



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学

(第二版)

谢吉民 主编
张万明 张利民 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基 础 化 学

(第二版)

谢吉民 主编

张万明 张利民 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书结合现阶段高等医学院校本科基础化学的教学实际,遵循教材“三基”、“五性”和“三特定”的原则,根据医学专业本科生的培养目标和要求编写而成。本书重点阐述基础化学的基本概念和基本理论,删除与中学化学重叠的部分,适当降低难度,充实专业实例,突出医学专业化学教学的特点。

全书共 14 章,内容包括溶液化学(溶液、电解质溶液与离子平衡、缓冲溶液、乳状液和胶体)、化学反应原理(化学热力学基础、化学动力学基础、氧化还原与电极电势)、物质结构(原子结构和元素周期表、共价键与分子间作用力、配位化合物)、常用分析测试技术(滴定分析、常用仪器分析方法简介)等。为了拓宽学生的知识面,启发学生认识化学元素在提高人类生命质量方面的基础作用,本书适当介绍了化学元素与人类健康的关系。

本书可供高等医学院校临床医学、基础医学、预防医学、全科医学、儿科、护理、影像、麻醉、口腔、医疗保险等各专业本科生使用,也可供成人教育相关专业以及医务人员继续教育参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/谢吉民主编. —2 版. —北京:科学出版社,2009

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-024824-4

I. 基… II. 谢… III. 化学-高等学校-教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101256 号

责任编辑:赵晓霞 杨向萍 / 责任校对:刘小梅

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者工作室

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>

盛兴印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 7 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 7 月第 二 版 印张:18 1/2 插页:1

2009 年 7 月第八次印刷 字数:370 000

印数:39 001—44 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《基础化学》(第二版)编委会

主 编 谢吉民

副主编 张万明 张利民

编 委(按作者姓氏拼音排序)

陈建华 (南通大学)

刁海鹏 (山西医科大学)

付煜荣 (河北北方学院)

廖力夫 (南华大学)

刘永民 (徐州医学院)

孙衍增 (青岛大学)

王伟军 (皖南医学院)

谢吉民 (江苏大学)

杨金香 (长治医学院)

于素华 (扬州大学)

张利民 (蚌埠医学院)

张万明 (河北北方学院)

朱卫华 (江苏大学)

庄海旗 (广东医学院)

第二版前言

《基础化学》(第二版)是“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,是在第一版的基础上修订而成的。本书于2007年被列入教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”后,即由编写组筹划编写工作。2008年7月在山西医科大学召开了《基础化学》(第二版)编写讨论会,与会代表对编写大纲和具体编写细则进行了热烈、认真的讨论。

当前,生命科学的发展已步入分子水平,其发展一日千里,它将越来越多地需要运用化学的概念和方法,医学的许多研究领域与化学的界限正在变得模糊,而作为化学教师日感形势逼人。为适应当前教学改革的形势,以符合21世纪医学发展的需要,在修订过程中努力遵循“加强基础,趋向前沿,反映现代,注意交叉”的现代课程建设理念。这次修订在保持第一版简明、适用的基础上,编者主要做了如下工作:

- (1) 对第一版各章节内容进行充实、调整和修改。
- (2) 将乳状液和胶体的有关内容单独成章,以适应有关知识特别是纳米技术在医学中应用日益增加的需要。
- (3) 为适应学有余力的读者需要,在有关章节增加了“知识拓展”,以开阔视野,培养创新意识。
- (4) 考虑到各校教学学时的差异,部分章节以*表示,各校可根据教学需求选讲。

参加本书编写的教师(按编写章节先后顺序)有:江苏大学谢吉民,广东医学院庄海旗,扬州大学于素华,皖南医学院王伟军,南华大学廖力夫,南通大学陈建华,徐州医学院刘永民,河北北方学院张万明、付煜荣,长治医学院杨金香,青岛大学孙衍增,江苏大学朱卫华,蚌埠医学院张利民,山西医科大学习海鹏。

由于编者水平有限,恳请读者对本书的错误和不妥之处批评指正。

编 者

2009年2月

第一版前言

为了贯彻执行教育部全面提高教育质量,培养造就高素质人才以及加强新世纪教材建设的精神,结合现阶段高等医药院校本科基础化学的教学实际,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。本书编写的指导思想是:

(1) 注意简明、适用。遵循教材的“三基”和“三特定”原则,即“基础理论、基本知识、基本技能”和“特定的对象、特定的要求、特定的限制”。根据医学专业本科生的培养目标和要求,重点阐述基础化学的基本概念和基本理论,删除与中学重叠部分,适当降低难度,充实专业实例,突出医学专业化学特点,力求使教材内容的广度和深度切合教学实际。

(2) 为适应化学与生物学和医药学相互渗透的发展趋势,适当增加与生物学、医药学以及营养学有关的知识,激发学生学习基础化学的兴趣,联系实际,启发思维,培养综合能力,力求对后续课程的学习和日后工作的发展有所裨益。

(3) 全书按照理论课 60 学时编写,由于各院校教学时数不尽相同,教材中一部分内容用*号标示,供各校选用或学生自学时参考。

(4) 本书采用以国际单位制(SI)为基础的《中华人民共和国法定计量单位》和国家标准(GB 3100~3102—93)中所规定的符号和单位。

全书共分 13 章,内容包括溶液化学(溶液与胶体,电解质溶液与离子平衡,缓冲溶液)、化学反应原理(化学热力学基础,化学动力学基础,氧化还原与电极电势)、物质结构(原子结构和元素周期律,共价键和分子间作用力,配位化合物)、常用分析测试技术(滴定分析,常用仪器分析方法概论)等。为了拓宽学生的知识面、启发学生认识化学元素在提高人类生命质量方面的基础作用,本书适当介绍了化学元素与人类健康的关系。

本书可供高等医学院校临床医学、基础医学、预防医学、全科医学、儿科、护理、影像、麻醉、口腔、医疗保险等各专业本科生使用,也可供成人教育相关专业以及医务人员继续教育参考使用。

参加本次教材编写的教师(按编写章节先后顺序)有:江苏大学谢吉民;苏州大

学朱琴玉;扬州大学于素华;南华大学廖力夫;长治医学院杨金香;南通大学刘杰;徐州医学院刘永民;河北北方学院张万明、付煜荣;江苏大学朱卫华;蚌埠医学院张利民。

南京医科大学祁嘉义教授对教材的编写提出了许多宝贵意见;编委所在的各院校给予了热情鼓励;科学出版社对本书的编写给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2004年6月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 化学研究的对象和目的	1
§ 1.2 化学与医学的关系	1
§ 1.3 基础化学的内容和学习方法	2
§ 1.4 数字的科学表达	3
§ 1.5 有效数字的运算规则	5
习题	6
第 2 章 溶液	7
§ 2.1 溶液组成标度的表示方法	7
§ 2.1.1 物质的量	7
§ 2.1.2 物质的量浓度	8
§ 2.1.3 质量浓度	9
§ 2.1.4 质量摩尔浓度和摩尔分数	9
§ 2.1.5 质量分数和体积分数	10
§ 2.2 稀溶液的依数性	11
§ 2.2.1 溶液的蒸气压下降	11
§ 2.2.2 溶液的沸点升高与凝固点降低	12
§ 2.2.3 溶液的渗透压力	15
§ 2.2.4 渗透压力在医学上的意义	18
知识拓展:晶体渗透压力和胶体渗透压力	20
习题	21
第 3 章 电解质溶液与离子平衡	22
§ 3.1 强电解质溶液理论	22
§ 3.1.1 离子相互作用理论	22
§ 3.1.2 活度和活度因子	23
§ 3.1.3 离子强度	23
§ 3.2 酸碱质子理论	24
§ 3.2.1 酸、碱的定义	25

§ 3.2.2 酸碱反应的实质	25
§ 3.2.3 酸碱强度	26
§ 3.3 水溶液中的质子转移平衡及有关计算	27
§ 3.3.1 水的质子自递作用和溶液的 pH	27
§ 3.3.2 酸碱在水溶液中的质子转移平衡	28
§ 3.3.3 酸碱溶液 pH 计算	31
§ 3.4 沉淀-溶解平衡	36
§ 3.4.1 溶度积	36
§ 3.4.2 沉淀的生成	39
§ 3.4.3 分步沉淀和沉淀的转化	40
§ 3.4.4 沉淀的溶解	42
知识拓展:尿结石的形成	43
习题	44
第 4 章 缓冲溶液	45
§ 4.1 缓冲溶液的基本概念	45
§ 4.1.1 缓冲溶液及其作用原理	45
§ 4.1.2 缓冲溶液的组成	46
§ 4.2 缓冲溶液 pH 的计算	47
§ 4.2.1 Henderson-Hasselbalch 方程	47
§ 4.2.2 计算缓冲溶液 pH	48
* § 4.2.3 缓冲溶液 pH 计算公式的校正	49
§ 4.3 缓冲容量	51
§ 4.3.1 缓冲容量	51
§ 4.3.2 影响缓冲容量的因素	51
§ 4.4 缓冲溶液的配制	53
§ 4.4.1 缓冲溶液的配制方法	53
§ 4.4.2 常用缓冲溶液	55
§ 4.5 缓冲溶液在医学上的意义	57
知识拓展:酸碱中毒	58
习题	59
第 5 章 化学热力学基础	60
§ 5.1 基本概念和术语	60
§ 5.1.1 体系和环境	60
§ 5.1.2 状态、状态函数和过程	61
§ 5.1.3 热和功	62

§ 5.1.4 化学反应进度	62
§ 5.2 化学反应热	63
§ 5.2.1 热力学能和焓	63
§ 5.2.2 热力学第一定律	64
§ 5.2.3 化学反应热	65
§ 5.2.4 热化学方程式	65
§ 5.2.5 Hess 定律	66
§ 5.2.6 标准摩尔生成焓	68
§ 5.2.7 标准摩尔燃烧焓	69
§ 5.3 化学反应的方向和限度	71
§ 5.3.1 自发过程	71
§ 5.3.2 熵	72
§ 5.3.3 Gibbs 自由能	73
§ 5.3.4 自发过程的 Gibbs 自由能判据	74
§ 5.3.5 化学反应的自由能变计算	75
§ 5.4 化学平衡	78
§ 5.4.1 化学平衡与标准平衡常数	78
§ 5.4.2 标准平衡常数的计算	79
* § 5.4.3 化学平衡的移动	80
习题	82
第 6 章 化学动力学基础	84
§ 6.1 化学反应速率	84
* § 6.2 影响化学反应速率的内在因素——活化能	86
§ 6.2.1 有效碰撞理论与活化能	86
§ 6.2.2 过渡状态理论与活化能	87
§ 6.3 浓度对化学反应速率的影响	88
§ 6.3.1 基元反应和复杂反应	88
§ 6.3.2 质量作用定律	89
§ 6.3.3 反应级数	89
§ 6.3.4 具有简单级数反应的特征	90
§ 6.4 温度对化学反应速率的影响	92
* § 6.4.1 van't Hoff 规则	92
§ 6.4.2 Arrhenius 方程式	93
知识拓展: 药物化学稳定性预测	95
§ 6.5 催化剂对化学反应速率的影响	95

§ 6.5.1 催化剂与催化作用	95
* § 6.5.2 催化作用理论	96
§ 6.5.3 生物催化剂——酶	98
习题	100
第7章 氧化还原与电极电势	101
§ 7.1 氧化还原的基本概念	101
§ 7.1.1 氧化数	101
§ 7.1.2 氧化还原反应的再认识	102
§ 7.2 原电池与电极电势	104
§ 7.2.1 铜锌原电池	104
§ 7.2.2 原电池的组成及其表示	105
* § 7.2.3 常见电极的类型	106
§ 7.2.4 电极电势	108
§ 7.2.5 标准电极电势	110
§ 7.3 影响电极电势的因素	111
§ 7.3.1 Nernst 方程	111
§ 7.3.2 Nernst 方程计算示例	113
§ 7.4 电极电势和电池电动势的应用	116
§ 7.4.1 比较氧化剂或还原剂的强弱	116
§ 7.4.2 判断氧化还原反应进行的方向	117
§ 7.4.3 判断氧化还原反应进行的限度	120
知识拓展:化学传感器和生物传感器	121
习题	122
第8章 原子结构和元素周期表	124
§ 8.1 氢原子光谱	124
* § 8.1.1 原子结构的认识史	124
§ 8.1.2 氢原子光谱	125
§ 8.2 原子核外电子运动的特征	126
§ 8.2.1 玻尔理论	126
§ 8.2.2 电子的波粒二象性	127
§ 8.2.3 不确定原理	128
§ 8.2.4 薛定谔方程	129
§ 8.3 核外电子运动状态的描述	129
§ 8.3.1 波函数和原子轨道	129
§ 8.3.2 量子数及其物理意义	130

§ 8.3.3 概率密度和电子云	133
§ 8.3.4 原子轨道的图形	133
§ 8.4 多电子原子的核外电子排布	137
§ 8.4.1 多电子原子的能级	137
§ 8.4.2 核外电子排布规律	139
§ 8.5 元素周期表和元素周期律	141
§ 8.5.1 核外电子排布与元素周期表	141
§ 8.5.2 元素性质的周期变化规律	144
知识拓展:放射性同位素在医学中的应用	146
习题	147
第 9 章 共价键和分子间作用力	149
§ 9.1 共价键和共价化合物	149
§ 9.1.1 现代价键理论	149
* § 9.1.2 键参数	152
* § 9.1.3 价层电子对互斥理论	155
§ 9.1.4 杂化轨道理论	156
§ 9.1.5 分子轨道理论	160
知识拓展:活性氧自由基和明星分子 NO	164
§ 9.2 分子间的作用力	166
§ 9.2.1 分子的极性	166
§ 9.2.2 范德华力	167
§ 9.2.3 氢键	169
习题	171
第 10 章 配位化合物	173
§ 10.1 配合物的基本概念	173
§ 10.1.1 配合物的定义	173
§ 10.1.2 配合物的组成	174
§ 10.1.3 配合物的命名	176
* § 10.1.4 配合物的几何异构现象	177
§ 10.2 配合物的化学键理论	177
§ 10.2.1 配合物的价键理论	177
§ 10.2.2 配合物的晶体场理论	182
§ 10.3 配位平衡	188
§ 10.3.1 配离子的稳定常数	188
§ 10.3.2 配位平衡的移动	189

§ 10.4 螯合物	193
§ 10.4.1 螯合物的结构特点	193
§ 10.4.2 影响螯合物稳定性的因素	194
知识拓展:配合物与医学的关系	195
习题	196
第 11 章 乳状液和胶体	198
§ 11.1 乳状液	198
§ 11.1.1 表面张力	199
§ 11.1.2 表面活性剂	200
§ 11.1.3 乳状液	200
§ 11.2 溶胶	201
§ 11.2.1 溶胶的性质	201
§ 11.2.2 胶团的结构	204
§ 11.2.3 溶胶的稳定性和聚沉	205
§ 11.3 大分子溶液与凝胶	206
§ 11.3.1 大分子溶液	206
§ 11.3.2 凝胶	208
知识拓展:纳米材料在医学上的应用	210
习题	211
第 12 章 滴定分析	213
§ 12.1 滴定分析概述	213
§ 12.1.1 滴定分析的基本概念	213
§ 12.1.2 滴定分析的操作程序	214
§ 12.1.3 滴定分析的计算	215
§ 12.1.4 滴定分析结果的误差	216
§ 12.2 酸碱滴定法	219
§ 12.2.1 酸碱指示剂	219
§ 12.2.2 强碱滴定强酸	222
§ 12.2.3 强碱滴定弱酸(强酸滴定弱碱)	224
§ 12.2.4 多元酸和多元碱的滴定	227
§ 12.2.5 酸碱滴定法的应用	229
* § 12.3 氧化还原滴定法	231
§ 12.3.1 概述	231
§ 12.3.2 高锰酸钾法	231

§ 12.4 配位滴定法	233
§ 12.4.1 EDTA 配位滴定的基本原理	233
§ 12.4.2 EDTA 配位滴定应用实例	235
习题	236
第 13 章 常用仪器分析方法简介	237
§ 13.1 电势分析法	237
§ 13.1.1 电势法测定溶液的 pH	237
§ 13.1.2 离子选择性电极	240
§ 13.2 紫外-可见分光光度法	242
§ 13.2.1 光度分析的基本原理	242
§ 13.2.2 紫外-可见分光光度计	245
§ 13.2.3 分光光度法的测定方法及条件选择	246
* § 13.3 色谱分析法	249
§ 13.3.1 色谱分析的基本概念	249
§ 13.3.2 色谱分析的基本原理	249
§ 13.3.3 气相色谱法和高效液相色谱法	251
习题	252
* 第 14 章 化学元素与人类健康	253
§ 14.1 生命元素	253
§ 14.2 一些生命元素的生理功能	255
§ 14.2.1 生物配体和生物金属配合物	255
§ 14.2.2 必需宏量元素的功能	255
§ 14.2.3 必需微量元素的一些功能	257
§ 14.3 污染元素	262
§ 14.3.1 工业污染金属元素	262
§ 14.3.2 生命元素过量时的毒害	264
部分习题参考答案	266
主要参考文献	269
附录	270
附录 I 常用物理常量	270
附录 II 弱电解质在水中的解离常数	270
附录 III 一些难溶化合物的溶度积(298K)	272
附录 IV 一些物质的基本热力学数据	273
附录 IV-1 标准摩尔生成焓、标准摩尔生成自由能和标准摩尔熵(298K)	273

附录IV-2 一些有机化合物的标准摩尔燃烧焓	276
附录V 标准电极电势 $\varphi^\ominus$ (298K)	276
附录V-1 酸性溶液中	276
附录V-2 碱性溶液中	277
附录VI 配合物的稳定常数	278

第 1 章 绪 论

§ 1.1 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(matter)可分为实物(substance)和场(field)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(chemistry)研究的主要对象是实物(习惯上实物仍称为物质),是在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中能量关系的自然科学。

化学研究的内容非常丰富,随着人们对物质化学运动形式认识的逐渐加深,到 19 世纪末,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。

化学与其他学科之间相互渗透,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,如生物化学、环境化学、食品化学、药物化学、农业化学、量子化学、结构化学、高分子化学等。

20 世纪后期,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。

§ 1.2 化学与医学的关系

早在 16 世纪,欧洲化学家就致力于研制医治疾病的化学药物,从而推动了医学和化学的同步发展。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,并开发了青霉素等新的抗生素。青霉素等抗生素的应用挽救了千百万人的生命。因此,医学的发展与化学密切相关。

现代医学与化学关系更加密切。医学是研究人体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。体内的生理现象和病理现象与体内物质代谢作用密切相关,而这些代谢作用又与体内的化学变化相关。因此,只有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。例如,临床检验常需要利用化学方法进行一系列的分析,测定血、尿等生物样品中某些成分的含量,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,必须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、劳动卫生等常需进行饮水分析、食品检验、环境监测等,都离不开化学。

随着科学技术的进步,现代医学的研究已逐渐由传统的细胞层次深入到分子层次,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,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,都说明现代医学的发展需要更多、更深的化学知识。

从事现代生命科学研究需要扎实的化学及其他学科基础。现代医学的发展已突破传统的生物学范畴,形成多学科的交叉。基础化学课的学习目的不仅是为后续课程作铺垫,或者说是为了学好生物化学、生理学、药理学等医学课程所必需,而且是整体知识体系的基本积累,是一种从化学这一科学的角度进行科学思维和从事科学研究所需知识与技能的综合素质训练,是从中学到大学转变和适应的过程中知识、能力与素质的共同提高,对形成生物医学研究的思维方法具有前瞻性和可持续发展性。

§ 1.3 基础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。我国五年制的医学教学通常将化学分成基础化学和有机化学两门课程。基础化学是从无机化学、分析化学以及物理化学内容中选编的,主要讲授大学化学的基本概念、原理和技术,包括稀溶液通性,水溶液中四大离子平衡,化学反应的热力学和动力学描述,物质结构及其与性质的关系,滴定分析与基础仪器分析等传统内容,以及元素医学等新的交叉领域的初步知识。基础化学的任务是使学生获得学