



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学

(供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用)

■ 主 编 张欣荣 阎 芳
■ 副主编 刘毅敏 吴 红 唐中坤



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学

(供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用)

主 编 张欣荣 阎 芳
副主编 刘毅敏 吴 红 唐中坤

高等教育出版社

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书由第二军医大学、第三军医大学、第四军医大学、潍坊医学院、南方医科大学、青岛大学医学院、白求恩军医学院七所医学院校联合编写而成。教材共分14章,主要介绍高等医学教育所需的溶液理论(第二、三、四章),物理化学原理(第五、六、七、八章),物质结构基础知识(第九、十、十一章),常见化学分析方法(第十二、十三章)等化学知识。本书采用国家标准(GB 3100~3102—1993)规定的法定计量单位,选用规范名词术语,注意与后续相关课程的衔接。力求文字简明扼要、确切易懂、条理清楚、循序渐进。

本书为适合于临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业使用的医用基础化学教材。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/张欣荣,阎芳主编. —北京:高等教育出版社,2007.7

(供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用)

ISBN 978-7-04-021805-3

I. 基… II. ①张…②阎… III. 化学—医学院校—教材 IV. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第072078号

策划编辑 郭新华 责任编辑 董淑静 封面设计 于文燕
责任绘图 郝林 版式设计 王艳红 责任校对 王效珍
责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×960 1/16	版次	2007年7月第1版
印张	22	印次	2007年7月第1次印刷
字数	410 000	定价	25.90元
插图	1		

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 21805-00

编写委员会名单

主 编 张欣荣 阎 芳

副主编 刘毅敏 吴 红 唐中坤

编 者 (按照姓氏字母顺序排列)

陈殿军(潍坊医学院)

姜 茹(第四军医大学)

刘毅敏(第三军医大学)

刘 坤(青岛大学医学院)

刘小宇(第二军医大学)

唐中坤(南方医科大学)

吴 红(第四军医大学)

王希军(白求恩军医学院)

王学东(潍坊医学院)

杨 峰(第二军医大学)

游文玮(南方医科大学)

赵先英(第三军医大学)

前 言

基础化学是医学本科生必修的专业基础课程,其内容是根据医学专业的特点选定的,主要包括四个板块的基本理论、基础知识和在医学上的应用。第一板块是溶液理论(第二至四章,主要包括稀溶液的依数性、电解质溶液、缓冲溶液、沉淀溶解平衡等基础知识及其临床医用);第二板块是物理化学基本原理(第五至八章,主要讨论化学反应方向、限度、速率,电化学,胶体化学等化学反应规律及其应用);第三板块是物质结构与性质的关系(第九至十一章,主要讨论原子结构、分子结构、酸位化合物等物质结构与性质的关系);第四板块是分析化学基础(第十二、十三章,包括滴定分析和常见仪器分析方法等)。本书的章节编排顺序,编者认为更有利于教学内容的板块化和教学质量控制的模块化,但各院校任课教师在使用本教材时,在保证课程基本要求的前提下,对内容、章节顺序可根据自己的情况斟酌取舍和自行调整。

本书有关的化学名词采用全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》(科学出版社,1991年)所推荐的名称;量和单位按照国家标准 GB 3100~3102—1993 所规定的符号和单位。

本书参考学时为 50~70 学时,共分 14 章,建议学时:绪论 2 学时,溶液 4~6 学时,酸碱解离平衡和缓冲溶液 4~6 学时,难溶强电解质溶液的沉淀溶解平衡 2~4 学时,化学热力学基础 6~8 学时,化学动力学基础 4~6 学时,氧化还原反应和电极电势 4~6 学时,胶体分散系 4 学时,原子结构和元素周期律 4~6 学时,分子结构 4~6 学时,配位化合物 4 学时,滴定分析 4~6 学时,常用仪器分析方法概论 4~6 学时,人体中的化学元素作为参考读物。本教材可供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业的本科生使用。

限于编者水平有限,本书虽经多次修改,仍难免有错误和不当之处,恳切希望专家、同行及使用本书的教师和同学对书中不妥之处给予批评指正,编者将不胜感激。

编 者

2007.1.20

目 录

第一章 绪论	1	第三节 酸碱理论	31
第一节 医用基础化学概述	1	一、酸碱质子理论	31
一、化学与生物科学的联系	1	二、酸碱电子理论	36
二、医用基础化学的任务 与作用	2	第四节 水的解离平衡和溶液 的 pH	36
三、怎样学好医用基础化学	3	一、水的解离平衡	36
第二节 SI 和法定计量单位	4	二、溶液的 pH	37
第二章 溶液	6	第五节 缓冲溶液	42
第一节 溶液的组成标度	6	一、缓冲溶液的组成和作用 机制	42
一、物质的量和物质的量浓度	6	二、缓冲溶液的 pH 计算	43
二、质量摩尔浓度	7	三、缓冲容量和缓冲范围	45
三、摩尔分数	7	四、缓冲溶液的配制	46
四、质量分数	8	五、缓冲溶液在医学上的 意义	47
五、质量浓度	8	第四章 难溶强电解质溶液 的沉淀溶解平衡	50
第二节 稀溶液的依数性	8	第一节 溶度积原理	50
一、溶液的蒸气压下降	9	一、标准溶度积常数及其与沉淀 溶解度的关系	50
二、溶液的沸点升高	11	二、溶度积规则	54
三、溶液的凝固点降低	12	第二节 沉淀反应的利用与 控制	54
四、溶液的渗透压	14	一、沉淀的生成	55
第三章 酸碱解离平衡和 缓冲溶液	22	二、沉淀的溶解	56
第一节 强电解质溶液	22	三、沉淀的转化	57
一、强电解质溶液	22	四、分步沉淀	58
二、离子的活度和活度因子	23	第三节 生物矿化现象	58
三、离子强度	25	一、骨骼的形成与龋齿的产生	59
第二节 弱电解质溶液	26		
一、弱电解质的解离平衡	26		
二、弱电解质解离平衡的 移动	29		

二、尿结石的形成	61	方法	94
第五章 化学热力学		一、以反应进度随时间的变化率	
基础	64	定义的反应速率	94
第一节 热力学的一些基本概念		二、以反应物或产物浓度随时间的	
和术语	64	变化率定义的反应速率	95
一、体系和环境	64	三、平均速率和瞬时速率	95
二、状态和状态函数	65	第二节 化学反应速率理论	97
三、过程和途径	66	一、碰撞理论与活化能	97
四、热和功	66	二、过渡状态理论	98
第二节 热力学第一定律和		第三节 浓度对化学反应速率	
热化学	68	的影响	99
一、热力学第一定律	68	一、元反应和复合反应	99
二、化学反应的热效应和热化学		二、质量作用定律	99
方程式	69	三、反应分子数与反应级数	100
三、Hess 定律和反应热的		四、简单级数的反应速率	
计算	72	方程	101
第三节 熵和 Gibbs 自由能	76	第四节 温度对反应速率	
一、自发过程及其特征	76	的影响	105
二、反应热与化学反应的		一、van't Hoff 规则	106
方向	77	二、Arrhenius 方程	106
三、熵变与化学反应的方向	77	第五节 催化剂对反应速率	
四、化学反应自发性与 Gibbs		的影响	109
自由能	78	一、催化剂和催化作用	109
第四节 标准平衡常数和化学		二、催化作用理论	109
反应的限度	81	三、生物催化剂——酶	110
一、反应商与标准平衡常数	81	第六节 药物代谢动力学简介	111
二、判断化学反应的方向		一、体内过程	111
和限度	84	二、速率过程	113
三、化学平衡的移动	84	第七章 氧化还原反应和	
第五节 非平衡体系热力学		电极电势	117
简介	86	第一节 氧化还原反应的实质	117
一、耗散结构	86	一、氧化值	117
二、生物进化的热力学解释	91	二、氧化还原电对	118
第六章 化学动力学基础	94	第二节 原电池	119
第一节 化学反应速率的表示		一、原电池与电极	119

二、电池的书写方式	121	第四节 高分子化合物溶液	
三、常见电极类型	121	与凝胶	158
第三节 电极电势和原电池的		一、高分子化合物的结构特点	
电动势	123	与稳定性	158
一、电极电势的产生	123	二、高分子化合物对溶胶的保护	
二、原电池的电动势	123	作用	159
三、电极电势的测定	124	三、高分子溶液的渗透压和膜	
四、电池电动势与 Gibbs		平衡	160
自由能	125	四、凝胶	162
五、影响电极电势的因素——		第五节 胶体化学与医学	163
Nernst 方程	126	第九章 原子结构和元素	
六、电极电势的应用	128	周期律	166
第四节 电势法测定溶液的		第一节 微观粒子的特征	166
pH	132	一、氢原子光谱和 Bohr	
一、电势法测定溶液的 pH	132	理论	167
二、指示电极	133	二、微观粒子的波粒二象性与	
三、参比电极	134	不确定原理	169
四、电势法测定溶液的 pH	135	第二节 核外电子运动状态的	
第五节 生物传感器	136	描述	171
一、传感器工作原理	136	一、波函数和原子轨道	171
二、生物传感器概述	136	二、量子数及其物理意义	172
三、生物传感器应用实例	138	三、原子轨道和电子云的角度	
第八章 胶体分散系	141	分布和径向分布	173
第一节 分散系概述	141	第三节 多电子原子的核外电子	
一、分散系的分类	141	排布	178
二、胶体分散系	142	一、屏蔽效应和钻穿效应	178
第二节 表面现象	143	二、多电子原子轨道的能级	180
一、表面积与表面 Gibbs 能	143	三、基态原子的核外电子	
二、表面活性剂	146	排布	182
三、乳化作用	148	第四节 元素周期表与元素性质	
第三节 溶胶	149	的周期性	183
一、溶胶的基本性质	149	一、元素周期表	183
二、溶胶的稳定性与聚沉	154	二、元素性质的周期性	185
三、溶胶的制备和净化	156	第十章 分子结构	192
四、气溶胶	157	第一节 离子键	192
		一、离子键的形成与特点	192

二、离子的电荷、电子构型和半径	193	三、滴定分析的计算	249
第二节 共价键	194	第二节 分析结果的误差和有效数字	250
一、经典 Lewis 学说	194	一、误差产生的原因和分类	250
二、现代价键理论	195	二、准确度与精密度	251
三、杂化轨道理论	200	三、提高分析结果准确度的方法	252
四、价层电子对互斥理论	203	四、有效数字及其运算规则	253
五、分子轨道理论简介	205	第三节 酸碱滴定法	254
第三节 分子间作用力和氢键	211	一、酸碱指示剂	254
一、分子的极性	211	二、滴定曲线与指示剂的选择	256
二、分子间的作用力	212	三、酸碱标准溶液的配制与标定	261
三、氢键	215	四、酸碱滴定法的应用实例	262
第十一章 配位化合物	220	第四节 氧化还原滴定法	263
第一节 配位化合物概述	220	一、概述	263
一、配合物的组成	221	二、高锰酸钾法	263
二、配合物的命名	224	三、碘量法	265
三、配合物的异构现象	225	第五节 配位滴定法	266
第二节 配合物的化学键理论	228	一、EDTA 配位滴定的基本原理	267
一、配合物的价键理论	228	二、EDTA 配位滴定应用示例——水的总硬度测定	270
二、晶体场理论简介	231	第十三章 常用仪器分析方法	
第三节 配合物的解离平衡	236	概论	273
一、配合物的平衡常数	236	第一节 电势分析法	273
二、配位平衡的移动	239	一、电势分析法概述	273
第四节 螯合物和生物配合物	240	二、离子选择性电极	274
一、螯合物的结构特点及螯合效应	241	三、直接电势法	275
二、影响螯合物稳定性的因素	241	四、电势滴定法	276
三、生物配合物	242	第二节 光度分析法	277
第五节 配合物在医学上的应用	244	一、紫外-可见分光光度法	277
第十二章 滴定分析	247	二、原子吸收分光光度法	284
第一节 滴定分析概述	247	第三节 色谱分析法	286
一、滴定分析的方法和特点	247		
二、滴定分析法的操作程序	248		

一、色谱分析法概述	286	四、有效和特异性的进化 规则	312
二、气相色谱法	293	第三节 生物无机化学简介	313
三、高效液相色谱法	295	一、新兴的边缘学科——生物 无机化学	313
四、毛细管电泳法	298	二、生物无机化学在发展中的 研究课题	313
第十四章 人体中的化学		附录	317
元素	302	附录一 标准溶度积常数 (298 K)	317
第一节 人体元素组成	302	附录二 一些物质的基本热力学 数据	318
一、必需元素和非必需 元素	302	附录三 常见氧化还原电对的标准 电极电势表(298 K)	322
二、人体必需元素的理化性质和 生理功能	304	附录四 常见配合物的标准稳定 常数	323
三、环境污染对人体健康的 影响	309	汉英索引	325
第二节 元素的选择与演化	310		
一、丰度规则和生物可利用 规则	310		
二、有效规则	312		
三、基本适宜规则	312		

第一章 绪 论

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的一门基础学科。是自然科学的一个分支。

化学学科的发展在人类日常生活的各个方面都发挥着重要作用,与人类的文明进程息息相关。

从古代开始人们就有了与化学相关的生产实践,例如制陶、金属冶炼、火药的应用等。当今世界化学更是与国民经济各部门、人民的衣食住行各方面密切相关。目前国际上最关注的几个重大问题,例如环境保护、能源的开发利用、功能材料的研究、生命现象奥秘的探索都与化学紧密相关。

第一节 医用基础化学概述

一、化学与生物科学的联系

20 世纪,有两种物质的发现对于人类的健康和寿命产生了巨大影响。一种是维生素(vitamin),1911 年由波兰化学家 Casmir Fank 在谷物中发现,当时他拿它来治脚气,后来人们确定了它的结构,明确了它在体内的作用机制。随后,在诸如蔬菜、水果等食物中不断发现并分离出新的维生素,并逐渐了解了缺乏特定维生素与特定疾病之间的关系,这些工作无不与化学的分离和确定结构的技术有关系。可以说,20 世纪维生素的发展史见证了医学受化学的影响之深,收益之大。从 1920 年到 1960 年,至少有 13 次 Nobel 奖的颁发与维生素的分离有关,有的是化学奖,有的是医学奖。而 20 世纪,对人类健康产生巨大影响的另外一种物质则是 1928 年由 Alesander Fleming 在一次偶然的实验中发现的第一代抗生素盘尼西林(Penicillin)。尽管盘尼西林的发现者应属 Fleming,但由于他化学底子比较薄,一直没有解决好富集、浓缩盘尼西林的技术问题。后来牛津大学化学家 Florey 和 E. B. Chain 解决了这个技术问题,才使得盘尼西林真正成为人类的良药。由于盘尼西林等抗生素的出现,人类长期以来束手无策的肺炎、梅毒、猩红热等都药到病除。后来他们三人都获得了 Nobel 奖。

现代医学与化学的联系更为密切。人类已经开始从分子、原子乃至量子的水平来认识疾病的致病机理、遗传和治理措施。由于量子化学近似法和计算机技术的快速发展,对于核酸、蛋白质等生物体重要组成物质大分子的高度近似处理将成为可能,进而使得现代医学向着量子生物学的水平发展。化学家和生物学家联手证明了作为遗传因子的基因就是脱氧核糖核酸分子(DNA)。现在人们可以用更先进的化学方法测定基因的分子结构,并通过改变这些结构制造出不同的基因。这些成就将为人类抵抗遗传性疾病及恶性肿瘤等目前无法治愈的疾病提供可靠的方法。

可以说,人体的进化和生命过程都是无数化学变化的综合体现。自古以来,关于生命起源的学说很多,但得到现代科学实验强有力支持的就只有“化学进化学说”。因为生命体是由有机物组成的,所以化学进化学说认为,生命是化学反应的产物,也就是说,简单的无机物发生化学反应生成了简单的有机物,简单的有机物进一步发生化学反应生成了高分子化合物,高分子化合物进一步发生化学反应生成了简单的生命体。这些简单的生命体就是最初的生命,它具备了最简单的代谢和繁殖功能,这些就是生命属性的基本特征。虽然这种最低级的生命形式比今天最简单的微生物还要简单得多,但它们都是靠自然选择进化,成为各种各样的生命体。

为了证明化学进化学说,历代科学家做了辛勤的工作,取得了可喜的成就。美国科学家 Stanley Miller 在 1952 年做了一个著名的实验。他在实验室中模拟原始地球的大气成分和电闪雷鸣的自然环境,将甲烷、氨气、氢气、水蒸气等泵入密闭容器,进行连续一个星期的火花放电,得到了组成生命不可缺少的蛋白质原料——氨基酸。随后 50 多年中,科学家们利用类似 Miller 实验的条件,合成出了许多被认为与生命起源有关的有机物质。这些实验结果对于生命起源的化学进化学说给予了有力的支持。

1965 年 9 月 17 日,我国科学家用没有生命的简单的有机物合成了具有生命活性的结晶牛胰岛素!这一成果为人类做出了划时代的贡献,同时也对生命的化学进化学说提供了有力的支持。

在研究生物体的物质基础和生命活动基本规律的领域里,化学不仅提供方法和材料,而且在提供理论、观点、技术等方面发挥着重要作用。

二、医用基础化学的任务与作用

医用基础化学主要介绍高等医学教育所需的溶液理论、物理化学原理、物质结构基础知识、容量分析和仪器分析方法等化学知识。作为医科大学的基础课,医用基础化学课担负着为医学基础课程如生物化学、生理学、药理学、卫生学等打好基础的任务。

扎实的化学及其他理工科基础,是从事现代生命科学研究所必需的。现代医学的发展越来越突破传统和经典的生物学范畴,形成多学科的交叉。学习医用基础化学的目的并不单纯是为后续课程作铺垫,或者说为了学好生化、生理、药理等医学课程才学化学,而是整体知识体系的基本积累,是一种从化学的角度进行科学思维和科学研究的基本手段和方法的综合素质训练,是从中学到大学转变和适应的过程中知识、能力和素质的共同提高。在学习过程中可能会发现有许多基础知识,虽然表面上找不到与医学的直接联系,但这些知识却是今后搞生物医学研究的重要基石。

在化学发展史上,化学工作者把所搜集的大量事实和实验现象加以整理、比较、分析归纳,找出其中的规律,用简明的词句加以概括,提出一个理论模型(或称之为假说),再经实践反复证实,或在实践中不断修正,才成为定律、学说和理论。在这个过程中,每一个新的学说都是化学发展的一座里程碑,但也并不是说这些学说已经很完美。例如,酸碱理论的发展过程就经历了 1889 年 S. A. Arrhenius 的电离理论,1905 年 E. C. Franklin 的溶剂理论,1923 年 J. N. Bronsted 的质子理论,同年 G. N. Lewis 的电子理论以及 1960 年 R. G. Pearson 提出的由电子理论发展而来的软硬酸碱学说。在本课程及今后的学习中,还会遇到许多这样的过程,应学会用辩证唯物主义发展的眼光来看待这个认识不断完善的过程。

绝大部分经典化学结论来源于实验,在学习本课程时,要求重视实验课,通过实验确立化学的基本概念,通过经典方法的训练,正确掌握化学实验的基本操作技能及常用仪器的使用方法,培养严谨的科学态度,进而灵活运用,提高综合分析问题、解决问题的能力。

三、怎样学好医用基础化学

医用基础化学提炼和融会了高等医学教育所需的化学基础知识和基本理论,其特点是内容紧凑、覆盖面广。课程的安排较之中学时代有较大的差异,因此,不应该在大学学习阶段仍抱着中学时代的学习方法不放,而是应该尽快地建立一套能够适应大学阶段学习的更科学的学习方法。大学学习和中学学习最主要的区别在于,大学学习对于学生独立思考、分析问题、解决问题的能力要求提高了。所以要求学生努力提高学习的主动性和自觉性。

要提高听课效率,首先要养成课前预习的好习惯。在每一章教学之前,最好通读浏览一下整章内容,以求对这章全貌有一个初步的认识。预习过程中找出教材中的疑、难点和重点内容,以便在课堂上能够有的放矢地集中精力去听懂那些疑、难点和重点内容。

听课时要紧跟老师的思路,积极思考产生共鸣。要注意老师提出问题、分析

问题和解决问题的思想方法,从中得到启发。听课时还应适当地记笔记。也就是说有选择、有侧重地记录讲课的内容,以备复习回味和深入思考。

课后的复习是消化和掌握所学知识的重要过程。本门课程的特点是理论性比较强,有些概念比较抽象,并不是一听就懂,一看就会的,一定要通过课后反复地阅读和思考才能加深理解、掌握其实质。复习时应该对课堂上学到的内容进行分析对比、联系归纳、及时小结。这样做才能搞清弄懂基本概念、基本原理和方法以及各公式的应用条件和使用范围。做到熟练掌握、灵活运用、融会贯通。

大学阶段的学习应以自主学习为主。课堂授课和教材内容的学习只是把你引进门,课后应根据自己的兴趣特长多阅读参考文献书刊,通过网络获取最新信息,进一步扩大知识面,活跃思想,培养自身的综合能力和创造精神。

第二节 SI 和法定计量单位

化学中的计算需要一种统一的单位制,以避免繁琐的换算,明确化学反应中的定量关系。1960年国际计量会议建议用米·千克·秒制为基础,建立了国际单位制(SI),目前在国际上已普遍采用。

我国从1984年开始全面推行以国际单位制为基础的法定计量单位。一切属于国际单位制的单位都是我国的法定计量单位。根据我国的实际情况,在法定计量单位中还明确规定采用了若干可与国际单位制并用的非国际单位制单位。本书附录一收录了可与国际单位制并用的我国法定计量单位。法定计量单位是适合于当今我国文化教育、经济建设以及科学技术各个领域的简单、科学、实用、先进的计量单位体系。为了在各学科中具体地、正确地使用国家法定计量单位,“全国量和单位标准化技术委员会”于1983年制定了有关量和单位的15项国家标准,即GB(GB是汉语拼音Guojia Biaozhun的缩写)。后经1986年和1993年两次修订。这套新标准的代号是GB 3100~3102—1993,于1994年7月1日开始实施。它是我国非常重要的基础性强制标准。本书所用量和单位均遵照这套标准编写。

我国现行法定计量单位(国家标准GB 3100~3102量和单位)包括:

- (1) SI基本单位(m, kg, s, A, K, mol, cd)。
- (2) SI导出单位。
- (3) SI单位的倍数单位。
- (4) 可与SI单位并用的我国法定计量单位。常见的有时间 min, h, d; 质量 t(吨)、u(原子质量单位); 体积 L(升); 能量 eV(电子伏)等。

在法定单位的基础上制定和颁布了不同专业系列量和单位的国家标准,在“物理化学和分子物理学的量和单位”(GB 3102. 8—1993)中,规定了化学中常

用的量的名称、符号、定义。

在医学领域施行法定计量单位,对于加强医药学计量的准确性和规范化具有重要意义。为此,全国各医学学术机构和专业期刊都相继提出了采用法定计量单位的明确要求。医用基础化学作为医学基础课,担负着培养学生正确使用法定计量单位的任务。

参 考 文 献

- [1] 傅献彩. 大学化学,上册. 北京:高等教育出版社,2005.
- [2] 许善锦. 无机化学. 3版. 北京:人民卫生出版社,2000.
- [3] 魏祖期. 基础化学. 5版. 北京:人民卫生出版社,2004.
- [4] Goldberg D E. Fundamentals of Chemistry, McGraw-Hill Higher Education, 2001.

习 题

1. 指出下列哪些单位属于 SI 单位,哪些不是。

时间单位 min, 能量单位 J, 体积单位 L, 质量单位 μg , 长度单位 nm, 温度单位 $^{\circ}\text{C}$

2. SI 的基本单位有几个?

3. 我国的法定计量单位和 SI 单位有什么联系和不同?

(1-1)

$$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

(2-2)

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

第二章 溶 液

溶液(solution)是由一种以上物质组成的分散系统。溶液与生命过程的关系非常密切,例如人体的体液就是溶液,物质的消化、吸收、转运和排泄都离不开溶液。

第一节 溶液的组成标度

所谓溶液的组成标度(composition scales)是指在一定量溶液或溶剂中所含有的特定组分的量。溶液组成标度的表达形式很多,这里主要介绍物质的量浓度、质量摩尔浓度、摩尔分数、质量分数和质量浓度等几种常用的表示法。

一、物质的量和物质的量浓度

物质的量(amount of substance)是表示物质数量的基本物理量。用符号 n_B 表示,其基本单位是摩尔(mole),单位符号为 mol。物质 B 的物质的量可以通过物质 B 的质量 m_B 和摩尔质量 M_B 求算,即

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (2-1)$$

物质 B 的物质的量浓度(amount-of-substance concentration)定义为:物质 B 的物质的量 n_B 除以混合物(或溶液)的体积 V ,常用符号 c_B 表示,即

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

物质的量浓度的 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,医学上也常以 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 为单位。

物质的量浓度可以简称浓度,使用物质的量浓度时应指明基本单元(elementary entity)。基本单元可以是原子、分子、离子、电子等粒子,也可以是这些粒子的特定组合。例如,可以分别选择 H , H_2 , H_2O , $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$, $\frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}$, $(\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 等作为基本单元。因此,当说到物质 B 的物质的量 n_B 时,也必须注明基本单元。例如, $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$, $n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。

例 2-1 正常人 100 mL 血清中含 Ca^{2+} 100 mg, 计算 Ca^{2+} 的物质的量浓度。

解: Ca^{2+} 的摩尔质量为 $40.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

$$\begin{aligned} c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{100 \text{ mg}}{40.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \times 0.1 \text{ L}} \\ &= 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

二、质量摩尔浓度

质量摩尔浓度(molality)定义为单位质量溶剂中含有溶质 B 的物质的量。符号为 b_{B} , 单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 表示为

$$b_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{m} \quad (2-3)$$

式中: n_{B} 为溶质 B 的物质的量; m 为溶剂的质量。对于极稀的溶液, 物质的量浓度与质量摩尔浓度在数值上近似相等。

三、摩尔分数

摩尔分数(mole fraction)也称为物质的量分数, 它表示某物质的物质的量与混合物的总物质的量之比, 常用符号 x 来表示, 是单位为 1 的量。设某溶液由溶质 B 和溶剂 A 组成, 则溶质 B 的摩尔分数为

$$x_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (2-4)$$

式中: n_{B} 表示溶质 B 的物质的量; n_{A} 表示溶剂 A 的物质的量。同理, 溶剂 A 的摩尔分数为

$$x_{\text{A}} = \frac{n_{\text{A}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (2-5)$$

显然, $x_{\text{A}} + x_{\text{B}} = 1$, 即溶液中各物质的摩尔分数之和等于 1。

例 2-2 将 30 g 尿素 $\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\}$ 溶于 1 L 纯水中配成溶液, 计算该溶液中尿素的摩尔分数(水的密度为 $1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)。

解: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的摩尔质量为 $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, H_2O 的摩尔质量是 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$\begin{aligned} n\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\} &= \frac{30 \text{ g}}{60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{1 \text{ L} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 55.5 \text{ mol} \end{aligned}$$

故 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的摩尔分数为

$$\begin{aligned} x\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\} &= \frac{n\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\}}{n\{\text{CO}(\text{NH}_2)_2\} + n(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ mol} + 55.5 \text{ mol}} = 0.0089 \end{aligned}$$