

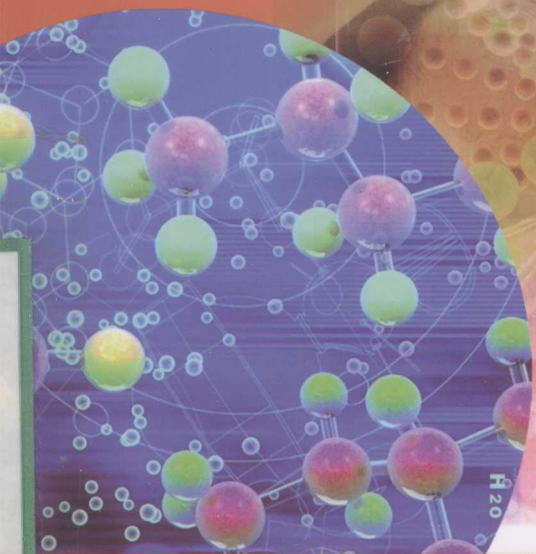


中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

供临床、护理、预防、口腔、影像、信息、营销等专业用

医用化学

唐玉海 章小丽 主编



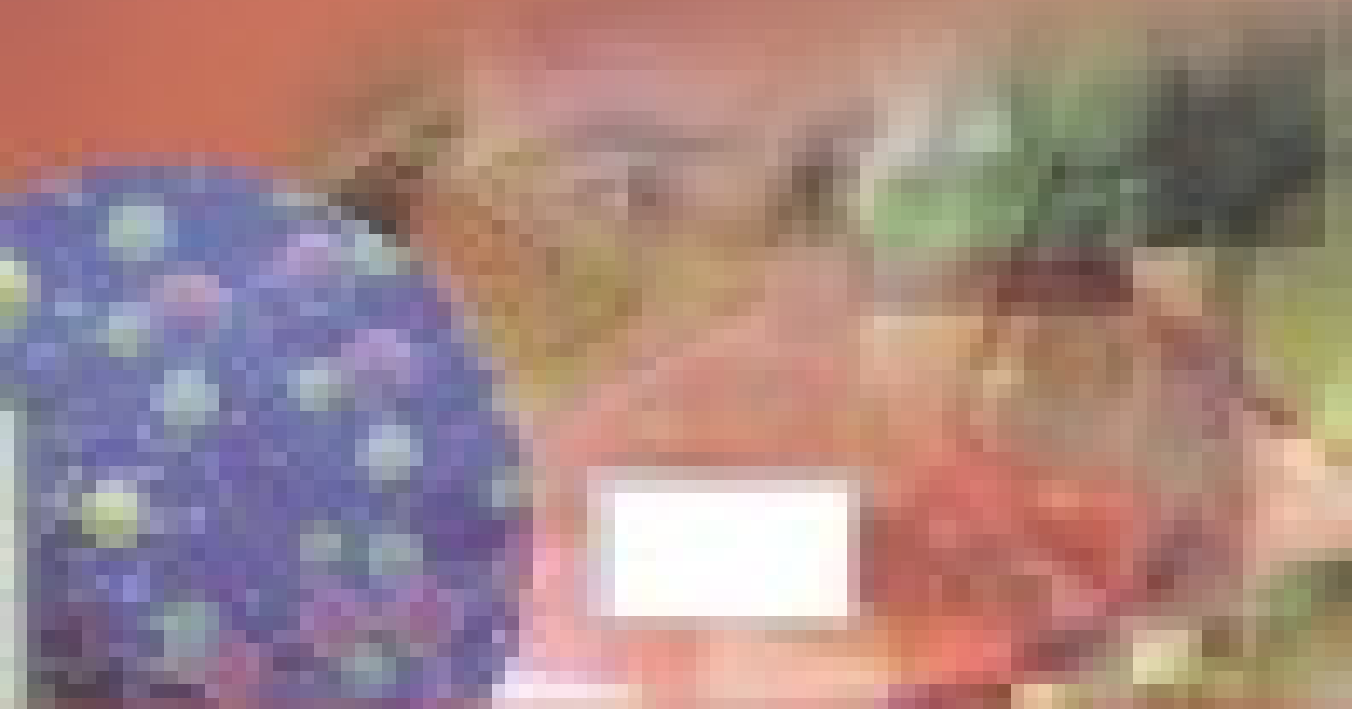
科学出版社



中国科学院植物研究所 北京植物研究所
北京 100871 中国科学院植物研究所

药用化学

第 1 卷 第 1 期 1982 年 1 月



中国科学院植物研究所 北京植物研究所

2629042

R313
36

中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

供临床、护理、预防、口腔、影像、信息、营销等专业用

医用化学

主 编 唐玉海 章小丽

副主编 靳菊情 王建华

编 委 (按姓氏笔画排序)

王建华 李美红 李健军 唐玉海

梅慕仲 章小丽 韩 亮 喻 芳

靳菊情 魏赛丽



科学出版社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本教材将医用基础化学与医用有机化学合二为一,压缩部分分析化学内容,合并了部分章节。本教材在编写过程中注重化学与医学、护理学的融合,使教材具有鲜明的针对性。全书共十九章,前八章主要介绍医用基础化学内容,后11章主要介绍医用有机化学内容。

本书可作为高等医学院校临床医学、护理、口腔、影像、信息、营销等专业本科生教材。由于其简明易懂,亦可供医学院校专科生作为化学课程教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

医用化学 / 唐玉海,章小丽主编. —北京:科学出版社,2012.4
中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等医药院校规划教材
ISBN 978-7-03-033783-2

I. 医… II. ①唐… ②章… III. 医用化学-医学院校-教材 IV. R313
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 040300 号

责任编辑:秦致中 邹梦娜 / 责任校对:钟 洋

责任印制:刘士平 / 封面设计:范璧合

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年4月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年4月第一次印刷 印张:20 彩插:1

字数:470 000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本教材是根据教育部高等学校医药公共基础课教学指导委员会《关于医学各专业基础化学与有机化学教学基本要求》编写而成,教材内容突出基本理论、基本知识和基本技能的培养。

医用化学是高等医学院校临床、高等护理等专业学生一门重要的自然科学类基础课,其目的是为后续课程学习打好必要的化学基础知识。医用化学所讲授的基本概念、基本理论和方法是医学院校学生科学素养培养的重要组成部分,是其他课程无法替代的,是合格医学、护理学工作者必备的。

随着医学教学改革、较多地方院校大幅度的压缩医用化学课时,考虑化学知识的系统性和对医学生培养知识的结构的完整性。本教材将医用基础化学与医用有机化学合二为一,压缩部分重复内容,删除了部分与医学相关性较小的化学理论性较强的部分内容。全书共19章,前8章为医用基础化学内容,后11章为医用有机化学内容,其中第18章和第19章可供使用院校根据学时选择性讲授。全书建议学时为60~80学时。

本书在编写过程中得到西安交通大学和昆明医学院的大力支持,得到了科学出版社的帮助和指导,得到了西安交通大学理学院、宏大建设集团有限公司的经费支持,在此一并致谢。

虽然编者对本书的出版做了大量的工作,但由于水平有限、书中难免有疏漏和不妥之处,望同行和广大读者不吝指正。

编 者

2011年12月于西安

目 录

前言	(22)
第一章 溶液与溶胶	(1)
第1节 分散系的分类	(1)
第2节 物质的溶解度	(2)
一、固体在液体中的溶解度	(2)
二、气体在液体中的溶解度	(2)
三、液体在液体中的溶解度	(4)
第3节 溶液的组成量度及计算	(4)
一、物质的量浓度	(5)
二、质量浓度	(5)
三、质量分数	(6)
四、体积分数	(6)
第4节 溶液的渗透压力	(7)
一、渗透现象和渗透压	(7)
二、渗透压与浓度、温度的关系	(8)
三、渗透压在医学中的意义	(9)
第5节 胶体溶液	(11)
溶胶	(11)
第6节 表面活性剂和乳化剂	(14)
一、表面张力与表面能	(14)
二、表面吸附现象	(15)
三、表面活性剂	(16)
四、乳状液	(17)
第7节 高分子化合物溶液	(18)
一、高分子化合物的概念	(18)
二、高分子化合物溶液的性质	(18)
三、高分子化合物溶液的保护作用	(19)
四、凝胶	(19)
习题	(20)
第二章 化学反应速率和化学平衡	(22)
第1节 化学反应速率	(22)
一、化学反应速率及其表示方法	(22)
二、元反应和反应级数	(23)
三、碰撞理论与活化能	(24)
第2节 影响化学反应速率的因素	(25)
一、浓度对化学反应速率的影响	(25)
二、温度对化学反应速率的影响	(25)
三、催化剂对化学反应速率的影响	(27)
第3节 化学平衡	(28)
一、可逆反应与化学平衡	(28)
二、标准平衡常数	(28)
三、化学平衡的移动	(30)
习题	(32)
第三章 电解质溶液	(34)
第1节 电解质溶液	(34)
一、强电解质溶液	(34)
二、弱电解质溶液	(35)
第2节 酸碱质子理论	(37)
一、酸碱的概念	(37)
二、酸碱反应的实质和方向	(38)
三、水的质子自递平衡	(38)
四、共轭酸碱对的解离平衡常数的关系	(39)
第3节 溶液酸度的计算	(39)
一、酸度与pH	(39)
二、溶液酸度的计算	(40)
第4节 缓冲溶液	(43)
一、缓冲溶液及其作用机制	(43)
二、缓冲溶液pH的计算	(45)
三、缓冲容量	(46)

四、缓冲溶液的配制	(46)	第二节 原电池和电极电位	(68)
五、缓冲溶液在医学上的意义 ...	(47)	一、原电池	(68)
第5节 难溶强电解质的沉淀平衡	(48)	二、电极电位	(70)
一、难溶强电解质的溶度积常数	(48)	三、标准电极电位	(70)
二、溶度积与溶解度的关系	(48)	第三节 能斯特方程式	(73)
三、影响难溶电解质溶解度的因素	(49)	一、能斯特方程式	(73)
四、沉淀的生成和溶解	(50)	二、电极溶液中各物质浓度对电极电位的影响	(74)
习题	(52)	三、非标准态下电极电位的应用示例	(75)
第四章 化学热力学基础	(54)	第四节 电位法测定溶液的 pH	(76)
第1节 基本概念和常用术语	(54)	一、参比电极	(76)
一、系统和环境	(54)	二、指示电极	(77)
二、状态和状态函数	(54)	三、电位法测定溶液的 pH	(77)
三、过程和途径	(55)	习题	(77)
四、热和功	(55)	第六章 原子结构和共价键	(80)
第2节 热力学第一定律	(55)	第一节 核外电子的运动状态	(80)
一、热力学能	(55)	一、核外电子运动的特性	(80)
二、热力学第一定律	(55)	二、波函数与量子数	(81)
三、反应热与焓	(56)	三、波函数的角度分布图	(83)
四、热化学方程式	(57)	第二节 原子的电子组态及元素周期表	(84)
第3节 Hess 定律和反应热的计算	(57)	一、多电子原子的能级	(84)
一、Hess 定律	(57)	二、原子的电子组态	(85)
二、标准摩尔生成焓	(58)	三、元素周期表	(86)
三、标准摩尔燃烧焓	(59)	第三节 共价键	(89)
第4节 热力学第二定律	(60)	一、现代价键理论	(89)
一、自发过程	(60)	二、杂化轨道理论	(92)
二、反应热与化学反应的方向 ...	(61)	第四节 分子间的作用力	(96)
三、熵变与化学反应的方向	(61)	一、分子的极性与分子的极化 ...	(96)
四、Gibbs 函数变与化学反应的方向	(62)	二、范德华力	(97)
习题	(64)	三、氢键	(98)
第五章 氧化还原反应和电极电位 ...	(66)	习题	(99)
第一节 氧化还原反应	(66)	第七章 配位化合物	(101)
一、氧化值	(66)	第一节 配位化合物的基本概念	(101)
二、氧化还原反应	(66)	一、配位化合物的定义	(101)
		二、配位化合物的组成	(101)

三、配合物的命名	(104)	二、标准曲线法	(133)
第二节 配合物的价键理论	(105)	习题	(133)
一、价键理论的基本要点	(105)	第九章 链烃	(135)
二、外轨配合物和内轨配合物	(106)	第一节 链烃的结构	(135)
三、配合物的磁矩	(108)	一、烷烃的结构	(135)
第三节 配位平衡	(109)	二、烯烃的结构	(137)
一、配位平衡常数	(109)	三、二烯烃与炔烃的结构	(139)
二、配位平衡的移动	(110)	第二节 链烃的命名	(140)
第四节 螯合物与生物医学	(112)	一、普通命名法	(141)
一、螯合物与螯合剂	(112)	二、系统命名法	(141)
二、配合物在医学上的意义	(113)	三、烃基的命名	(145)
习题	(115)	第三节 链烃的物理性质	(146)
第八章 分析化学基础	(117)	第四节 链烃的化学性质	(150)
第一节 滴定分析方法概述	(117)	一、烷烃的化学反应	(150)
一、滴定分析的特点和分类	(117)	二、烯烃的化学性质	(152)
二、滴定分析的操作过程	(117)	三、炔烃的化学性质	(155)
三、滴定分析的浓度计算	(118)	四、共轭二烯烃的化学性质	(157)
第二节 分析结果的误差和有效数字	(118)	习题	(159)
一、误差产生的原因和分类	(118)	第十章 环烃	(162)
二、准确度与误差	(119)	第一节 脂环烃	(162)
三、精密度与偏差	(119)	一、脂环烃的分类和命名	(162)
四、提高分析结果准确度的方法	(120)	二、脂环烃的结构	(163)
五、有效数字及运算规则	(121)	三、环烷烃的性质	(163)
第三节 酸碱滴定法	(122)	第二节 芳香烃	(165)
一、酸碱指示剂	(122)	一、芳香烃的分类和命名	(165)
二、滴定曲线和指示剂的选择	(123)	二、苯及其同系物的物理性质	(166)
三、酸碱滴定法的应用	(126)	三、苯的结构	(167)
第四节 分光光度法	(127)	四、苯的亲电取代反应	(168)
一、物质对光的选择性吸收和吸收光谱	(128)	五、苯环上的亲电取代反应定位规律	(169)
二、光的吸收定律	(129)	六、苯及其同系物的氧化反应	(171)
第五节 分光光度计	(132)	七、稠环芳香烃	(171)
第六节 定量分析方法	(132)	习题	(173)
一、标准对照法	(133)	第十一章 醇、酚和醚	(175)
		第一节 醇	(175)
		一、醇的结构、分类和命名	(175)

二、醇的物理性质	(176)	一、手性与手性分子	(219)
三、醇的化学性质	(177)	二、含一个手性碳原子化合物的对映异构	(220)
四、硫醇	(180)	三、对映异构体构型标记法	(221)
五、醇在医药上的应用	(181)	四、含两个和两个以上手性碳原子化合物的对映异构	(223)
第二节 酚	(181)	五、对映异构体与生物活性	(224)
一、分类和命名法	(181)	习题	(225)
二、酚的结构与物理性质	(182)	第十五章 含氮和杂环化合物	(227)
三、酚的化学性质	(183)	第一节 胺	(227)
四、重要的酚	(185)	一、胺的分类、命名与结构	(227)
第三节 醚	(186)	二、胺的物理性质	(229)
一、醚的结构、分类和命名法	(186)	三、胺的化学性质	(230)
二、醚的物理性质	(187)	四、生源胺的生物合成及其意义	(233)
三、醚的化学性质	(187)	第二节 酰胺	(234)
四、醚在医药上的应用	(188)	一、酰胺的命名	(234)
习题	(188)	二、酰胺的性质	(234)
第十二章 醛和酮	(190)	三、尿素	(235)
一、醛、酮的结构和命名	(190)	四、磺胺类药物	(236)
二、醛、酮的物理性质	(191)	第三节 杂环化合物	(237)
三、醛、酮的化学性质	(192)	一、杂环化合物的分类和命名法	(237)
四、重要的醛、酮	(198)	二、吡咯和吡啶的结构与性质	(239)
习题	(198)	三、重要的含氮杂环化合物及其衍生物	(240)
第十三章 羧酸、取代羧酸和羧酸衍生物	(200)	第四节 生物碱	(242)
第一节 羧酸	(200)	一、概述	(242)
一、羧酸的结构、分类及命名	(200)	二、常用生物碱	(243)
二、物理性质	(201)	习题	(245)
三、羧酸的化学性质	(202)	第十六章 油脂和类脂	(247)
第二节 取代羧酸	(206)	第一节 油脂	(247)
一、羟基酸的性质	(206)	一、油脂的组成、结构和命名	(247)
二、羧基酸的性质	(207)	二、油脂的物理性质	(248)
第三节 羧酸衍生物	(208)	三、油脂的化学性质	(249)
一、羧酸衍生物的结构	(208)	第二节 类脂	(250)
二、羧酸衍生物的命名	(209)	一、磷脂	(250)
三、羧酸衍生物的物理性质	(209)	二、甾族化合物	(252)
四、羧酸衍生物的化学性质	(210)	习题	(257)
第四节 重要化合物	(214)		
习题	(216)		
第十四章 对映异构	(218)		
第一节 对映异构的基本概念	(218)		

第十七章 糖类	(259)	一、蛋白质的元素组成	(278)
第一节 单糖	(259)	二、蛋白质的分类	(279)
一、单糖的开链结构及构型 ..	(260)	三、蛋白质的结构	(280)
二、单糖的环状结构和表示方法	(261)	四、蛋白质的性质	(284)
三、单糖的物理性质	(263)	习题	(288)
四、单糖的化学性质	(263)	第十九章 核酸	(290)
五、重要的单糖及其衍生物 ..	(267)	第一节 核酸的分类和基本物质组成	(290)
第二节 双糖	(268)	一、核酸的分类	(290)
一、还原性双糖	(268)	二、核酸的基本物质组成	(290)
二、非还原性双糖	(270)	第二节 核苷和核苷酸	(292)
第三节 多糖	(271)	一、核苷	(292)
一、淀粉	(271)	二、单核苷酸	(293)
二、糖原	(273)	第三节 核酸的结构	(294)
三、纤维素	(273)	一、核酸的一级结构	(294)
习题	(273)	二、核酸的二级结构	(295)
第十八章 氨基酸和蛋白质	(275)	第四节 核酸的理化性质	(297)
第一节 氨基酸	(275)	一、核酸的水解	(297)
一、氨基酸的结构、分类和命名	(275)	二、核酸的酸碱性	(298)
二、氨基酸的性质	(277)	三、核酸的变性、复性和杂交 ..	(298)
第二节 蛋白质	(278)	习题	(298)
附录	(300)		
彩插 元素周期表			

第一章 溶液与溶胶

溶液是指含有一种以上物质的液体或固体,其中水溶液与人类的关系最为紧密。如人的组织间液、血液、淋巴液及各种腺体分泌液等都是溶液;人体内的新陈代谢必须在溶液中进行;临床上许多药物常配成溶液使用等等。

溶胶在自然界尤其生物界普遍存在,机体的组织和细胞中的基础物质,如蛋白质、核酸、淀粉、糖原、纤维素等,都形成胶体;血液、体液、细胞、软骨等都是典型的胶体系统。生物体的许多生理现象和病理变化与其胶体性质密切相关。

因此,掌握溶液和溶胶的有关知识对医学及相关学科的学习是非常重要的。本章主要介绍与医学关系极为密切的溶液知识——溶液的组成标度、溶液的渗透压及胶体溶液。

第1节 分散系的分类

在进行科学研究时,通常将一种或几种物质分散在另一种物质中形成的系统称为分散系统,简称分散系。其中,被分散的物质称为分散相,另一种容纳分散相的物质称为分散介质。例如矿物分散在岩石中生成矿石,水滴分散在空气中形成云雾,聚苯乙烯分散在水中形成乳胶,溶质分散在溶剂中形成溶液等。医学临床上使用的生理盐水和葡萄糖注射液都是分散系统,其中氯化钠、葡萄糖是分散相,水是分散介质。根据分散相粒子直径的大小,可以把分散系分为真溶液、胶体分散系和粗分散系(表 1-1),它们具有不同的扩散速度、膜的通透性和滤纸的通透性能。真溶液的分散相粒子小于 1nm,粗分散系分散相粒子大于 100nm,介于两者之间的是胶体分散系。

表 1-1 分散系统按分散相粒子的大小分类

分散相粒子大小	分散系统类型		分散相粒子的组成	实例
< 1nm	分子分散系统(真溶液)		低分子或小离子	NaCl、NaOH、C ₆ H ₁₂ O ₆ 等水溶液
1 ~ 100nm	胶体分散系	溶胶	胶粒(分子、离子、原子的聚集体)	氢氧化铁、硫化砷、碘化银及金、银、硫等单质溶胶
		高分子溶液	高分子	蛋白质、核酸等水溶液,橡胶的苯溶液
		缔合胶体	胶束	超过一定浓度的十二烷基硫酸钠溶液
> 100nm	粗分散系(乳状液、悬浊液)		粗粒子	乳汁、泥浆、牛奶等

分子分散系又称为真溶液,其中分散相与分散介质以分子或离子的形式彼此混溶,没有界面,是均匀的单相,分子半径大小在 10^{-9} m 以下,分散相粒子,相当于单个分子或离子的大小,如 CuSO_4 溶液。

胶体分散系是分散相粒子半径在 $10^{-9} \sim 10^{-7}$ m 之间的体系。分散相中的每一个粒子都是由许许多多分子或离子组成的集合体,比单个分子或离子要大得多。虽目测是均匀的,但实际上是多相不均匀体系。从肉眼或普通显微镜来观察胶体,与溶液一样透明,二者几乎没有区别,但在高倍显微镜下可以发现,胶体中的分散相和分散介质是不同的两相。

粗分散体系中分散相粒子大于 10^{-7} nm,目测是混浊不均匀体系,放置后会沉淀或分层。

粗分散系统包括悬浊液和乳状液。悬浊液是指分散相以固体小颗粒分散在液体中形成的多相分散系统,如黄河水、泥浆等都是悬浊液。乳状液是指分散相以小液滴分散在另一种液体中形成的多相分散系统,如牛奶、某些杀虫剂的乳化液等。

第2节 物质的溶解度

在一定条件(温度、压力)下,一定量的溶剂溶解溶质达到饱和时,所含溶质的量称为溶解度。根据工作需要,溶解度有各种不同的表示法,通常用一定温度下,100g 溶剂形成饱和溶液时所溶解溶质的质量(单位为 g)表示。如果没有指明溶剂,通常所说的溶解度就是物质在水里的溶解度。

物质溶解度的大小与很多因素有关,主要取决于溶质和溶剂的本性以及外界的温度和压力。

一、固体在液体中的溶解度

温度对固体物质溶解度的影响,可以用实验绘成的溶解度曲线来表示。用纵坐标表示溶解度,横坐标表示温度,根据物质在不同温度时溶解度数据,可以绘出溶解度随温度变化的曲线,叫做溶解度曲线。

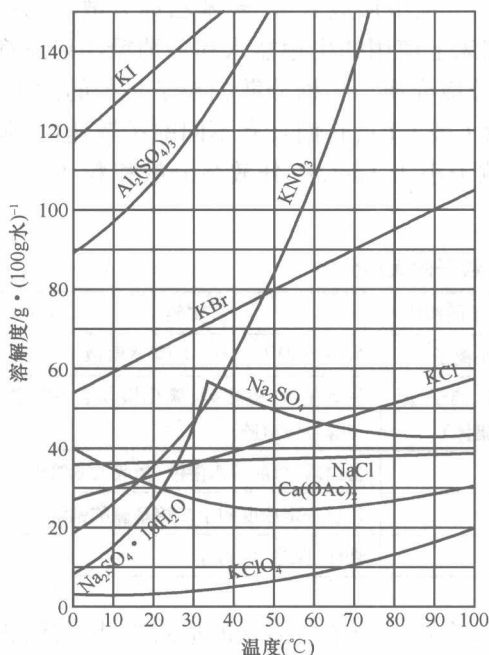


图 1-1 溶解度曲线

常见的几种固体盐类在水中的溶解度曲线见图 1-1。

从图 1-1 中可见,大多数固体物质的溶解度随温度升高而增大。极少数物质如醋酸钙的溶解度,随温度的升高反而减小。少数固体物质溶解度受温度的影响很小,如 NaCl,比较特殊的是硫酸钠的溶解度曲线,有一个转折点(约 32.4°C)。在 32.4°C 以下,与饱和溶液呈平衡的固体是含结晶水的硫酸钠 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,其溶解度随温度升高增大。而在 32.4°C 以上,与饱和溶液呈平衡的固体是无水硫酸钠 Na_2SO_4 ,其溶解度随温度上升而减小。

利用在不同温度下物质的溶解度不同这一性质,可以对物质进行提纯以除去其中杂质。在实际工作中,常将待提纯物质先加热溶解于适当的溶剂中,使其成为饱和或接近饱和的溶液,趁热滤去不溶性杂质,然后将其冷却,这时随温度降低,物质的溶解度减小,将从溶液中析出结晶,而可溶性杂质由于含量少,远未达到饱和而留在母液中。最后过滤,使析出的结晶与母液分离而得到较纯物质。此操作称为重结晶。

二、气体在液体中的溶解度

气体溶解度定义跟固体溶解度不同。由于称量气体的质量比较困难,所以气体物质的

溶解度通常用体积来表示,所以气体的溶解度是指某气体在压强为 101kPa 和一定温度时溶解在 1 体积的溶剂中达到饱和状态时的体积。表 1-2 是一些常见气体在水中的溶解度。

表 1-2 一些气体在水中的溶解度

温度/°C	O ₂	H ₂	N ₂	CO ₂	HCl	NH ₃
0	0.0489	0.0215	0.0235	1.713	507	1176
20	0.0310	0.0182	0.0155	0.878	442	702
30	0.0261	0.0170	0.0134	0.665	413	586(28°C)
35	0.0244	0.0167	0.0126	0.592	—	—

从表 1-2 可以看出,温度升高,气体的溶解度减小。相同温度下,不同的气体在水中的溶解度相差很大,这与气体及溶剂的本性有关。H₂, O₂, N₂ 等气体在水中的溶解度较小,因为这些气体在溶解过程中不与水发生化学反应,称为物理溶解。而 CO₂, HCl, NH₃ 等气体在水中的溶解度较大,因为这些气体在溶解过程中与水发生了化学反应,称为化学溶解。

气体在液体中的溶解,除与气体的本性、温度有关外,压力对气体的溶解度的影响也比较大。压力和分压的单位是帕(或帕斯卡,符号 Pa),通常用千帕(符号 kPa)表示。

1. 分压定律

混合气体的总压力等于各组分气体分压力之和。这一定律称为分压定律。这种关系可用数学式表示。

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (1-1)$$

式中, p 是混合气体的总压力, p_1, p_2, p_3 等是各组分气体的分压力。

混合气体中每一种气体的分压力,可由总压力和该气体在混合气体中所占的体积百分数或摩尔分数的乘积来计算:

$$p_1 = p \times (\% V_1) \text{ 或 } p_1 = p \times x_1 \quad (1-2)$$

式中, p 为气体总压力, $\% V_1$ 为气体 1 的体积百分数, x_1 为气体 1 的摩尔分数。

例 1-1 人的肺泡气总压力为 101.325kPa, 37°C 时,它的组成用体积百分数表示分别为: O₂ 为 13.4%, CO₂ 为 5.3%, N₂ 为 75%, H₂O(蒸汽)为 6.3%, 试求各气体在肺泡中的分压。

$$\text{解: } p_{\text{O}_2} = 101.325\text{kPa} \times 13.4\% = 13.6\text{kPa}$$

$$p_{\text{CO}_2} = 101.325\text{kPa} \times 5.3\% = 5.4\text{kPa}$$

$$p_{\text{N}_2} = 101.325\text{kPa} \times 75\% = 76.0\text{kPa}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 101.325\text{kPa} \times 6.3\% = 6.4\text{kPa}$$

2. 亨利定律

1803 年亨利(Henry)从实验中总结出一条规律,其内容是:“在一定温度下,气体溶解达到平衡时,气体在液体中的溶解度和气相中该气体的分压成正比。”这一规律称为亨利定律。可用数学式表示:

$$C = Kp \quad (1-3)$$

式中, c 为气体在液体中溶解度,一般是指 1kg 水中溶解的气体质量(克); p 为液面上气体的平衡分压; K 为常数,是该气-液体系的特征常数。

必须注意,亨利定律只适用于压力不大(一般为 202.3 ~ 303.9kPa)和溶解度很小的气体。另外,亨利定律只适用于不与溶剂发生化学反应的气体,即溶质在气相和液相中的分子状态必须相同。

例 1-2 在 0℃, 平衡压力为 303.9kPa, 氧气的溶解度为 0.2085g/1000 水, 求在同温度、平衡压力为 202.6kPa 下氧气的溶解度。

解: 由式(1-1)先求 K 值:

$$K = c/p = 0.2085/303.9 = 0.000686 (\text{g}/1000\text{g 水} \cdot \text{kPa})$$

对于一定气体和溶剂, 在一定温度下, K 是一个常数, 与气体的压力无关。在平衡压力为 202.6kPa 时, 将 K 值代入式(1-1), 则得在水中溶解度为:

$$C = Kp = 0.000686 \times 202.6 = 0.139 (\text{g}/1000\text{g 水})$$

亨利定律在医学上有许多应用实例。例如, 使用麻醉气体时, 气体的分压越大, 则它在血液中的溶解度就越大。高压氧气舱的压力为 202.6 ~ 253.25kPa, 比常压为大, 因此溶于病人血液的氧气就越多。利用亨利定律还可以解释潜水病, 潜水员在深水时, 水压压力大, 气体在人体血液中溶解度也大, 上浮时, 压力减小, 气体的溶解度也随之减小, 这时溶解在人体的氮气会形成小气泡, 影响人体血液循环甚至威胁生命。所以潜水员一般用氦空气, 因为氦气的溶解度最小, 同等压力变化下溶解度变化也小。

三、液体在液体中的溶解度

一种液体在另一种液体中的溶解有三种情况: 一是两种液体完全互溶, 如乙醇与水、甘油与水等。二是两种液体部分互溶, 如乙醚与水等。还有一种是两种液体完全不溶, 如苯与水、四氯化碳与水等。

将两种互不混溶的液体放在同一容器中, 就会分成两相, 密度大的一相位于下层, 密度小的一相位于上层。在一定温度下, 一种溶质在相互接触的两种互不混溶的溶剂中, 溶解达平衡时, 溶质在两相中的浓度比是一个常数, 这一定律称为分配定律。表示如下式:

$$c_A/c_B = K \quad (1-4)$$

式中, c_A 、 c_B 分别表示溶质在溶剂 A、B 中的浓度; 常数 K 称为分配系数, 它与溶质和溶剂的本性、温度及压力有关。

例如, 将水和四氯化碳放在一起, 加入少量碘, 碘微溶于水、溶于四氯化碳。在这两种液体中的溶解度差别很大。当温度一定时, 水中碘的浓度与四氯化碳中碘的浓度比是一个常数。

表 1-3 碘在四氯化碳和水中分配情况

$c_B(\text{I}_2 \text{ 在 } \text{CCl}_4 \text{ 中})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$c_A(\text{I}_2 \text{ 在 } \text{H}_2\text{O} \text{ 中})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$c_A/c_B = K$
0.02	0.00023	0.0115
0.04	0.00046	0.0115
0.06	0.000702	0.0117
0.08	0.000928	0.0116

利用化合物在两种互不相溶或(微溶)的溶剂中溶解度或分配系数的不同, 使化合物从一种溶剂内转移到另外一种溶剂中, 这个过程称为萃取。萃取是一种常用的有效的提纯、分离技术。

第 3 节 溶液的组成量度及计算

溶液是由溶质和溶剂组成的, 溶液的性质常常与溶液中溶质和溶剂的相对含量有关。

给病人输液或用药时,必须规定药液的量度和用量。因为如果药液过稀,就不会产生明显的疗效,但药液过浓反而对人体有害,甚至会危及病员的生命安全。

溶液的组成标度是用来表示一定量的溶剂或溶液中所含溶质的量。其表示方法有许多种,医学中常用的有以下几种。

一、物质的量浓度

溶液中某溶质 B 的物质的量浓度,简称 B 的浓度,用符号 c_B 或 $[B]$ 表示。它的定义是

$$c_B = n_B / V \quad (1-5)$$

n_B 可通过 B 的质量 (m_B) 和摩尔质量 (M_B) 求算,即:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-6)$$

式(1-5)中: c_B 的SI单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,医学中常用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。式中, n_B 是溶质 B 的物质的量,其单位是摩尔(mol); V 是溶液的体积,单位用升(L)表示。

例 1-3 100ml 正常人血清中含 10.0mgCa^{2+} ,计算血清中 Ca^{2+} 的浓度。

解:根据式(1-5)及式(1-6)得:

$$c_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{V} = \frac{m_{\text{Ca}^{2+}}}{M_{\text{Ca}^{2+}} V} = \frac{10.0 \times 10^{-3}}{40.0 \times 100 \times 10^{-3}} = 2.50 \times 10^{-3} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

在计算 c_B 时,应指明基本单元。同一溶液,若溶质选取的基本单元不同,其物质的量浓度也不同。例如, H_2SO_4 的物质的量浓度 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,若选取 $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$ 为基本单元,则 $c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。括号中的符号表示物质的基本单元。

二、质量浓度

物质 B 的质量浓度表示符号为 ρ_B ,定义为溶质 B 的质量 (m_B) 除以溶液的体积 (V),即:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-7)$$

式中, ρ_B 的SI单位为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,医学中常用 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。

在临床生化检验中,凡是已知 M_B 的物质在体液内的组成标度,原则上均应用 c_B 表示;对于 M_B 未知或尚未准确测得的物质,则可用 ρ_B 表示。例如:人体血液葡萄糖含量正常值,过去习惯表示为 $70 \sim 100\text{mg}\%$,意为每 100ml 血液含葡萄糖 $70 \sim 100\text{mg}$,按法定计量单位应表示为 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3.9 \sim 5.6\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。世界卫生组织提议:在注射液的标签上应同时写明 ρ_B 和 c_B 。如静脉注射用氯化钠溶液, $\rho_{\text{NaCl}} = 9\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $c_{\text{NaCl}} = 0.15\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

ρ_B 与 c_B 之间的换算关系为:

$$\rho_B = c_B \cdot M_B \quad (1-8)$$

例 1-4 100ml 生理盐水中含 NaCl 0.9g,计算生理盐水的质量浓度和物质的量浓度。

解:根据式(1-7)得:

$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{0.9}{100 \times 10^{-3}} = 9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

根据式(1-8)得:

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{\rho_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}}} = \frac{9.0}{58.5} = 0.15\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

三、质量分数

物质 B 的质量分数表示符号为 ω_B , 定义为物质 B 的质量 (m_B) 与溶液的总质量 (m) 之比, 即:

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-9)$$

式中, ω_B 的量纲为一, 即单位为 1, 其值可用小数或百分数表示。使用时物质 B 和溶液的质量单位必须相同。如市售浓盐酸中 HCl 的质量分数为 0.37 或 37%。

例 1-5 将 500g 蔗糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 和 300g 水, 加热配制成糖浆, 计算该糖浆中蔗糖的质量分数。

解: 根据式 (1-9) 得: $\omega_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{m_{C_{12}H_{22}O_{11}}}{m} = \frac{500}{500 + 300} = 0.625$

ω_B 是以质量表征溶液的物理量, 若与 C_B (以体积表征溶液的物理量) 进行换算时, 需借助可以给出溶液质量和体积关系的物理量——密度 (ρ), 密度值可直接测定, 也可查阅有关手册。但一定要注意密度 (ρ) 和质量浓度 ρ_B 的区别。

例 1-6 市售浓硫酸的密度为 $1.84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, H_2SO_4 的质量分数为 98%。计算 $c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ 为多少 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$?

解: 设溶液体积为 V 升, 根据式 (1-5) 及式 (1-6) 得: $c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B V}$

而 $m_B = V\rho\omega_B$

所以 $c_B = \frac{m_B}{M_B V} = \frac{V\rho\omega_B}{M_B V} = \frac{\rho\omega_B}{M_B}$

将 $\rho = 1.84 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\omega_B = 98\%$, $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

代入上式得:

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1.84 \times 10^3 \times 98\%}{98} = 18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

四、体积分数

物质 B 的体积分数表示符号为 φ_B , 定义为相同温度和压力时, B 的体积 (V_B) 与溶液总体积 (V) 之比, 即:

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1-10)$$

式中, φ_B 的量纲为一, 即单位为 1, 其值也可用小数或百分数表示。如临床用消毒乙醇溶液中 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 的体积分数为 0.75 或 75%。

φ_B 常用于溶质为液体的溶液, 近似计算时忽略混合过程产生的体积变化。

例 1-7 配制 500ml 消毒用乙醇溶液 ($\varphi_B = 0.75$), 需无水乙醇多少毫升?

解: 根据式 (1-10) 得:

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

量取无水乙醇 375ml, 用水稀释至 500ml 即可制得消毒用乙醇溶液。

第4节 溶液的渗透压力

渗透现象是自然界的一种普遍现象,它对我们的生产、生活及人体保持正常的生理功能有着十分重要的意义。人在淡水中游泳,会觉得眼球胀痛;施过化肥的农作物,要立即浇水,否则化肥会“烧死”植物;淡水鱼和海水鱼不能互换生活环境;因失水而发蔫的花草,浇水后又可重新复原,临床补液应遵守“等渗原则”等等这些现象都和渗透现象有关。

下面讨论渗透现象的基本原理、渗透压力及其在医学上的意义。

一、渗透现象和渗透压

在一杯清水中加入少量浓糖水,过一会儿整杯水都有甜味,最后得到浓度均匀的糖水。这是由于溶质分子和溶剂分子相互扩散的结果。两种不同浓度的溶液相互接触时,也会发生扩散现象,最后形成浓度均匀的溶液。扩散现象发生的动力是由于存在浓度差。扩散的目的是消除浓度差,达到浓度均衡。

如果将蔗糖水溶液与水用半透膜隔开(图 1-2 甲),一开始使膜内和膜外液面相平,静置一段时间后,会有什么现象发生呢?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。常用半透膜有肠衣、膀胱膜、火棉胶膜、玻璃纸及羊皮纸等,机体内的细胞膜、毛细血管壁等都是半透膜,不同的半透膜通透性不同。上面实验中所用的半透膜只允许溶剂水分子透过,而溶质蔗糖分子却不能透过,这种半透膜称为理想半透膜。

当用半透膜蔗糖水溶液与水隔开(图 1-2 甲),一开始膜内和膜外液面相平,一段时间以后,可以看到膜内溶液的液面不断上升(图 1-2 乙),说明水分子不断地透过半透膜进入溶液中。不同浓度的两种溶液被半透膜隔开时也有渗透现象发生。

这种溶剂分子透过半透膜,自动由纯溶剂一方扩散进入溶液,或由较稀溶液扩散进入较浓溶液的现象,称为渗透现象(osmosis)。

上述渗透现象产生的原因是蔗糖分子不能透过半透膜,而水分子却可以自由通过半透膜。由于膜两侧单位体积内水分子数目不等,水分子在单位时间内从纯水(或稀溶液)进入蔗糖溶液的数目,要比蔗糖溶液中水分子在同一时间内进入纯水(或稀溶液)的数目多,因而产生了渗透现象。图 1-2 是渗透过程的示意图,图中 $v_{\text{入}}$ 表示水分子进入半透膜内的速度, $v_{\text{出}}$ 表示膜内水分子透出到膜外的速度。图 1-2 甲表示渗透刚开始,图 1-2 乙表示渗透不

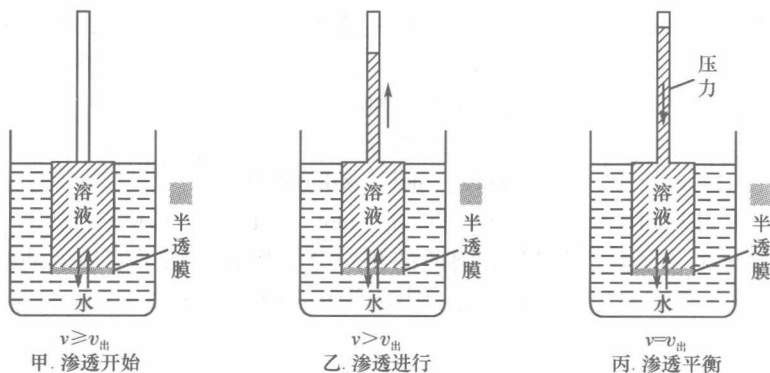


图 1-2 渗透过程的示意图