



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用)

基础化学 (第二版)

■ 主 编 张欣荣 阎 芳

■ 副主编 刘毅敏 唐中坤

D00883788



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

Jichu Huaxue

(供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用)

(第二版)

主 编 张欣荣 阎 芳

副主编 刘毅敏 唐中坤

编 者(按照姓氏字母顺序排列)

曹海燕(天津医科大学) 陈亚东(南京药科大学)
程司堃(第四军医大学) 储艳秋(复旦大学)
邓克敏(上海交通大学) 刁海鹏(山西医科大学)
刘 坤(青岛大学) 刘毅敏(第三军医大学)
尚京川(重庆医科大学) 唐中坤(南方医科大学)
解永岩(安徽医科大学) 杨 峰(第二军医大学)
赵先英(第三军医大学)



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,在第一版的基础上,由第二军医大学等13所医学院校经近五年的教学实践联合修订而成。全书共分15章,主要介绍溶液理论、物理化学原理、物质结构基础知识、常见仪器分析方法等高等医学教育所需的化学知识。本书采用国家标准(GB 3100~3102-93)规定的法定计量单位,选用规范名词术语,并注意与后继相关课程的衔接。

本书依托第二军医大学信息化教学平台,同步建设了基础化学数字课程。帮助教师和学生突破传统教学在时间、空间上的限制,实现校际之间数字化教学资源共建共享。

本书可供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 张欣荣, 阎芳主编. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2011.6

供临床、口腔、麻醉、护理等医学类专业用

ISBN 978-7-04-032512-6

I. ①基… II. ①张… ②阎… III. ①化学-高等学校-教材
IV. ①O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第163492号

策划编辑 周岳峰

责任编辑 周岳峰

封面设计 于文燕

版式设计 马敬茹

责任校对 胡晓琪

责任印制 韩刚

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 21.25

字 数 510千字

插 页 1

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

版 次 2007年7月第1版

2011年6月第2版

印 次 2011年6月第1次印刷

定 价 30.80元

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 32512-00

第二版前言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础化学》。主要适用于临床医学、麻醉学、预防医学、口腔医学、医学影像、临床检验、生物技术、食品检验、护理学等医学本科专业。

第一版教材为了解决相对浓度和相对平衡浓度这两个物理量在热力学平衡体系以及溶液平衡体系中表达过于烦琐的问题,经过编写组及高等教育出版社编辑集体商榷,决定给相对浓度和相对平衡浓度赋予特定的符号。定义 c_B/c^\ominus 为物质 B 的相对浓度,用符号 c_r 表示;定义 $[B]$ 为物质 B 的相对平衡浓度,这样两者均为单位为 1 的量。相对浓度符号的赋予,解决了浓度这个物理量在热力学平衡体系以及溶液平衡体系所遇到的概念不准确或者表达式非常烦琐的现实问题,该版教材 2008 年被评为中国人民解放军总后勤部首批百门精品教材。

本次教材的修订,在保留第一版教材特色和风格的基础上,主要在以下 4 方面进行了改进:

(1) 按照重新修订的人才培养方案确定的目标和课程标准的要求,为全面体现和落实素质教育,本教材在建设目标上体现知识、能力、人格发展并重,内容编排上体现基础性与发展性协调。因此,本书在选材上既注重对学生基础知识、基本理论、基本技能等“三基”的训练,同时也注重对学生科学思维、科学研究基本手段的培养。此外,教材中还配合主干内容增加了一些学科科普知识、学科发展前沿知识及科学家简介等内容,旨在培养学生的人文素养,以科学家的事迹启迪人生,激发学生的研究兴趣和灵感,帮助其树立正确的人生观和科学的思维方式。

(2) 注重“医学”特色和实际应用。结合与现代医学相关的化学新进展,在大多数章节的最后都增设了化学在医学研究领域的应用内容,适当引入一些与现代医学研究相关的最新化学研究手段。注重实际应用,结合基础化学“内容广、学时少”的特点,本教材经过精心设计实现了知识体系的“板块化”,以“模块整合”思路优化教学内容,使得知识体系更加简约、更加系统连贯。

(3) 引入研究型案例,培养学生创新意识和科学研究精神。为体现科学研究与教育的结合,加强本科生科研能力训练(SRT),本书特增加引导学生关注学科发展前沿的研究型案例,主要有以下 3 种形式案例:(a) 信息式案例:与课程内容相关的最新研究、前沿知识。如案例 1-1“人类基因组计划与化学的关系”;案例 3-2“荧光探针测定细胞内液 pH”;案例 7-1“飞秒化学”等。(b) 实录式案例:叙述一个事件的情境,记录实际发生的事件,提出解决问题的办法。如案例 12-1“钨中毒及治疗”;案例 14-1“高效液相色谱法检测乳制品中的三聚氰胺”等。(c) 问题式案例:以问题为主线而设计的案例。如案例 5-1“钡餐造影检查”;案例 6-1“体内糖代谢的自发性”等。

(4) 依托第二军医大学化学基础课程信息化教学平台,建设了方便学生自主学习、方便教师教学资源的积累和共建共享、方便教学资源管理的“基础化学”数字课程。该数字课程资源丰富、层次分明。资源管理分 3 个层次:数字化课程资源(包括电子版教材、电子版参考书、课程标准、课程培养方案等);章节资源(包括教学视频、教学课件、教案、学习指导、习题、难题解析等);知识

第二版前言

点资源(包括知识扩充、最新研究、双语素材、相关实验、互动问题、常见问题、动画与图像等资源)。另外还有课堂自录视频(40 min)、章节要点讲授视频、化学实验多媒体课件和教学软件、化学实验视频等。

与本书同步建设的信息化教学平台,可帮助师生突破传统教学在时间、空间上的限制,若借此平台实现校际之间数字化教学资源的共建共享,可使参加共建的各院校的基础化学课程教学实现相互促进、共同提高。为此,经与高等教育出版社商榷,由第二军医大学牵头的医药学专业化学基础课程信息化教学平台将向参加系列教材建设的院校及本书使用院校开放,希望实现共建共享。

因编者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,敬请各位读者指正,以期改进。

张欣荣

2011.4.18 上海

第一版前言

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—93 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	习题	20
第一节 医用基础化学概述	1	第三章 酸碱解离平衡	22
一、化学与生命科学的联系	1	第一节 强电解质溶液	22
二、医用基础化学的任务与作用	3	一、强电解质溶液	22
三、怎样学好医用基础化学	3	二、离子的活度和活度因子	23
第二节 国际单位制和法定计量单位	4	三、离子强度	24
第三节 溶液的组成标度	5	第二节 弱电解质溶液	26
一、物质的量和物质的量浓度	5	一、弱电解质的解离平衡	26
二、质量摩尔浓度	5	二、弱电解质解离平衡的移动	29
三、摩尔分数	6	第三节 酸碱理论	30
四、质量分数	6	一、酸碱质子理论	31
五、质量浓度	7	二、酸碱电子理论	34
科学家简介	7	第四节 水的解离平衡和溶液的 pH	35
参考文献	7	一、水的解离平衡	35
习题	8	二、溶液的 pH	36
第二章 稀溶液的依数性	9	科学家简介	41
第一节 溶液的蒸气压下降	9	参考文献	41
一、液体的蒸气压	9	习题	42
二、稀溶液的蒸气压下降	10	第四章 缓冲溶液	43
第二节 溶液的沸点升高	11	第一节 缓冲溶液的组成和缓冲机制	43
一、液体的沸点	11	一、缓冲溶液的组成	43
二、溶液的沸点升高	11	二、缓冲溶液的缓冲机制	44
第三节 溶液的凝固点降低	12	第二节 缓冲溶液的 pH 计算	45
一、液态纯物质的凝固点	12	一、缓冲溶液 pH 的近似计算式	45
二、溶液的凝固点降低	12	二、缓冲溶液 pH 计算公式的校正	47
第四节 溶液的渗透压	14	第三节 缓冲容量和缓冲范围	48
一、渗透现象和渗透压	14	一、缓冲容量的概念	48
二、溶液的渗透压与浓度及温度的关系	15	二、缓冲溶液影响缓冲容量的因素	48
三、渗透压在医学上的意义	17	第四节 缓冲溶液的配制	50
科学家简介	20	一、缓冲溶液的配制方法	50
参考文献	20	二、标准缓冲溶液	51

第五节 缓冲体系在医学上的意义	51	二、化学反应的限度与标准平衡常数	90
科学家简介	53	三、标准平衡常数与化学反应的方向	92
参考文献	53	四、多重平衡	92
习题	54	五、化学平衡的移动	93
第五章 难溶强电解质溶液的沉淀		第五节 非平衡系统热力学与生命	
溶解平衡	55	简介	95
第一节 溶度积原理	55	科学家简介	96
一、标准溶度积常数及其与沉淀溶解度的		参考文献	97
关系	55	习题	97
二、溶度积规则	59	第七章 化学动力学基础	99
第二节 沉淀反应的利用与控制	60	第一节 化学反应速率的表示方法	99
一、沉淀的生成	60	一、以反应物或产物浓度随时间的变化	
二、沉淀的溶解	61	率定义的反应速率	99
三、沉淀的转化	63	二、以反应进度随时间的变化率定义的	
四、分步沉淀	63	反应速率	100
第三节 生物矿化现象	64	三、平均速率和瞬时速率	101
一、骨骼的形成与龋齿的产生	65	第二节 化学反应速率理论简介	102
二、尿结石的形成	66	一、碰撞理论与活化能	102
科学家简介	66	二、过渡态理论	104
参考文献	67	第三节 浓度对化学反应速率的影响 ..	104
习题	67	一、元反应和复合反应	104
第六章 化学热力学基础	69	二、质量作用定律与速率方程	105
第一节 热力学基本概念	70	三、反应分子数与反应级数	106
一、系统和环境	70	四、简单级数的反应速率方程	107
二、状态和状态函数	70	第四节 温度对化学反应速率的影响 ..	110
三、过程和途径	71	一、van't Hoff 规则	111
四、热和功	71	二、Arrhenius 方程	111
五、热力学能	73	第五节 催化剂对化学反应速率的	
第二节 能量守恒和化学反应热效应	73	影响	114
一、热力学第一定律	73	一、催化剂和催化作用	114
二、热力学能的变化与等容反应热效应	74	二、催化作用理论简介	114
三、系统的焓变和等压反应热效应	75	三、生物催化剂——酶	115
四、反应进度、热化学方程式	76	第六节 药物代谢动力学简介	116
五、Hess 定律和反应热的计算	78	一、体内过程	116
第三节 化学反应的方向	81	二、速率过程	118
一、自发过程	81	科学家简介	119
二、熵与热力学第二定律	83	参考文献	120
三、Gibbs 自由能与化学反应的方向	85	习题	120
第四节 化学平衡	90	第八章 氧化还原反应和电极电势	122
一、可逆反应与化学平衡	90	第一节 氧化还原反应的实质	122

一、氧化值	122	三、高分子化合物溶液的渗透压和膜平衡	160
二、氧化还原电对	123	四、凝胶	162
第二节 原电池	124	科学家简介	163
一、原电池与电极	124	参考文献	163
二、电池的书写方式	125	习题	164
三、常见电极类型	126	第十章 原子结构和元素周期律	165
第三节 电极电势和原电池的电动势	127	第一节 氢原子光谱和 Bohr 理论	165
一、电极电势的产生	127	一、Rutherford 原子模型	166
二、原电池的电动势与电极电势的测定	128	二、Bohr 原子模型	166
三、电池电动势与 Gibbs 自由能	129	三、现代原子模型理论	168
四、影响电极电势的因素——Nernst 方程	130	第二节 微观粒子的运动特征	169
五、电极电势的应用	132	一、微观粒子的波粒二象性	169
第四节 电势法测定溶液的 pH	136	二、不确定原理	170
一、指示电极	136	第三节 核外电子运动状态的描述	171
二、参比电极	137	一、波函数和原子轨道	171
三、溶液 pH 的测定	137	二、量子数及其物理意义	172
第五节 生物传感器	139	三、原子轨道和电子云的角度分布和径向分布	173
一、传感器工作原理	139	第四节 多电子原子的核外电子排布	177
二、生物传感器概述	139	一、屏蔽效应和钻穿效应	177
三、生物传感器应用实例	141	二、多电子原子轨道的能级	178
科学家简介	141	三、基态原子的核外电子排布	179
参考文献	141	第五节 元素周期表与元素性质的周期性	181
习题	142	一、元素周期表	181
第九章 胶体分散系	143	二、元素性质的周期性	183
第一节 分散系概述	143	科学家简介	186
一、分散系的分类	143	参考文献	187
二、胶体分散系	144	习题	187
第二节 表面现象	145	第十一章 分子结构	189
一、表面积与表面 Gibbs 自由能	145	第一节 现代价键理论	189
二、表面活性剂	147	一、共价键的本质	189
三、乳化作用	149	二、价键理论的基本要点	190
第三节 溶胶	150	三、共价键的类型	191
一、溶胶的基本性质	150	四、键参数	193
二、溶胶的稳定性与聚沉	155	五、键的极性与分子的极性	195
三、溶胶的制备和净化	156	第二节 杂化轨道理论	196
四、气溶胶	158	一、杂化轨道理论的基本要点	196
第四节 高分子化合物溶液与凝胶	159	二、杂化轨道的类型和分子的空间构型	197
一、高分子化合物的结构特点与稳定性	159		
二、高分子化合物对溶胶的保护作用	159		

目录

第三节 价层电子对互斥理论	200	一、误差产生的原因和分类	243
一、价层电子对互斥理论的基本要点	200	二、准确度与精密度	243
二、判断共价分子空间构型的一般规则	201	三、提高分析结果准确度的方法	245
第四节 分子轨道理论简介	202	四、有效数字及其运算规则	246
一、分子轨道理论的基本要点	202	第三节 酸碱滴定法	247
二、分子轨道的能级及分子轨道中电子的 排布	205	一、酸碱指示剂	247
三、键级	207	二、滴定曲线与指示剂的选择	249
第五节 分子间作用力	208	三、酸碱标准溶液的配制与标定	253
一、van der Waals 力	208	四、酸碱滴定法的应用实例	254
二、氢键	210	第四节 氧化还原滴定法	255
科学家简介	213	一、概述	255
参考文献	213	二、高锰酸钾法	255
习题	213	三、碘量法	257
第十二章 配位化合物	215	第五节 配位滴定法	258
第一节 配位化合物概述	215	一、EDTA 配位滴定的基本原理	259
一、配位化合物的定义	216	二、EDTA 配位滴定应用示例—— 水的总硬度测定	262
二、配合物的组成	216	科学家简介	263
三、配合物的命名	218	参考文献	264
四、配合物的异构现象	219	习题	264
第二节 配合物的化学键理论	222	第十四章 常用仪器分析方法概论	266
一、配合物的价键理论	222	第一节 光度分析法	266
二、晶体场理论简介	225	一、紫外-可见分光光度法	266
第三节 配合物的解离平衡	229	二、荧光分析法	272
一、配合物的平衡常数	229	第二节 色谱分析法	274
二、配位平衡的移动	232	一、色谱分析法概述	274
第四节 螯合物和生物配合物	234	二、气相色谱法	279
一、螯合物的结构特点及螯合效应	234	三、高效液相色谱法	281
二、影响螯合物稳定性的因素	235	四、毛细管电泳法	285
三、生物配合物	235	第三节 电势分析法	286
第五节 配合物在医学上的应用	237	一、电势分析法概述	286
科学家简介	238	二、离子选择性电极	287
参考文献	238	三、直接电势法	288
习题	238	四、电势滴定法	288
第十三章 滴定分析	240	科学家简介	289
第一节 滴定分析概述	240	参考文献	290
一、滴定分析的方法和特点	240	习题	290
二、滴定分析法的操作程序	241	第十五章 人体中的化学元素	292
三、滴定分析的计算	241	第一节 人体元素组成	292
第二节 分析结果的误差和有效数字	243	一、必需元素和非必需元素	292

二、人体必需元素的理化性质和生理功能	293	四、微量元素锰的研究	303
三、环境污染对人体健康的影响	296	五、微量元素镁的研究	304
第二节 元素的选择与演化	297	科学家简介	304
一、丰度规则和生物可利用规则	297	参考文献	304
二、有效规则	298	习题	305
三、基本适宜规则	299	附录	306
四、有效和特异性的进化规则	299	附录一 我国法定计量单位	306
第三节 生物无机化学简介	299	附录二 一些基本物理常数	308
一、新兴的边缘学科——生物无机化学	299	附录三 标准溶度积常数(298 K)	308
二、生物无机化学在发展中的研究课题	300	附录四 一些物质的基本热力学数据	309
第四节 几种人体必需元素的研究		附录五 常见氧化还原电对的标准电极电势表(298 K)	312
示例	302	附录六 常见配合物的标准稳定常数	313
一、常量元素钙的生理功能和营养	302	汉英索引	314
二、微量元素硒的研究	303	元素周期表	
三、微量元素锌的研究	303		

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,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 A. 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 W. 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、猩红热等病都药到病除。后来他们三人在 1945 年获得了诺贝尔生理学和医学奖。

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。由于量子化学近似处理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。

在生命科学中,化学与生物学共同研究生命体系的物质组成、存在形式及生命过程中的化学

变化。例如,研究人体遗传物质的作用、人类基因、酶结构与催化功能、脑科学、模拟生命过程以及生命体系的合成等。已形成了生物化学、药物化学、生物无机化学、生物有机化学、分子生物学、化学生物学、量子生物化学等多门交叉学科。

在未来的生命科学中,化学还将为揭开生命的奥秘、研制医治不治之症的“灵丹妙药”再铸辉煌。生命过程实际上是一个复杂的化学过程,生物学与医学均是以化学为基础的,因此,只有生命过程中化学基本问题的突破才能导致生物学和医学的突破。在这一领域可能产生突破的化学基本问题是:

- (1) 生物大分子之间、生物大分子与小分子之间的各种相互作用;
- (2) 生物分子的结构与功能的关系;
- (3) 生命的本质及影响生命的因素;
- (4) 无生命与生命间的相互关系与转变以及直接合成出有生命的物质等。

案例 1-1 人类基因组计划与化学的关系

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)。现在人们可以用先进的化学方法测定基因结构和序列,基因组序列图可以在分子层面上为人类提供一份生命“说明书”,而完成人类基因组计划中基因测序的主要手段就是凝胶色层等化学分离技术。

人类基因组计划下一阶段工作是有目的地改变基因的结构(如通过链接小分子配体),或通过基因修饰(gene modification)、合成(synthesis)新的基因等手段实现基因调控,有目的地抑制异常基因表达或重新开启已关闭的基因,实现基因治疗,使得人类抵抗遗传性疾病及恶性肿瘤等目前无法治愈的疾病成为可能。

后基因组计划还给许多医学与化学紧密结合的新兴学科如化学生物学(structural biology)、化学基因学(chemical genetics)、蛋白质化学(protein chemistry)、糖化学(carbohydrate chemistry)带来很多新的课题,并形成许多新兴研究领域,如基因组学(genomics)、蛋白组学(proteomics)、代谢组学(metabonomics)等。

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的,成为了各种各样的生命体。

案例 1-2 生命的化学进化说

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,同时也为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继课程作铺垫,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从事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. Brönsted 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期有较大的差异,因此,不应该在大学学习阶段仍抱着中学时期的学习方法不放,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。这样做才能搞清弄清基本概念、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资料,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 国际单位制和法定计量单位

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—93,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GB3100~3102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”(GB3102.8—93)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。

第三节 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

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

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

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

物质的量浓度的 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, 医学上常以 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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, 必须注明基本单元。例如, $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$, $n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$ 。

例 1-1 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

$$\begin{aligned} c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V} = \frac{100 \text{ mg}}{40.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \times 0.100 \text{ L}} \\ &= 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

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

$$b_B = \frac{n_B}{m} \quad (1-3)$$

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。

由于质量摩尔浓度中溶质和溶剂的量都不牵涉体积,其值不受温度影响,因此物理化学中一般多采用质量摩尔浓度。

三、摩尔分数

摩尔分数(mole fraction)又称物质的量分数,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

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad (1-4)$$

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

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad (1-5)$$

显然, $x_A + x_B = 1$, 即溶液中各物质的摩尔分数之和等于 1。

例 1-2 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 $18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则

$$n[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] = 30 \text{ g} / 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 0.5 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}}{18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 55.6 \text{ mol}$$

故 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的摩尔分数为

$$\begin{aligned} x[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] &= \frac{n[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]}{n[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] + n(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ mol} + 55.6 \text{ mol}} = 0.0089 \end{aligned}$$

四、质量分数

物质 B 的质量 m_B 与混合物(或溶液)的质量 m 之比称为物质 B 的质量分数(mass fraction), 用符号 w_B 表示, 单位为 1, 即

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-6)$$

质量分数也可以用百分数来表示, 如将 32 g 氯化钾溶于 100 g 水中, 则其质量分数 w_B 为 0.24, 也可表示为 24%。

例 1-3 将 40 g 乳酸钠 ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 溶于 1000 mL 水中配成溶液, 计算该溶液中 $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ 的质量分数(水的密度为 $1.0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$)。

解: 配成溶液后, 水溶液的质量为