B 的单位为 mmol/L, T 为绝对温度 ($T = 273 + t^\circ\text{C}$) 单位为 K, R 值为 $8.314 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mmol})$; 单位为 kPa 时, c_B 的单位为 mol/L, T 不变, R 值为 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 。

范特霍甫定律表示,在一定温度下,溶液的渗透压与单位体积溶液中所含溶质的粒子数(分子数或离子数)成正比,而与溶质的性质无关。

通过测定溶液的渗透压,可测定溶质的相对分子质量。由公式 1-6 可得:

$$M_B = \frac{m_B RT}{\pi V} \quad (\text{公式 1-7})$$

对于难挥发强电解质稀溶液的范特霍甫公式应改为:

$$\Pi = i c_B RT \quad (\text{公式 1-8})$$

i 称为校正系数,由强电解质的组成决定,如 NaCl 、 CuSO_4 的 $i=2$, MgCl_2 、 K_2SO_4 的 $i=3$ 。

例 1-6 计算室温下,临床使用的 100 g/L 蔗糖和 15 g/L 氯化钾溶液的渗透压。

解: 计算蔗糖的渗透压使用公式 1-6、氯化钾用公式 1-8。

$$\Pi_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = c_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} RT = \frac{\rho_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}}{M_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}} \times RT = \frac{100}{342} \times 8.314 \times (273+25) = 724 (\text{kPa})$$

$$\Pi_{\text{KCl}} = i c_{\text{KCl}} RT = i \frac{\rho_{\text{KCl}}}{M_{\text{KCl}}} \times RT = 2 \times \frac{15}{74.5} \times 8.314 \times (273+25) = 998 (\text{kPa})$$

答: 室温下,临床用 100 g/L 蔗糖和 15 g/L 氯化钾溶液的渗透压分别为 724 kPa、998 kPa。

课堂互动: 是否所有的溶液都有渗透压? 如果有,在什么情况下能够体现出来? 渗透压在临床上有哪些应用?

三、渗透压在医学上的意义

(一) 渗透浓度

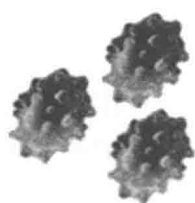
根据范特霍甫定律,一定温度下,溶液渗透压只与溶液的浓度有关,而与溶质的性质无关。由于临床上常使用混合液,人体血浆等都是含有多种溶质粒子的溶液,为了研究的方便,常使用浓度表示渗透压。把溶液中能产生渗透效应的溶质粒子称为渗透活性物质,这些溶质粒子的总浓度称为渗透浓度,用符号 c_{os} 表示,常用的单位是 mol/L、mmol/L、 $\mu\text{mol/L}$ 。

临床上常用的 50 g/L 葡萄糖溶液和 9 g/L 生理盐水的 c_{os} 分别为 278 mmol/L 和 308 mmol/L。

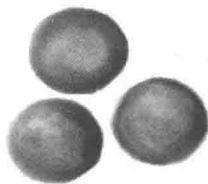
(二) 等渗溶液、低渗溶液和高渗溶液

以正常人血浆的渗透浓度作为比较标准,医学上规定正常人血浆的渗透浓度为 280~320 mmol/L,在该范围内的溶液为等渗溶液;渗透浓度低于 280 mmol/L 的溶液为低渗溶液;渗透浓度高于 320 mmol/L 的溶液为高渗溶液。

临床上给患者输液时,常大量使用等渗溶液。若大量使用高渗溶液,由于发生渗透,可使细胞变形、皱缩而丧失正常的生理功能,出现栓塞现象。若大量使用低渗溶液也会发生渗透,使细胞内液的体积增大、细胞变形,发生溶血现象。红细胞在不同浓度氯化钠溶液中的形态如图 1-2。



在高渗NaCl溶液中



在低渗NaCl溶液中



在等渗NaCl溶液中

图 1-2 红细胞在不同浓度氯化钠溶液中的形态

临床上除了使用等渗溶液外,对高渗性失水、糖尿病高渗性非酮症昏迷,可适当使用低渗溶液。治疗烧伤、休克、脑水肿等疾病时,也常使用少量的高渗溶液。但在给患者注射高、低渗溶液时应注意注射速度不能太快,而且要限制用量,以免产生严重后果。

(三) 晶体渗透压和胶体渗透压

生物体液中既有小分子的晶体(如 NaCl 、 NaHCO_3 、葡萄糖等),又有大分子的胶体(如多糖、蛋白质等)。通常把小分子和小离子所产生的渗透压力称为晶体渗透压,把大分子和大离子所产生的渗透压力称为胶体渗透压。