

面向21世纪课程教材·供医学类各专业用

基础化学

主编 姚素梅 副主编 郭秀玲



 海洋出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础化学/姚素梅主编. —北京: 海洋出版社. 2006. 9

ISBN 7-5027-6664-2

I. 基… II. 姚… III. 化学—医学院校—教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 104252 号

责任编辑: 阎 安

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

郑州市毛庄印刷厂印制 新华书店发行所经销

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 16.25

字数: 440 千字 印数: 1—3500 册

定价: 30.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

基础化学是医学类各专业的一门重要基础课。为了提高教学质量,培养高素质的医学人才和加强 21 世纪教材建设,根据河南大学“十一五”教材规划和基础化学课程教学大纲的要求,结合教学计划的安排及教学实践,我们编写了这本具有思想性、科学性、先进性、启发性和适用性的基础化学教材。

本教材编写的主导思想是:面向未来、面向世界,面向医学现代化。在编写过程中,主要体现在以下几点:

1. 体现课程教学的基本要求,满足培养目标的需要;
2. 适当精简和更新教学内容,力求创新和适用;
3. 注意与中学化学的衔接,有利于教学;
4. 加强与后续医学基础课程的联系和渗透,突出在临床上的应用;
5. 发挥学习要点和习题在复习、巩固所学知识及开发学生智力方面的作用;
6. 采用法定计量单位,遵守国家标准(GB3100~3202-93),选用国际通用数据,规范名词术语。

本教材共 14 章内容,参加编写工作的有姚素梅(绪论,第 3、7、8、11 章)、郭秀玲(第 1、2、4、5、13 章)、郭希杰(第 9、10 章)、李昱昊(第 2、6、13 章和附录)、胡国强(第 7、8、12 章)、赵伟(第 14 章,部分习题参考答案,中英文索引)。

本教材是河南大学“十一五”规划教材,河南大学第六批教改项目资助教材,适合医学类各专业本科生使用。

由于编者水平有限,书中难免还有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 8 月

目 次

绪论	1
第一节 化学的发展和研究内容	1
第二节 化学与医学的关系	2
第三节 基础化学课程在医学教育中的地位和任务	2
一、基础化学的地位和任务	2
二、基础化学的学习方法	3
第四节 我国的法定计量单位	4
第一章 稀溶液的依数性	5
第一节 溶液的浓度	5
一、质量浓度	5
二、物质的量浓度	5
三、质量摩尔浓度	6
四、摩尔分数	6
五、质量分数	6
六、体积分数	6
第二节 溶液的蒸气压下降	7
一、蒸气压	7
二、溶液的蒸气压下降	8
第三节 溶液的沸点升高	9
一、液体的沸点	9
二、溶液的沸点升高	9
第四节 溶液的凝固点降低	10
一、纯液体的凝固点	10
二、溶液的凝固点降低	10
第五节 溶液的渗透压	11
一、渗透现象和渗透压	11
二、溶液的渗透压与浓度、温度的关系	12
三、电解质稀溶液的依数性	13
四、渗透压在医学上的意义	14
学习要点	16
习题	17
第二章 化学热力学基础	19
第一节 基本概念	19

一、体系与环境	19
二、状态和状态函数	19
三、热和功	20
第二节 热力学第一定律和化学反应的热效应	20
一、热力学第一定律	20
二、化学反应的热效应	21
第三节 焓和吉布斯自由能	26
一、自发过程	26
二、焓	26
三、吉布斯自由能	27
学习要点	30
习题	31
第三章 化学反应速率和化学平衡	34
第一节 单相体系和多相体系	34
第二节 化学反应速率和反应机理	34
一、化学反应速率的表示方法	34
二、反应机理	36
第三节 化学反应速率理论简介	36
一、碰撞理论	36
二、过渡态理论	38
第四节 影响反应速率的因素	38
一、浓度对反应速率的影响	38
二、温度对反应速率的影响	41
三、催化剂对反应速率的影响	42
第五节 化学平衡	44
一、可逆反应和化学平衡	44
二、平衡常数	44
第六节 化学平衡的移动	49
一、浓度对化学平衡的影响	49
二、压力对化学平衡的影响	49
三、温度对化学平衡的影响	50
四、LeChatelier 原理	51
学习要点	51
习题	52
第四章 电解质溶液	55
第一节 强电解质溶液	55
一、强电解质溶液理论	55
二、活度和活度系数	56
第二节 酸碱理论	57
一、酸碱质子理论	57

二、酸碱电子理论	59
第三节 弱电解质溶液	59
一、弱电解质的电离平衡	59
二、一元弱酸(碱)溶液	62
三、多元弱酸(碱)溶液	65
四、两性物质溶液	66
学习要点	68
习题	69
第五章 缓冲溶液	71
第一节 缓冲溶液的组成和缓冲机理	71
一、缓冲作用	71
二、缓冲溶液的组成	71
三、缓冲机理	72
第二节 缓冲溶液 pH 的计算	72
第三节 缓冲容量和缓冲范围	74
一、缓冲容量	74
二、缓冲范围	75
第四节 缓冲溶液的选择和配制	75
一、缓冲溶液的配制方法	75
二、标准缓冲溶液	77
第五节 血液中的缓冲系	78
学习要点	79
习题	80
第六章 酸碱滴定	81
第一节 滴定分析概述	81
一、滴定分析法的概述及常用术语	81
二、滴定分析法的一般过程和类型	81
三、滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	81
四、一级标准物质和标准溶液	82
五、滴定分析的计算	83
第二节 酸碱指示剂	83
一、酸碱指示剂的变色原理	83
二、指示剂的变色范围和变色点	83
第三节 滴定曲线和指示剂的选择	84
一、强酸与强碱的滴定	84
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	86
第四节 酸碱标准溶液的配制和标定	88
一、酸标准溶液	88
二、碱标准溶液	89
第五节 酸碱滴定法的应用	90

一、食醋中总酸度的测定·····	90
二、血浆中总氮含量的测定·····	90
第六节 分析结果的误差和有效数字·····	90
一、误差产生的原因和分类·····	90
二、误差的表示方法·····	91
三、提高分析结果准确度的方法·····	92
四、有效数字及运算规则·····	92
学习要点·····	94
习题·····	94
第七章 难溶电解质的沉淀溶解平衡·····	96
第一节 溶度积原理·····	96
一、溶度积·····	96
二、溶度积和溶解度·····	97
三、溶度积规则·····	98
第二节 沉淀溶解平衡的移动·····	99
一、沉淀的生成·····	99
二、同离子效应和盐效应·····	100
三、分步沉淀·····	100
四、沉淀的溶解·····	101
五、沉淀的转化·····	103
学习要点·····	104
习题·····	105
第八章 氧化还原与电极电势·····	106
第一节 氧化还原反应的基本概念·····	106
一、氧化还原反应的实质·····	106
二、氧化数·····	107
三、氧化还原反应方程式的配平·····	108
第二节 原电池·····	109
一、原电池·····	109
二、常用电极类型·····	110
第三节 电极电势·····	111
一、电极电势的产生·····	111
二、标准电极电势·····	111
三、电池电动势与 Gibbs 自由能·····	114
第四节 影响电极电势的因素·····	115
一、Nernst 方程·····	115
二、溶液酸度对电极电势的影响·····	116
三、加入沉淀剂对电极电势的影响·····	116
四、加入配位剂对电极电势的影响·····	117
第五节 电极电势和电池电动势的应用·····	117

一、判断原电池的正负极并计算电动势	117
二、判断氧化还原反应进行的方向	118
三、判断氧化还原反应进行的程度	120
第六节 电势法测定溶液的 pH	120
一、电势法测定 pH 的基本原理	120
二、饱和甘汞电极和玻璃电极	121
三、测定溶液 pH 的方法	122
第七节 氧化还原滴定法	123
一、滴定反应的条件和指示剂	123
二、碘量法	124
三、高锰酸钾法	126
学习要点	127
习题	128
第九章 原子结构	130
第一节 核外电子的运动状态	130
一、核外电子运动的特征	130
二、核外电子运动状态的描述	132
第二节 多电子原子结构	136
一、多电子原子轨道的能级	137
二、多电子原子核外电子排布规则	138
第三节 电子层结构和元素周期表	139
一、能级组和周期	139
二、价电子层结构和族	139
三、电子层结构和元素分区	139
第四节 元素性质的周期性	140
一、原子半径	140
二、原子的电离能和电子亲和能	141
三、元素的电负性	141
学习要点	142
习题	143
第十章 分子结构	144
第一节 现代价键理论	144
一、现代价键理论的基本要点	144
二、共价键的特征	145
三、共价键的类型	146
四、配位共价键	146
五、几种重要的键参数	146
第二节 杂化轨道理论	147
一、杂化和杂化轨道的概念	147
二、杂化轨道理论的基本要点	147

三、杂化轨道的类型	148
四、等性杂化和不等性杂化	149
第三节 分子轨道理论	150
一、分子轨道理论的要点	150
二、分子轨道的能级	152
三、分子轨道理论的应用	153
第四节 分子间作用力	154
一、分子的极性与分子的极化	154
二、Vanderwaals 力	155
三、氢键	156
学习要点	158
习题	159
第十一章 配位化合物	161
第一节 配合物的基本概念	161
一、配合物的定义	161
二、配合物的组成	161
三、配合物的命名	163
第二节 配合物的价键理论	164
一、价键理论的基本要点	164
二、内轨型配合物和外轨型配合物	164
三、配合物的磁性	166
第三节 配合物在水溶液中的稳定性	167
一、配位平衡和解离平衡	167
二、配位平衡的移动	169
第四节 螯合物	170
一、螯合物的概念	170
二、螯合剂	171
三、螯合效应	171
第五节 配位滴定法	171
一、概述	171
二、影响配位滴定的主要因素	172
三、金属指示剂的选择与滴定终点的判断	173
四、应用实例	174
第六节 配合物在生物、医药方面的应用	174
学习要点	175
习题	175
第十二章 胶体分散系和表面现象	177
第一节 分散系	177
一、分散系及分类	177
二、胶体分散系的分类	177

第二节 表面现象和乳浊液	178
一、表面能	178
二、表面活性剂	179
三、吸附作用	180
四、乳浊液	181
第三节 溶胶	182
一、溶胶的制备与净化	182
二、溶胶的性质	183
三、胶团结构	185
四、溶胶的稳定性和聚沉	186
第四节 高分子溶液	187
一、高分子化合物的特征	187
二、高分子化合物的盐析	188
三、高分子溶液对溶胶的保护作用	188
四、膜平衡	189
第五节 凝胶	190
一、凝胶的形成	190
二、凝胶的几种性质	190
学习要点	191
习题	191
第十三章 分光光度法	193
第一节 概述	193
第二节 基本原理	193
一、物质对光的选择性吸收	193
二、吸收光谱	194
三、透光率与吸光度	194
四、朗伯 - 比尔定律	194
第三节 可见分光光度法	195
一、分光光度计	195
二、测定方法	196
第四节 分光光度法的误差和测定条件的选择	197
一、分光光度法的误差	197
二、测定条件的选择	197
第五节 紫外分光光度法简介	198
一、概述	198
二、紫外分光光度法的应用	199
学习要点	199
习题	200
第十四章 化学元素与人体健康	201
第一节 人体中的化学元素	201

一、人体中化学元素的分类	201
二、化学元素在人体组织中的分布	203
三、化学元素在人体中的存在形态	204
四、人体中化学元素的理化性质	204
第二节 人体中化学元素的生物功能	205
第三节 环境污染中对人体有害的化学元素	209
一、重金属污染的特点	210
二、有毒元素的毒性机制及其对人体健康的危害	210
第四节 生物无机化学在医学方面的应用	211
一、生命必需元素的补充	212
二、有毒金属元素的促排	212
三、防癌元素与金属抗癌药物	212
参考文献	213
附录 A 我国的法定计量单位及常用常数	214
附录 B 一些物质的热力学性质 (298.15K)	217
附录 C 弱电解质在水中的电离常数	220
附录 D 一些难溶化合物的溶度积 (298.15K)	221
附录 E 标准电极电势 E° (298.15K)	223
附录 F 一些金属配合物的稳定常数	225
部分习题参考答案	227
主要名词术语中英文索引	233
元素周期表	247

绪 论

化学(Chemistry)是一门在原子、分子或离子层次上研究物质组成、结构、性质及其变化规律的科学,它是自然科学的一个重要分支。人们把自然界的物质划分为两种基本形态:**实物**(substance)和**场**(field)。实物是以间断形式存在的物质形态,而场是以连续形式存在的物质形态,属物理学的研究范畴。实物包括自然界存在的一切物质——地球上的矿物、空气中的气体、海洋中的水和盐;动植物体内找到的化学物质;人类创造的新物质。随着科学技术的飞速发展,人们已经逐渐认识到化学将成为使人类继续生存的关键学科,它对人类的供水、食物、能源材料、资源、环境以及健康等至关重要,它已经是一门满足社会需要的中心学科。

第一节 化学的发展和研究内容

化学的历史发展可分为三个时期。在古代和中古时期,人们开始了与化学有关的生产实践,由最初的制陶、金属冶炼到纸的发明、火药的应用、瓷器和玻璃的制造等,可以看出化学的产生和发展是与人类最基本的生产活动紧密联系在一起的。到了公元 500 年,出现了与医药有关的医药器具和药物,如铜滤器具、药勺、灌药器等,药物有轻粉(成分为 Hg_2Cl_2)、黄矾等。在这一时期,化学被看成是以使用为目的的技艺,还没有被明确地确定为科学。

从 17 世纪后半叶开始了近代化学时期。1661 年玻意耳(R.Boyle)首先提出了元素的概念,建立了元素论。随着生产实践和科学研究地深入,新的元素不断被发现,至 19 世纪中叶已发现了 63 种元素,测定了几十种元素的原子量。1869 年 3 月俄国化学家门捷列夫发现了元素周期律,并根据元素周期律预言了尚未发现的 15 种元素(这些元素后来被相继发现)。元素周期律的提出,为现代化学的发展奠定了基础,为化学的研究提供了规律性理论依据。这一时期,无机化学、有机化学、物理化学和分析化学四大基础学科相继建立,使化学实现了由经验到理论的重大飞跃,化学被真正确认为一门独立的科学。

20 世纪开始,进入了现代化学时期。随着原子能工业、电子工业、航空航天工业的发展,对新材料和特殊功能材料的要求日益增多,更加促进了化学的发展。无论是理论的研究,还是化学方法、实验技术及化学的应用领域都发生了深刻变化。特别是化学键理论的提出,现代物质结构理论的创立,以及对分子、原子的微观结构的研究,使化学更加突出了作为一门中心学科的地位和作用,并衍生出了许多化学新分支,如核化学、工业化学、高分子化学、生物化学、蛋白质化学、农业化学、医药化学、超分子化学、纳米化学、放射化学、地球化学和宇宙化学等,并且在工程学、地质学、气象学、计算机科学等学科也得到了广泛的应用和长足发展。尤其是在当代,随着计算机技术的应用和发展,化学更是从宏观到微观,从常量到微量,建立了系统的、完整的、理论化的学科体系,产生了许多边缘学科和交叉学科,如生物无机化学、分子生物学、金属有机化学、金属酶化学、功能材料学等,从而拓宽了化学的研究领域。

现代化学的研究内容极其广泛,1997 年我国化学家徐光宪提出了现代化学的定义:化学是研究从原子、分子片、分子、超分子、生物大分子到分子的各种不同尺度和不同程度的聚集态的合成和反应、分析和分离、结构和形态、物理性能和生物活性及其规律和应用的科学。新元素的发现、化合物的组成、制备、结构、性质及用途都必须用化学的理论加以阐明,用化学实验的方法去验证或实现。当然,随着实验手段和实验技术的进步,尤其是现代物理技术的发展,使得对新型化合物的制备、立体空间结构和对称性的确立变得更加容易实现,

对化学反应性质、热力学、动力学等参数的测定更加容易完成。光谱技术,核磁共振,电子能谱,X-射线衍射等技术为新化学理论的创立和综合实验方法的设计提供了物理学方面的保障,使化学研究的范围更广,涉及领域更多。

第二节 化学与医学的关系

医学是探求人类生命过程的科学,无论是医学理论的研究还是医疗技术的创新,无不需要大量的化学知识和原理,也就是说化学与医学结下了不解之缘。

利用药物治疗疾病是化学对医学和人类文明的一大贡献。在17世纪以前人们就发现某些矿物质具有治疗疾病的作用。17世纪后半叶到19世纪末,化学与医学有了更紧密的结合,有些医药学家本身就是化学家,而化学家则把为医治疾病制造药物作为自己的职责。1800年,英国化学家戴维(H.Davy)发现了麻醉剂一氧化氮,随后又发现了乙醚具有更好的麻醉作用,并用于外科手术和牙科手术。我国明代的李时珍(1518—1593)所著的《本草纲目》记载的无机药物就有266种,被西方称为“东方医药学巨典”。实际上,它不仅是一本药学巨典,而且也是一个化学宝库。在书中不仅对药物的化学性质作了详尽描述,而且蒸馏、蒸发、升华、重结晶、灼烧等化学操作技术也有详细记载。

生物药学是人类文明的宝贵遗产,并对社会的发展起着积极的推动作用,对生物药学的研究也始终是化学起着决定性的作用。早在1859年就从古柯叶中分离出具有局部麻醉作用的古柯碱,为了避免其毒性大的缺点,于1904年经结构改造发展了普鲁卡因、利多卡因等优良的局部麻醉药。1909年德国化学家合成了治疗梅毒的特效药物胍凡纳明。20世纪30年代以来,化学家先后研制出了抗菌素、抗病毒药物及抗肿瘤药物数千种。在医药学上,靶向抗癌药物的合成及作用机理的研究,也为人们摆脱疾病困扰并彻底治愈癌症提供了新的思路。

人们发现,生物体归根到底是一个化学体系,与大自然具有共同的化学元素组成。生命体不只是单纯的有机体,现已发现在人体中存在着81种化学元素,其中一些化学元素对生命过程有着及其重要作用。例如,血红素中的铁影响着氧的传输和消耗;叶绿素中的镁影响着太阳能的吸收和转化;光合体系中的锰、铁影响着能量的转换;一些离子在细胞间电讯号的传递(神经系统中的钾、钙)、肌肉收缩(钙)、酶催化作用(维生素B₁₂中的钴)诸多方面起着重要作用。

科学发展到今天,使化学同医药学的联系更加紧密。生物学、生理学、病理学、药理学等医药学科已从组织细胞水平提高到分子、原子或量子水平。实验证明,思维和遗忘分别是蛋白质及核酸的合成和分解。尤其是近几十年来,化学在生命科学、生物高分子化学方面取得了突飞猛进的发展,形成了一门新的学科——分子生物学。这一新的学科对医学、生物学及其相关学科产生了重大影响,使本世纪初完成了具有划时代意义的人类基因组计划,测出了人体细胞核中遗传性DNA的化学序列。这一成就将为揭示人类遗传性疾病的奥秘发挥极其重要作用。人们已经认识到,现代医学的进步离不开现代化学,美国医学教授、诺贝尔奖获得者肯伯格(A.Kornberg)指出,要“把生命理解为化学”!

第三节 基础化学课程在医学教育中的地位和任务

一、基础化学的地位和任务

化学是我国高等医学院校极为重要的基础课。在高等医学教育中,化学历来为中外医学教育所重视,它对医学专业的学生尤显重要,正如美国化学家布莱斯罗(R.Breslow)所说:“考虑到化学在了解生命的重要性的和药物化学对健康的重要性,在医务人员的正规教育中包括许多化学课程一事就不足为奇了。”“今天的医生需要为化学在人类健康中起着更大作用的明天作好准备”。化学是一门实验性学科,化学实验是化学课程的重要组成部分,是理解和掌握基本理论,学习科学的实验方法,培养动手能力的重要环节。

基础化学是医学类各专业的必修专业基础课之一,其内容是根据医学专业的特点选定

的,它主要由无机化学、物理化学、分析化学中的基本内容所组成,包括各种水溶液的性质及有关理论和应用(稀溶液的依数性、电解质溶液、缓冲溶液、胶体溶液等)、化学反应的基本原理及应用(热力学、动力学、电化学)、物质结构与性质的关系(原子结构、分子结构、配位化合物)、滴定分析、分光光度法等。基础化学的任务是:给医学生提供与医学相关的现代化学基本概念、基本原理及其应用知识。通过理论课的学习为后续医学专业基础课和专业课打下扎实的化学理论基础;通过实验课的训练,使医学生掌握一些基本实验技能,培养严谨求实的工作态度、科学研究和探索的能力;通过自学提高学生独立思考和独立解决问题的能力。

二、基础化学的学习方法

基础化学是我国高等医学院校一年级的第一门化学课,它对医学专业学生的知识结构、能力培养有着及其重要的作用。要学好基础化学,首先应尽快适应大学的课程内容、教学规律和学习方法,掌握学习的主动权。因此,医学生在学习基础化学的过程中应重视下述一些问题。

(一) 做好课前预习,提高学习效率

如前所述,基础化学提炼和融合了医学专业所需的基础化学知识,覆盖面宽、内容浓缩紧凑、概念多而抽象,并且授课时数相对较少。这对于刚进入大学校门的医学生来说,学起来有一定的难度,因此,要学好基础化学,就必须做好课前预习。在上课之前,先对要讲的章节内容通篇浏览一下,初步了解这一章内容的重点和难点。在预习过程中要勤于思考,善于发现问题,对不理解的内容要做好记录。带着问题听课,在听课中找到解决问题的答案。从而增强学习的自信心,调动学习的主动性和积极性,提高学习效率。

(二) 重视课堂听讲,认真做好笔记

课堂上认真听讲是学好基础化学的重要环节。教师授课是按照教学大纲的要求,根据学生的专业特点和教学经验,优选教学内容,精心组织教学,有利于突出重点和排解难点。在授课过程中,教师会根据各章节内容特点,选用适宜的教学方法进行讲授,有些讲授内容,比拟、分析推理和归纳会很生动、深刻,有利于对授课内容的理解。上课时,要集中精力听课,紧跟教师的思路,积极思考,弄清基本概念,弄懂基本原理,提高课堂吸收率。同时还要注意教师提出问题、分析问题及解决问题的思路和方法,培养创新思维能力。要认真做好笔记,有重点地记下授课内容,为课后复习和深入思考奠定基础。

(三) 做好课后复习,多做练习题

大学的课程安排较之中学课程有较大差异,每节课授课内容多、进度快、练习少,大部分学生在课堂上不能完全听懂所讲内容。因此,课后复习和做练习题是消化和掌握所学知识的重要过程。由于基础化学是一门理论性强、有些概念比较抽象且难以理解,所以不可能达到一听就懂,一看就会的效果,必须经过反复思考、应用一些原理解决和说明一些问题,才能逐步加深对基本概念、基本原理的理解和掌握。实际上,多做练习题是深入理解、掌握和运用课程内容不可缺少的环节。做题时,要重视书本例题和解题过程中的分析方法和技巧,培养独立思考和创新意识,提高分析问题和解决问题的能力。

(四) 做好单元总结,培养自学能力

除上述学习方法外,还提倡学生课后做好单元总结,总结出规律性、特殊性、重点和难点。要处理好理解和记忆的关系,学会善于运用分析对比和联系归纳的方法,搞清弄懂概念、原理、公式、方法的涵义、特点、联系和区别、应用条件和使用范围。在理解的基础上,记忆一些基本概念、基本原理的重点和重要公式,努力做到熟练掌握、灵活运用、融会贯通。

在大学,学生可自主支配的时间相对较多,因此,提倡学生自主学习,培养自学能力。学生可在课后有选择性地阅读一些参考书刊和网上信息,加深理解课程内容,开阔思路,扩大知识面,活跃思想,提高学习兴趣,培养综合能力。

(五) 上好实验课,重视理论和实验相结合

上好实验课是理解、掌握、巩固、运用基础化学理论知识和培养动手能力的重要环节。

要学好基础化学,就要把握住“理论—实验—理论”这三个学习环节。上实验课前,要认真预习实验内容,写好预习报告,以达到实验时实验原理清楚,实验目的明确,实验思路清晰。做实验时,要善于观察实验现象和动脑思考,加强基本实验操作练习,注意理论和实验相结合。上完实验课后,要及时认真处理实验数据、分析实验现象和实验中出现的問題,并用所学理论知识作出合理的解释,从而得出正确的结论,写好实验报告。通过实验课,不断提高实验操作能力和创新能力。

第四节 我国的法定计量单位

社会的进步必然产生科学的计量方法和计量制度,科学研究必须面对计量问题,一些物理量的表示方法也离不开计量单位,为了避免计量单位的使用混乱,1875年有十多个国家在巴黎签署了“米制公约”,成立了国际计量委员会(CIPM),设立了国际计量局,中国于1977年正式加入该组织。

从1948年第9届国际计量大会(CGPM)开始,国际计量委员会着手制定统一的计量方法和计量单位。1954年第10届CGPM确立了米、千克、秒、安培、开尔文、坎德拉为新的基本单位。在1960年第11届CGPM上将以这六个基本单位为基础的单位制命名为“国际单位制”,用符号SI(即法文le Système International d'Unités的缩写)表示。1971年在第14届CGPM上决定增加第7个基本单位摩尔。1988年第17届国际计量大会又对“米”进行了重新定义:米是光在真空中 $1/299792458$ 秒时间间隔内所经路径的长度。

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,规定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,还规定采用了若干可与国际单位制单位并用的非国际单位制单位。

1983年“全国量和单位标准化技术委员会”制定了有关量和单位的15项国家标准,即GB标准。并在1986年和1993年两次修订,于1994年7月1日开始实行第2次修订过的标准。这套标准的代号是GB3100~3102—93,它是我国非常重要的基础性的强制标准。本教材所用量和单位均使用这套标准。

我国的法定计量单位由下列几个部分组成:

- (1) 国际单位制的基本单位;
- (2) 国际单位中具有专门名称的导出单位,即包括SI辅助单位在内的具有专门名称的SI导出单位,以及由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的SI导出单位;
- (3) 有词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位;
- (4) 国家规定的非国际单位制单位;
- (5) 由以上单位构成的组合形式的单位(如 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

法定计量单位的产生是社会文明进步的标志,对我国的文化教育、科学技术、人类健康、经济发展及与国际社会的交流起着极其重要的作用。

第一章 稀溶液的依数性

溶解是一个物理化学过程,当溶质溶解在溶剂中形成溶液后,溶液的性质已不同于原来的溶质和溶剂。溶液的某些性质与溶质的本性有关,如颜色、导电性等。但是溶液的另一类性质,如蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低及渗透压,只与溶液中溶质粒子的浓度有关,而与溶质的本性无关。由于这类性质的变化,只适用于稀溶液,故称为稀溶液的依数性(colligative properties of dilute solution)。

稀溶液的依数性,在化学和医学上都很重要。例如测定难挥发性溶质的摩尔质量,临床输液和讨论水盐代谢等问题时,都要涉及稀溶液的依数性。本章主要讨论难挥发性非电解质稀溶液的依数性。

第一节 溶液的浓度

浓度(concentration)是溶液中溶剂和溶质的相对含量。溶液浓度有多种表示方法,常用的有以下几种。

一、质量浓度

溶质 B 的**质量浓度**(mass concentration) ρ_B 定义为:溶质 B 的质量 m_B 除以溶液的体积 V ,即

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

质量浓度的 SI 单位为 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,医学上常用的单位为克每升 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、毫克每升 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 或微克每升 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 等。如生理盐水浓度为 $9.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

二、物质的量浓度

物质的量浓度(amount-of-substance concentration) c_B 定义为:物质 B 的物质的量除以混合物的体积。对于溶液而言,物质的量浓度定义为:溶质的物质的量 n_B 除以溶液的体积 V ,即

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

物质的量浓度的 SI 单位为摩尔每立方米 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$,由于立方米单位太大,物质的量浓度的单位常以摩尔每立方分米 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 或摩尔每升 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 来表示,也可用毫摩尔每升 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 及微摩尔每升 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

使用物质的量浓度时,必须指明物质的基本单元。如 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,基本单元是 (H_2SO_4) ; $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)=1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,基本单元是 $(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。

世界卫生组织提议,凡是已知相对分子质量的物质在体液中的含量均应用物质的量浓度表示。物质的量浓度在医学上已逐渐推广使用。例如人体血液中葡萄糖含量的正常值,过去

习惯表示为 70mg%~100mg%，按法定计量单位应表示为 $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3.9\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1} \sim 5.6\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。对于未知摩尔质量的物质可用质量浓度表示。对于注射液，世界卫生组织认为，在绝大多数情况下，应同时标明质量浓度和物质的量浓度。例如，临床上输液用的等渗葡萄糖溶液，过去常标为 5%，现应标为 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 和 $0.28\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。

三、质量摩尔浓度

质量摩尔浓度 (molality) b_{B} 定义为：溶质 B 的物质的量 n_{B} 除以溶剂 A 的质量 m_{A} ，即

$$b_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{m_{\text{A}}} \quad (1-3)$$

质量摩尔浓度的 SI 单位为摩尔每千克 $\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。例如，将 4.0gNaOH 溶于 1000.0g 水中，所得 NaOH 溶液的质量摩尔浓度为 $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

四、摩尔分数

摩尔分数 (mole fraction) 也可称为**物质的量分数** (amount-of-substance fraction)。摩尔分数 x_{B} 定义为：物质 B 的物质的量 n_{B} 与混合物的物质的量 n 之比，即

$$x_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (1-4)$$

若溶液由溶质 B 和溶剂 A 组成，则溶质 B 和溶剂 A 的摩尔分数 x_{B} 和 x_{A} 分别为

$$x_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (1-5)$$

$$x_{\text{A}} = \frac{n_{\text{A}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (1-6)$$

$$\text{显然} \quad x_{\text{A}} + x_{\text{B}} = 1 \quad (1-7)$$

五、质量分数

质量分数 (mass fraction) w_{B} 定义为：溶质 B 的质量 m_{B} 除以溶液质量 m ，即

$$w_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{m} \quad (1-8)$$

以往使用的质量百分比浓度，现已改为质量分数。例如，98% H_2SO_4 可表示为 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.98$ 。

六、体积分数

体积分数 (volume fraction) φ_{B} 定义为：在某温度和压力下，纯物质 B 的体积 V_{B} 除以混合物中各组分纯物质的体积之和 V ，即

$$\varphi_{\text{B}} = \frac{V_{\text{B}}}{V} \quad (1-9)$$

对于溶质为液体的溶液，忽略混溶时的体积变化，计算时用溶质的体积除以溶液的体积。例如，消毒酒精浓度为 $\varphi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.75$ ，表示 75 mL 纯乙醇加水至 100mL 配制而成。

例 1-1 浓盐酸 (HCl) 的相对密度为 1.19，质量分数为 0.38，计算它的物质的量浓度。

解：HCl 的摩尔质量为 $36.5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，所以浓盐酸的物质的量浓度为