

卫生部规划教材

全国医学高等专科学校教材

供临床医学专业用

第
5
版

医学化学

主 编 谢吉民

副主编 张华杰



人民卫生出版社

全
国
医
学
高

教
材

全国医学高等专科学校教材

供临床医学专业用

医学化学

第 5 版

主 编 谢吉民

副主编 张华杰

编 者 (以编写章节先后为序)

谢吉民 (江苏大学)

张华杰 (温州医学院)

张万明 (河北北方学院)

陈常兴 (山东省临沂医学专科学校)

顾少华 (河南科技大学)

龚考才 (泸州医学院)

嵇学林 (江苏大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学化学/谢吉民主编. —5版. —北京:
人民卫生出版社, 2003

ISBN 7-117-04830-1

I. 医… II. 谢… III. 医学化学—医学
院校—教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 107987 号

本书内封采用黑色水印防伪标识印制。请注意识别。

医学化学

第 5 版

主 编: 谢 吉 民

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 10

字 数: 235 千字

版 次: 1980 年 11 月第 1 版 2004 年 1 月第 5 版第 40 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04830-1/R·4831

定 价: 14.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

临床医学专科第五轮教材修订说明

为适应我国医学专科教育改革和基层卫生工作改革发展的需要，经卫生部临床医学专科教材评审委员会审议，卫生部教材办公室决定 2003 年开始进行临床医学专科第五轮教材的修订编写工作。此次修订以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想，强调“三基”、“五性”、“三特定”原则，注重体现《面向 21 世纪教育振兴行动计划》培养高素质人才的要求。

此次修订将《人体解剖学》、《组织学和胚胎学》合并为《人体解剖学和组织胚胎学》；将《医学微生物学和免疫学》、《人体寄生虫学》合并为《病原生物学和免疫学》；将《医学遗传学基础》更名为《细胞生物学和医学遗传学》。新增加《急诊医学》、《康复医学》、《医学文献检索》3 种。

全套教材共 23 种：

- | | |
|-----------------------|-------------|
| 1. 《医学物理学》第 4 版 | 主 编 潘志达 |
| | 副主编 邱松耀 |
| 2. 《医学化学》第 5 版 | 主 编 谢吉民 |
| | 副主编 张华杰 |
| 3. 《人体解剖学和组织胚胎学》第 5 版 | 主 编 窦肇华 |
| | 副主编 吴建清 闫家阁 |
| 4. 《生理学》第 5 版 | 主 编 刘玲爱 |
| | 副主编 白 波 张 敏 |
| 5. 《生物化学》第 5 版 | 主 编 潘文干 |
| | 副主编 程牛亮 李 洪 |
| 6. 《病原生物学和免疫学》第 5 版 | 主 编 陈兴保 |
| | 副主编 张进顺 台凡银 |
| 7. 《病理学》第 5 版 | 主 编 和瑞芝 |
| | 副主编 王家富 陈命家 |
| 8. 《药理学》第 5 版 | 主 编 张丹参 |
| | 副主编 于肯明 王建刚 |
| 9. 《细胞生物学和医学遗传学》第 3 版 | 主 编 张忠寿 |
| | 副主编 刘金杰 |
| 10. 《预防医学》第 3 版 | 主 编 黄吉武 |
| | 副主编 桑瑞兰 |
| 11. 《诊断学》第 5 版 | 主 编 邓长生 |
| | 副主编 符晓华 李伟扬 |

- | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 12. 《内科学》第5版 | 主 编 | 马家骥 | |
| | 副主编 | 刘远厚 | 王庸晋 |
| 13. 《外科学》第5版 | 主 编 | 梁力建 | |
| | 副主编 | 林建华 | 廖 斌 |
| 14. 《妇产科学》第5版 | 主 编 | 王泽华 | |
| | 副主编 | 程丽坤 | 孙丽君 |
| 15. 《儿科学》第5版 | 主 编 | 汪 翼 | |
| | 副主编 | 郭学鹏 | |
| 16. 《传染病学》第3版 | 主 编 | 刘应麟 | |
| | 副主编 | 彭凤英 | |
| 17. 《眼耳鼻喉口腔科学》第5版 | 主 编 | 王斌全 | |
| | 副主编 | 龚树生 | |
| 18. 《皮肤性病学》第5版 | 主 编 | 张信江 | |
| | 副主编 | 魏志平 | |
| 19. 《中医学》第3版 | 主 编 | 陈友香 | |
| | 副主编 | 王道瑞 | |
| 20. 《医学心理学》第2版 | 主 编 | 马存根 | |
| | 副主编 | 周郁秋 | |
| 21. 《急诊医学》 | 主 编 | 黄显凯 | |
| | 副主编 | 张兴毅 | |
| 22. 《康复医学》 | 主 编 | 王前新 | 姜贵云 |
| 23. 《医学文献检索》 | 主 编 | 姚果源 | |
| | 副主编 | 吴效普 | |

临床医学专科第三届教材评审委员会

主任委员 涂明华

副主任委员 唐建武

委员（以姓氏笔画为序）

王斌全 王家富 马家骥 马存根 刘远厚 许化溪
涂心明 龚芳泽 梁晓俐 詹乐恒 潘文干

秘 书 高君励

前 言

《医学化学》(第5版)是根据全国临床医学专科教材评审委员会和第五轮规划教材主编会议精神,在认真总结第4版《医用化学》教材使用经验的基础上进行编写的。

在编写过程中,我们遵循教材“特定的对象、特定的要求、特定的限制”——“三特定”原则,着重介绍“基础理论、基本知识和基本技能”,强调教材“以培养目标为依据,适当淡化学科意识”,本着以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为教学重点的精神,以适应21世纪我国医学专科人才培养的需要。

考虑到尽量不与中学教材的内容重复以及各校教学的实际情况,教材在第4版的基础上,对部分内容进行了精减压缩,同时减少了第4版中偏深的内容,将立体化学的内容分散在相关章节介绍,不再单列成章,以适应当前各医学院校的教学。

全书采用国家法定计量单位,遵守《中华人民共和国标准 GB3102.8—93》所规定的符号及化学名词和术语。

教材注意与后续相关课程的衔接,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46学时编写,各校可根据具体情况进行增减,实验部分共编7个实验,根据各院校具体情况可酌情选用。

本书可作为全日制高等医学院校三年制专科临床医学、预防医学、口腔、儿科、影像、麻醉、护理等专业的医用化学教材,也可作为成人教育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。

衷心感谢卫生部教材评审委员会潘文干教授和第4版主编庞茂林教授对本版教材的关心和指导。限于编者水平,书中不妥和错漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年10月

目 录

第一章 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、医学化学的内容和学习方法	2
第二章 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	5
三、渗透压力在医学上的意义	6
习题	7
第三章 电解质溶液	9
第一节 弱电解质在溶液中的解离	9
一、解离平衡和解离常数	9
二、同离子效应和盐效应	10
第二节 酸碱质子理论	11
一、酸碱的定义	11
二、酸碱反应	11
第三节 水溶液的酸碱性及 pH 值的计算	12
一、水的质子自递反应	12
二、共轭酸碱对 K_a 与 K_b 的关系	13
三、一元弱酸、弱碱溶液 pH 值的计算	13
第四节 缓冲溶液	14
一、缓冲溶液的组成及缓冲作用	14
二、缓冲溶液 pH 值的计算	15
三、缓冲容量与缓冲溶液的配制	17
四、缓冲溶液在医学中的意义	19

习题	20
第四章 胶体溶液	22
第一节 胶体的基本概念	22
第二节 表面现象	23
一、表面能和表面张力	23
二、吸附	24
三、乳状液	25
第三节 溶胶	26
一、溶胶的光学性质	26
二、溶胶的动力学性质	26
三、溶胶的电学性质	27
四、胶团的结构	28
五、溶胶的稳定性和聚沉	28
第四节 大分子化合物溶液	29
习题	30
第五章 配位化合物	32
第一节 配合物的基本概念	32
一、配合物的定义	32
二、配合物的组成	33
三、配合物的命名	34
第二节 配位平衡	35
一、配离子的稳定常数	35
二、配位平衡的移动	36
第三节 螯合物和螯合滴定	38
一、螯合物和螯合效应	38
二、螯合滴定	38
第四节 配合物在医学上的应用	40
习题	41
第六章 电极电势	43
第一节 电极电势与标准电极电势	43
一、原电池	43
二、标准电极电势	44
第二节 影响电极电势的因素	46
一、能斯特方程	46
二、影响电极电势的因素及有关计算	46

第三节 电极电势的应用	47
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	47
二、判断氧化还原反应进行的方向	48
三、电势法测定溶液的 pH 值	48
习题	49
 第七章 有机化合物概述	51
第一节 有机化合物的结构理论	51
一、碳原子的结构	51
二、杂化轨道理论	52
三、共价键的类型	54
第二节 有机化合物分子中的电子效应	55
一、诱导效应	56
二、共轭效应	57
第三节 有机反应的类型	59
一、自由基反应	59
二、离子型反应	60
第四节 有机化合物的分类和命名原则	62
一、有机化合物的分类	62
二、有机化合物的命名原则	64
习题	66
 第八章 醇酚醚	68
第一节 醇	68
一、醇的分类和命名	68
二、醇的理化性质	69
三、重要的醇	71
第二节 酚	72
一、酚的分类和命名	72
二、酚的化学性质	72
三、重要的酚	73
第三节 醚	74
一、醚的分类和命名	74
二、醚的性质	74
三、重要的醚	75
习题	75
 第九章 醛和酮	77

第一节 醛和酮的分类与命名	77
第二节 醛和酮的化学性质	78
一、加成反应	78
二、 α -氢的反应	81
三、氧化还原反应	82
四、与品红亚硫酸试剂的显色反应	82
第三节 重要的醛和酮	83
习题	83
第十章 有机酸	85
第一节 羧酸	85
一、羧酸的分类和命名	85
二、羧酸的物理性质	86
三、羧酸的化学性质	87
四、重要的羧酸	89
第二节 取代羧酸	89
一、羟基酸	89
二、酮酸	91
三、酮式-烯醇式互变异构现象	91
四、重要的羟基酸和酮酸	92
第三节 对映异构	93
一、偏振光和旋光性	94
二、旋光度与比旋光度	94
三、旋光性与分子结构的关系	95
四、费歇尔 (Fischer) 投影式	96
五、D、L 构型命名法	96
习题	97
第十一章 脂类	99
第一节 油脂	99
一、油脂的组成和结构	99
二、油脂的性质	100
第二节 磷脂	101
一、磷脂酸	101
二、重要的甘油磷脂	102
第三节 甾体化合物	103
一、甾体化合物的基本结构	103
二、重要的甾体化合物	103

习题	105
第十二章 糖类	107
第一节 单糖	107
一、单糖的分类	107
二、单糖的结构	108
三、单糖的化学性质	111
四、重要的单糖	113
第二节 二糖	114
第三节 多糖	116
一、淀粉	116
二、糖原	118
三、纤维素	118
习题	118
第十三章 含氮有机化合物	120
第一节 胺	120
一、胺的分类和命名	120
二、胺的化学性质	122
三、重要的胺及其衍生物	124
第二节 酰胺	124
一、酰胺的命名	124
二、酰胺的化学性质	125
三、尿素	126
第三节 含氮杂环化合物	126
一、杂环化合物的分类、命名	127
二、吡咯、吡啶的化学性质	128
三、重要的含氮杂环化合物	129
习题	130
实验部分	132
医学化学实验基本要求	132
实验室规则	133
一、实验规则	133
二、药品使用规则	133
三、实验室安全措施	133
实验一 缓冲溶液	134
实验二 醋酸解离常数的测定	137

实验三	水的总硬度测定	139
实验四	常压蒸馏和沸点的测定	141
实验五	醇、酚、醛和酮的化学性质	143
实验六	茶叶中咖啡因的提取	146
实验七	乙酰水杨酸的制备	148
参考文献		150

第一章 绪 论

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。化学研究的主要对象是实物(习惯上实物仍称为物质)。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。

化学与其它学科之间相互渗透,相互融合,化学学科内部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,如医学化学、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、大分子化学等等。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。

现代医学与化学的关系更加密切。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副作用;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,这些都离不开化学。

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等,都说明现代医学的发展需要更多、更深的化学知识。

三、医学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。医学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。

医学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 and 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)

第二章 溶 液

溶液是由溶质和溶剂组成的分散系统,溶液与生命过程的关系极为密切。可以说,离开溶液,也就没有生命。人的组织间液、血液、淋巴液及各种腺体的分泌液等都是溶液;人体内的新陈代谢必须在溶液中进行;临床上许多药物也常配成溶液后使用;临床上给病人大量补液时要特别注意溶液的浓度,如补液的浓度过高或过低都将产生不良后果,甚至造成死亡,这与溶液的渗透压力有密切关系。本章主要介绍溶液组成量度的表示方法和溶液的渗透压力。

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多种,医学上常用的有以下几种:

一、物质的量浓度

物质的量浓度简称为浓度,用符号 c_B 表示,也可写成 $c(B)$,它的定义为溶质 B 的物质的量 n_B 除以溶液的体积 V ,即:

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

物质的量浓度的 SI 单位是摩尔每立方米,符号是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,由于立方米的单位太大,不太适用,医学上常用的单位符号是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。

在使用物质的量浓度时,必须指明物质的基本单元,如 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 等。B 的物质的量 n_B 与 B 的质量 m_B 、摩尔质量 M_B 之间的关系可用下式表示:

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

【例 2-1】 正常人 100ml 血清中含 100mg 葡萄糖,计算血清中葡萄糖的物质的量浓度(用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示)。

解: 根据式(2-1)和式(2-2)可得:

$$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V} = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)/M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V}$$

$$= \frac{100\text{mg}/(180\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})}{0.10\text{L}} = 5.6\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

二、质量浓度

物质的质量浓度用符号 ρ_B 表示,它的定义为溶质 B 的质量 m_B 除以溶液的体积 V ,即:

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

质量浓度常用的单位符号是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。质量浓度单位中表示质量的单位可以改变,而表示体积的单位一般不能改变,均用 L。在临床生化检验中,凡是相对分子质量已知的物质在人体内的组成量度,原则上均应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。对于注射液,世界卫生组织认为,在绝大多数情况下,标签上应同时标明质量浓度和物质的量浓度,如静脉注射用的氯化钠溶液,应同时标明 $\rho(\text{NaCl}) = 9\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{NaCl}) = 0.15\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

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:

$$\rho_B = c_B \cdot M_B \quad (2-4)$$

【例 2-2】 100ml 葡萄糖注射液中含 5g 葡萄糖,计算该溶液的质量浓度和物质的量浓度。

解:根据式(2-3)得:

$$\rho(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{V} = \frac{5\text{g}}{0.10\text{L}} = 50\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

根据式(2-4)得:

$$c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{\rho(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{50\text{g} \cdot \text{L}^{-1}}{180\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.28\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

三、质量分数和体积分数

物质 B 的质量分数用符号 ω_B 表示,它的定义为溶质 B 的质量 m_B 与溶液的总质量 m 之比,即:

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

质量分数无单位,可以用小数或百分数表示。例如,市售浓硫酸中 H_2SO_4 的质量分数 $\omega_B = 0.98$ 或 $\omega_B = 98\%$ 。

物质 B 的体积分数用符号 φ_B 表示,它的定义为在相同温度和压力时溶质 B 的体积 V_B 与溶液的体积 V 之比,即:

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

体积分数无单位,用小数或百分数表示。例如,消毒用的酒精溶液中酒精的体积分数为 $\varphi_B = 0.75$ 或 $\varphi_B = 75\%$ 。体积分数常用于溶质为液体的溶液。

【例 2-3】 配制 500ml 消毒用的酒精溶液($\varphi_B = 0.75$)需无水酒精多少毫升?

解:由式(2-6)可得: $V_B = V \cdot \varphi_B = 500\text{ml} \times 0.75 = 375\text{ml}$

量取 375ml 无水酒精,用水稀释至 500ml 即得消毒用的酒精溶液。

第二节 溶液的渗透压力

一、渗透现象和渗透压力

在一杯纯水中加入少量浓的蔗糖溶液,过一会儿整杯水都会有甜味,最后得到浓度均匀的蔗糖溶液,这种现象称为扩散。扩散是一种双向运动,是溶质分子和溶剂分子相互运动的结果。只要两种不同浓度的溶液相互接触,都会发生扩散现象。

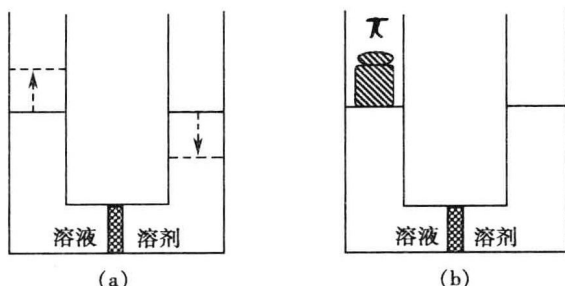


图 1-1 渗透装置与渗透压力示意图
(a) 渗透装置 (b) 渗透压力

如果用一种只允许溶剂(如水)分子自由透过而溶质(如蔗糖)分子不能透过的半透膜将蔗糖溶液与纯水隔开,并使其液面在同一水平上,则由于膜两侧单位体积内水分子数目不等,蔗糖溶液中水分子数目相对地比同体积的纯水少,单位时间内由纯水透过半透膜而进入蔗糖溶液中的水分子数,比由蔗糖溶液透过半透膜而进入纯水的水分子数多,结果蔗糖溶液的体积增大,导致液面逐渐上升,而纯水的液面逐渐下降,直至到

达一定的高度后便不再上升和下降(图 2-1a),此时水向两个方向透过半透膜的速率相等。这种由溶剂(水)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)的自发过程称为渗透。产生渗透现象必须具备两个条件:一是要有半透膜;二是膜两侧要存在溶液的浓度差。

欲使膜两侧液面的高度相等并保持不变,必须在溶液液面上加一压力才能实现(图 2-1b)。这时,溶液液面上所施加的压力就称为该溶液的渗透压力。渗透压力符号用 Π 表示,单位为 Pa 或 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,应在较浓溶液上施加一压力,这一压力应是两溶液的渗透压力之差。

若选用一种高强度耐高压的半透膜把纯溶剂和溶液隔开,此时若施加的外压大于渗透压力,则溶液中会有更多的溶剂分子通过半透膜进入溶剂一侧,这种使渗透作用逆向进行的过程称为反向渗透,此技术常用于从海水中提取淡水和三废治理中处理污水。

二、渗透压力与浓度、温度的关系

1886 年,荷兰化学家范特荷甫(van't Hoff)根据实验数据提出了反映难挥发性非电解质稀溶液渗透压力与浓度、温度关系的公式:

$$\Pi = cRT \quad (2-7)$$

式中: Π 为溶液的渗透压力(kPa), c 为溶液的物质的量浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$), R 为气体常数即 $8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, T 为绝对温度。

由上式可得出:难挥发性非电解质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。这个规律称为渗透压力定律或范特荷甫定律。这个定律的重要意义在于指出了:在一定温度下,难挥发性非电解质稀溶液的渗透压力只与单位体积溶液内的溶质颗粒数成正比,而与溶