

全国高职高专医药院校工学结合“十二五”规划教材
供临床医学、护理、助产、药学、检验、影像、口腔、康复等专业使用



医用化学

主编○陈 瑛 郭梦金 徐秦英

Yiyong huaxue



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



全国高职高专医药院校工学结合“十二五”规划教材

供临床医学、护理、助产、药学、检验、影像、口腔、康复等专业使用

医用化学

主编○陈 瑛 郭梦金 徐秦英

Yiyong huaxue

主 编 陈 瑛 郭梦金 徐秦英

副主编 丁秋玲 查慧领 阮丽红

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁秋玲 常州卫生高等职业技术学校

丁润梅 宁夏医科大学高等卫生职业技术学院

阮丽红 郑州铁路职业技术学院

李兆君 宁夏医科大学高等卫生职业技术学院

陈 瑛 重庆三峡医药高等专科学校

张志华 邢台医学高等专科学校

张芙蓉 重庆三峡医药高等专科学校

杨晓萍 宁夏医科大学高等卫生职业技术学院

查慧领 青海卫生职业技术学院

郭梦金 邢台医学高等专科学校

徐秦英 青海卫生职业技术学院

曾 岗 重庆三峡医药高等专科学校



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/陈 瑛 郭梦金 徐秦英 主编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-5609-6269-6

I. 医… II. ①陈… ②郭… ③徐… 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(2010)第 095768 号

医用化学

陈 瑛 郭梦金 徐秦英 主编

策划编辑: 车 巍

责任编辑: 孙基寿

封面设计: 陈 静

责任校对: 周 娟

责任监印: 周治超

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027)87557437

录 排: 龙文排版工作室

印 刷: 华中科技大学印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 20.25

字 数: 450 千字

版 次: 2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 33.00 元



本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专医药院校工学结合 “十二五”规划教材编委会



主任委员 文历阳 沈彬

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉孝	厦门医学高等专科学校	尤德姝	清远职业技术学院护理学院
艾力·孜瓦	新疆维吾尔医学专科学校	田 仁	邢台医学高等专科学校
付 莉	郑州铁路职业技术学院	乔建卫	青海卫生职业技术学院
任海燕	内蒙古医学院护理学院	刘 扬	首都医科大学燕京医学院
刘 伟	长春医学高等专科学校	李 月	深圳职业技术学院
杨建平	重庆三峡医药高等专科学校	杨美玲	宁夏医科大学高等卫生职业技术学院
肖小芹	邵阳医学高等专科学校	汪婉南	九江学院护理学院
沈曙红	三峡大学护理学院	张 忠	沈阳医学院基础医学院
张 敏	九江学院基础医学院	张少华	肇庆医学高等专科学校
张锦辉	辽东学院医学院	罗 琼	厦门医学高等专科学校
周 英	广州医学院护理学院	封苏琴	常州卫生高等职业技术学校
胡友权	益阳医学高等专科学校	姚军汉	张掖医学高等专科学校
倪洪波	荆州职业技术学院	焦雨梅	辽宁医学院高职学院

秘 书 厉 岩 王 瑾

内容提要

Neirong

本书为全国高职高专医药院校工学结合“十二五”规划教材。

本书按照基础理论“实用为主,必需、够用和管用为度”的原则,结合高职高专医药院校的专业特点和后续课程的需要,对无机化学和有机化学的基础知识进行了精选,在相关章节中适当增加了环境化学与食品化学的相关知识。为了便于教学,本书还设立了“学习目标”、“知识链接”、“本章小结”、“思考与练习”四个附加栏目。本书涉及的计量单位尽量采用法定计量单位,有机化学的名称遵循我国有机化合物命名原则,主要名词术语附有中英文对照。另外,本书还有配套的多媒体课件。

本书共分十八章,一至七章为无机化学知识,八至十八章为有机化学知识。本书以介绍理论知识为主,按 72 学时编写,实验知识主要放在与本书配套使用的《医用化学实验教程》中进行介绍。相关院校可以根据用人方向、专业情况进行有针对性的选择。

本书可供全国高职高专医药院校临床医学、护理、助产、药学、检验、影像、口腔、康复等专业使用。

总序

Zongxu



总

序

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明,职业教育是提高国家核心竞争力的要素之一。近年来,我国高等职业教育发展迅猛,成为我国高等教育的重要组成部分,与此同时,作为高等职业教育重要组成部分的高等卫生职业教育的发展也取得了巨大成就,为国家输送了大批高素质技能型、应用型医疗卫生人才。截至2008年,我国高等职业院校已达1184所,年招生规模超过310万人,在校生达900多万人,其中,设有医学及相关专业的院校近300所,年招生量突破30万人,在校生突破150万人。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确指出,高等职业教育必须“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路”,“把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革”。这是新时期我国职业教育发展具有战略意义的指导意见。高等卫生职业教育既具有职业教育的普遍特性,又具有医学教育的特殊性,许多卫生职业院校在大力推进示范性职业院校建设、精品课程建设,发展和完善“校企合作”的办学模式、“工学结合”的人才培养模式,以及“基于工作过程”的课程模式等方面有所创新和突破。高等卫生职业教育发展的形势使得目前使用的教材与新形势下的教学要求不相适应的矛盾日益突出,加强高职高专医学教材建设成为各院校的迫切要求,新一轮教材建设迫在眉睫。

为了顺应高等卫生职业教育教学改革的新形势和新要求,在认真、细致调研的基础上,在教育部高职高专医学类及相关医学类专业教学指导委员会专家和部分高职高专示范院校领导的指导下,我们组织了全国50所高职高专医药院校的近500位老师编写了这套以工作过程为导向的全国高职高专医药院校工学结合“十二五”规划教材。本套教材由4个国家级精品课程教学团队及20个省级精品课程教学团队引领,有副教授(副主任医师)及以上职称的老师占65%,教龄在20年以上的老师占60%。教材编写过程中,全体主编和参编人员进行了认真的研讨和细致的分工,在教

I



材编写体例和内容上均有所创新,各主编单位高度重视并大力配合教材编写工作,编辑和主审专家严谨和忘我的工作,确保了本套教材的编写质量。

本套教材充分体现新教学计划的特色,强调以就业为导向、以能力为本位、贴近学生的原则,体现教材的“三基”(基本知识、基本理论、基本实践技能)及“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)要求,着重突出以下编写特点:

- (1)紧扣新教学计划和教学大纲,科学、规范,具有鲜明的高职高专特色;
- (2)突出体现“工学结合”的人才培养模式和“基于工作过程”的课程模式;
- (3)适合高职高专医药院校教学实际,突出针对性、适用性和实用性;
- (4)以“必需、够用”为原则,简化基础理论,侧重临床实践与应用;
- (5)紧扣精品课程建设目标,体现教学改革方向;
- (6)紧密围绕后续课程、执业资格标准和工作岗位需求;
- (7)整体优化教材内容体系,使基础课程体系和实训课程体系都成系统;
- (8)探索案例式教学方法,倡导主动学习。

这套规划教材得到了各院校的大力支持与高度关注,它将为高等卫生职业教育的课程体系改革作出应有的贡献。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学发挥积极作用,并得到读者的青睐。我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,能不断得到改进、完善和提高。

全国高职高专医药院校工学结合“十二五”规划教材
编写委员会
2010年3月

前言

Qianyan

根据教育部教高[2006]16号文件精神,为了适应新形势下全国高职高专医药院校教育改革和发展的需要,教学必须围绕着以培养高素质技能型专门人才为核心、以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体的工学结合的思维模式开展工作。

在全国高职高专教育委员会的指导下,在华中科技大学出版社的规划和精心组织下,我们按照高职高专相关医学专业培养目标,明确了“医用化学”课的教学内容和编写“医用化学”教材的指导思想——基础理论以“实用为主,必需、够用和管用为度”为原则。据此,我们结合医药院校的专业特点和后续课程的需要,将无机化学和有机化学的基本内容进行了精选,删除了复杂的公式推导及较深奥的化学理论分析与阐述,增加了与化学知识相关的疾病防治知识和医药卫生知识,在相关章节中适当增加了环境化学与食品化学的相关知识,从而使本书基础知识的内容更多,医学相关性和实用性更强。

为了使教与学目标明确、学与练紧密接轨,也为了增加教材的趣味性,书中除了注意前后知识的连贯性和逻辑性外,还设立了“学习目标”、“知识链接”、“本章小结”、“思考与练习”四个附加栏目。为了使学能直观地理解新知识,书中凡是能用图示说明的地方尽量采用图示方式。为了给教学提供方便,本书还有配套的多媒体课件。

本书涉及的计量单位尽量采用法定计量单位,有机化学的名称遵循我国有机化合物命名原则,主要名词术语附有中英文对照。

本书共分十八章,一至七章为无机化学知识,八至十八章为有机化学知识。本书以介绍理论知识为主,按72学时编写,实验知识主要放在与本书配套使用的《医用化学实验教程》中进行介绍。相关院校可以根据用人方向、专业情况进行有针对性的选择。

本书可供全国高职高专医药院校临床医学、护理、助产、药学、检验、影像、口腔、康复等专业使用。

由于编写时间紧、任务重,加之编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大师生批评指正。

编 者

2010年7月

目录

Mulu



目 录

第一章 溶液	/1
第一节 溶液浓度的常用表示方法	/1
第二节 渗透压与医学	/4
本章小结	/9
思考与练习	/10
第二章 胶体溶液	/12
第一节 分散系	/12
第二节 表面现象与乳状液	/14
第三节 溶胶	/21
第四节 高分子化合物溶液	/26
第五节 胶体溶液在医学中的意义	/29
本章小结	/30
思考与练习	/31
第三章 化学反应速率和化学平衡	/32
第一节 化学反应速率	/32
第二节 化学平衡	/35
第三节 化学平衡的移动	/41
本章小结	/45
思考与练习	/46
第四章 酸碱平衡	/49
第一节 酸碱质子理论	/49
第二节 水溶液中的酸碱平衡	/51
第三节 溶液的酸碱性与 pH 值	/56
第四节 缓冲溶液	/60
本章小结	/71
思考与练习	/72



第五章 氧化还原反应和电极电势	/75
第一节 氧化还原反应	/75
第二节 电极电势	/77
第三节 电极电势的应用	/81
第四节 电势法测定溶液的 pH 值	/82
本章小结	/83
思考与练习	/83
第六章 原子结构和分子结构	/85
第一节 原子结构	/85
第二节 分子结构	/95
本章小结	/101
思考与练习	/102
第七章 配位化合物	/106
第一节 配合物的基本知识	/106
第二节 配位平衡	/109
第三节 配合物在医学上的应用	/113
本章小结	/114
思考与练习	/114
第八章 有机化合物概述	/116
第一节 有机化合物和有机化学	/116
第二节 有机化合物的特性	/117
第三节 有机化合物的结构理论	/117
第四节 有机化合物分子中的电子效应	/123
第五节 有机化合物的分类	/126
本章小结	/128
思考与练习	/128
第九章 烃	/131
第一节 烷烃	/131
第二节 烯烃和炔烃	/139
第三节 环烃	/149
本章小结	/155
思考与练习	/157
第十章 卤代烃	/159
第一节 卤代烃的分类和命名	/159
第二节 卤代烃的性质	/161
本章小结	/167
思考与练习	/167

第十一章 醇、酚、醚	/169
第一节 醇	/169
第二节 酚	/176
第三节 醚	/181
本章小结	/183
思考与练习	/183
第十二章 醛、酮、醌	/186
第一节 醛和酮的分类与命名	/186
第二节 醛和酮的化学性质	/189
第三节 重要的醛、酮	/193
第四节 醌	/195
本章小结	/198
思考与练习	/198
第十三章 羧酸和取代羧酸	/201
第一节 羧酸	/201
第二节 取代羧酸	/209
本章小结	/212
思考与练习	/213
第十四章 有机化合物的立体异构	/215
第一节 顺反异构	/215
第二节 对映异构	/219
本章小结	/224
思考与练习	/225
第十五章 含氮有机化合物	/227
第一节 胺	/227
第二节 酰胺	/234
第三节 含氮杂环化合物	/237
第四节 生物碱	/242
本章小结	/245
思考与练习	/246
第十六章 脂类	/248
第一节 油脂	/248
第二节 类脂	/253
本章小结	/260
思考与练习	/261
第十七章 糖类	/262
第一节 单糖	/262



第二节 二糖	/270
第三节 多糖	/273
本章小结	/277
思考与练习	/278
第十八章 氨基酸、蛋白质、核酸	/280
第一节 氨基酸	/280
第二节 蛋白质	/287
第三节 核酸	/293
第四节 氨基酸、蛋白质和核酸在医学上的意义	/298
本章小结	/298
思考与练习	/299
附录 A 常用酸、碱溶液的相对密度和浓度	/302
附录 B 常用标准缓冲溶液	/303
附录 C H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 组成的缓冲溶液(25℃)	/304
附录 D 常用电极的标准电极电势(298.15K)	/305
中英文对照	/307
参考文献	/310





第一章

溶 液



学习目标

- * 掌握溶液浓度的表示方法及换算方法。
- * 掌握渗透压的基本概念。熟悉渗透压与浓度、温度的关系。
- * 了解渗透压在医学上的意义。
- * 熟练掌握溶液的配制方法和浓度计算方法。

人体的生命过程与溶液有着密切的关系,血液、淋巴液、组织间液等都是溶液,体内一系列的新陈代谢都必须在溶液中进行,如食物的消化和吸收、营养物质的输送及废物的排泄等,都离不开溶液。

溶液是物质以分子、原子或离子状态分散在另一种物质中所形成的均匀而稳定的体系。通常所说的溶液是指液态溶液。溶液分为溶质和溶剂,水是最常用、最重要的溶剂。一般不指明溶剂的溶液都是指以水为溶剂的溶液。

第一节 溶液浓度的常用表示方法

溶液的浓度是指在一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液的性质常与溶液的相对组成有关。根据不同的需要,溶液的浓度可用多种不同的方法来表示,而护理和相关医学上常用的溶液浓度的表示方法主要有以下几种。

一、物质的量浓度

在国际单位制(SI)中,物质 B 的“物质的量浓度”(amount of substance concentration)也称为物质 B 的“浓度”,可用符号 c_B 表示,其定义是物质 B 的物质的量 n_B 除以溶液的体积 V 的商,即

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

浓度的 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 。医学上常用的单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (摩尔每升)、



$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (毫摩尔每升)、 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (微摩尔每升) 和 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (纳摩尔每升)。使用浓度时必须指明基本单元。

【例 1-1】 药典上规定注射用生理盐水的规格是 0.5 L 生理盐水中含 4.5 g NaCl。计算注射用生理盐水的物质的量浓度。

解 已知 $m(\text{NaCl}) = 4.5 \text{ g}$, $M(\text{NaCl}) = 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $V = 0.5 \text{ L}$

因为
$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{4.5 \text{ g}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.077 \text{ mol}$$

所以
$$c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V} = \frac{0.077 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答 注射用生理盐水的物质的量浓度为 $0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

二、质量浓度

物质 B 的质量浓度的定义是, 物质 B 的质量 m_B 除以溶液的体积 V 的商。用符号 ρ_B 表示物质 B 的质量浓度, 即

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-2)$$

质量浓度的 SI 单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。医学上常用的单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 即体积单位用 L, 而表示质量的单位可以改变。临床上用固体物质配制的溶液常用质量浓度表示, 如 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 的生理盐水、 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液等。

【例 1-2】 临床上乳酸钠($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$)注射液的质量浓度为 $112 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 注射 20 mL 此注射液, 进入体内的乳酸钠为多少克?

解
$$\rho(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) = 112 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}, V = 20 \times 10^{-3} \text{ L}$$

因为
$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

所以

$$m(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) = \rho(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}) \times V = 112 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 2.24 \text{ g}$$

答 注射 10 mL 此乳酸钠注射液, 有 2.24 g 乳酸钠进入体内。

【例 1-3】 生理盐水的物质的量浓度为 $0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 计算生理盐水的质量浓度。

解 因为
$$n_B = c_B \cdot V, \quad m_B = n_B \cdot M_B = c_B \cdot V \cdot M_B$$

所以
$$\rho(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{V} = c(\text{NaCl}) \times M(\text{NaCl})$$

$$= 0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

答 生理盐水的质量浓度为 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

通过计算可以得出物质 B 的质量浓度 ρ_B 与物质的量浓度 c_B 之间的关系为

$$\rho_B = c_B \cdot M_B \quad (1-3)$$



知识链接

世界卫生组织建议:在医学上表示体液组成时,凡是已知相对分子质量(或相对原子质量)的物质,均应使用物质的量浓度;对于少数相对分子质量尚未准确测定的物质,则可以使用质量浓度。对于与体液组成相同的注射液,世界卫生组织提出:在绝大多数情况下,推荐在注射液的标签上同时写明质量浓度和物质的量浓度。例如,血液中 Na^+ 、 Cl^- 、葡萄糖的含量用物质的量浓度表示,则静脉注射用氯化钠注射液和葡萄糖注射液的标签上应同时标明物质的量浓度和质量浓度。

三、质量分数

质量分数用符号 ω_B 表示。质量分数就是物质 B 的质量 m_B 除以溶液的质量 m 的商,即

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

质量分数的单位是 1。在表示量值时,符号 1 一般不明确写出。但要注意,物质 B 和溶液的质量单位必须相同。量值很小时也可这样表示,如我国食品卫生标准规定,食品中黄曲霉毒素 B_1 的允许含量:大米及食用油 $\omega_B \leq 10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;其他粮食、豆类、发酵食品 $\omega_B \leq 5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

常用试剂的商品溶液如硫酸、盐酸、硝酸、氨水等都是用质量分数来表示含量的。如浓硫酸 $\omega_B = 0.98$ 。

【例 1-4】 市售浓盐酸 $\omega_B = 0.36$ ($\rho = 1.18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$), 计算其物质的量浓度。

解 已知 $M(\text{HCl}) = 36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\rho = 1.18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1.18 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
因为

$$m_B = \omega_B \cdot m = \omega_B \cdot \rho \cdot V$$

所以

$$c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V} = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl}) \cdot V} = \frac{\omega(\text{HCl}) \cdot \rho}{M(\text{HCl})}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{0.36 \times 1.18 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 11.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答 市售浓盐酸物质的量浓度为 $11.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

四、体积分数

体积分数用符号 φ_B 表示,它是物质 B 的体积 V_B 除以混合物的体积 V 所得的商,即

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

显然体积分数的单位同样是 1,也可以用百分数表示。



医学上常用体积分数来表示溶质 B 为液体的溶液的组成。例如,医疗常用的消毒用酒精的体积分数为 0.75(或 75 %);正常人血浆红细胞的体积分数为 0.37~0.50。

【例 1-5】 如何用无水酒精配制 600 mL 体积分数为 0.75 的消毒用酒精溶液?

解 根据式(1-5),所需纯酒精的体积为

$$V_{\text{酒精}} = \varphi_{\text{酒精}} \times V = 0.75 \times 600 \text{ mL} = 450 \text{ mL}$$

答 量取 450 mL 纯酒精,加水稀释至 600 mL,就可配制成 600 mL 消毒用酒精溶液。

第二节 渗透压与医学

一、渗透现象和渗透压

将一滴蓝墨水滴进一杯水中,很快就会使整杯水染成蓝色。在盛有浓糖水的杯子中,在液面上小心地加入一层清水,过一会儿,上面的“清水”也有甜味了。上述现象是由于溶质分子和溶剂分子相互扩散的结果。在溶剂和溶液之间,或者在两种不同浓度的溶液之间,都有扩散现象发生。

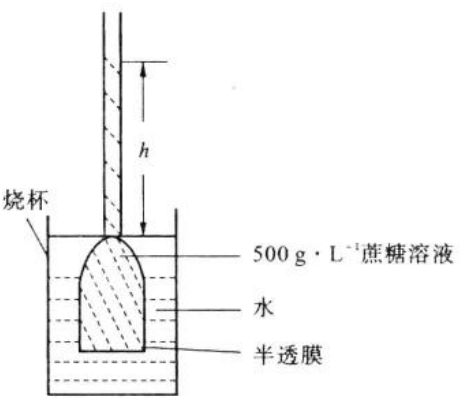


图 1-1 渗透现象示意图

如图 1-1 所示,把盛有蔗糖溶液的容器口覆盖一张半透膜(semipermeable membrane),放入清水中,会发生什么现象呢?

半透膜是一种具有选择通透性的薄膜,它只允许某些物质透过,而不允许另一些物质透过。鸡蛋膜、动物的肠衣、膀胱膜、细胞膜、毛细血管壁和人工制得的羊皮纸等都属于半透膜。理想的半透膜只允许溶剂分子(如水分子)透过,而溶质分子或离子不能透过半透膜。本书后面所讲的半透膜如未做说明,即可看做是这种理想的半透膜。

从图 1-1 中我们看到,半透膜覆盖的容器中的溶液液面上升了 h 高度,这说明半透膜覆盖的容器中的溶液体积增大了。这是什么原因造成的呢? 由于溶液中单位体积内的溶剂分子数小于纯溶剂中单位体积内的溶剂分子数,所以,纯溶剂中的溶剂分子透过半透膜进入溶液中的速率要大于溶液中的溶剂分子进入纯溶剂中的速率。总的结果就是,有一部分溶剂分子透过半透膜进入溶液,使溶液的体积增大,液面升高。这种溶剂分子透过半透膜进入溶液(或由稀溶液进入浓溶液)的现象称为渗透现象,简称渗透。

可见产生渗透现象必须具备两个条件:一是有半透膜存在;二是半透膜两侧溶液



的浓度(应为渗透浓度)不同。由于渗透作用,图 1-1 所示的溶液的液面逐渐上升,其静水压也随之增大,当液面上升到一定高度时,就会出现水分子进入和流出半透膜的速率相等的动态平衡状态,于是液面停止上升。这种能阻止渗透现象继续发生,达到动态平衡的压力(等于液面升高所产生的静水压力),称为渗透压(osmotic pressure)。换言之,当溶液与纯溶剂用半透膜隔开时,为了阻止渗透现象的发生而施加于溶液液面上的额外压力称为该溶液的渗透压。渗透压用符号 Π 表示,SI 单位为 Pa 或 kPa。渗透的方向总是从纯溶剂向溶液的方向或稀溶液往浓溶液的方向渗透。

两种不同渗透浓度的溶液用半透膜隔开,要阻止渗透进行,也需在较浓溶液液面上施加一额外压力。这个额外压力既不是浓溶液的渗透压,也不是稀溶液的渗透压,而是两种不同浓度的溶液的渗透压之差。

二、渗透压与浓度、温度的关系

溶液的渗透压与溶液的浓度和温度有关。1877 年,德国植物学家 Pfeffer 通过蔗糖溶液的渗透压实验发现如下两个规律。

- (1) 当温度一定时,溶液的渗透压与溶液的浓度成正比。
- (2) 当溶液的浓度一定时,溶液的渗透压与热力学温度成正比。

1886 年,荷兰物理学家 van't Hoff 根据以上实验结果进一步总结出稀溶液的渗透压与溶液的浓度、温度的关系为

$$\Pi = c_B RT = \frac{n_B}{V} RT \quad (1-6)$$

式中, Π ——溶液的渗透压, Pa;

c_B ——B 的物质的量浓度, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$;

T ——热力学温度, K;

R ——摩尔气体常数, 即 $8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

用此式可采用 SI 单位,对于以 SI 单位的倍数或分数表示的物理量,最好先统一化为 SI 单位,以免造成运算错误。当 c_B 的单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Π 的单位对应为 kPa。

从式(1-6)中可以看出,一定温度下稀溶液的渗透压只与单位体积溶液内溶质质点的物质的数量(或颗粒数)成正比,而与溶质的性质无关。对于电解质的稀溶液,计算渗透压时应考虑电解质的电离。在渗透压公式中必须引进一个校正系数 i 。

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

i 在数值上为 1 mol 电解质在溶液中能够离解出离子的物质的数量。如 NaCl 和 CaCl_2 , i 分别为 2 和 3。

例如,在 37°C 时, $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液与 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液的渗透压分别如下。

因为 $c(\text{葡萄糖}) = c(\text{NaCl}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$

所以 $\Pi(\text{葡萄糖}) = 0.2 \times 10^3 \times 8.314 \times (273 + 37) \text{ Pa} = 5.15 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\Pi(\text{NaCl}) = 2 \times 0.2 \times 10^3 \times 8.314 \times (273 + 37) \text{ Pa} = 1.03 \times 10^6 \text{ Pa}$