



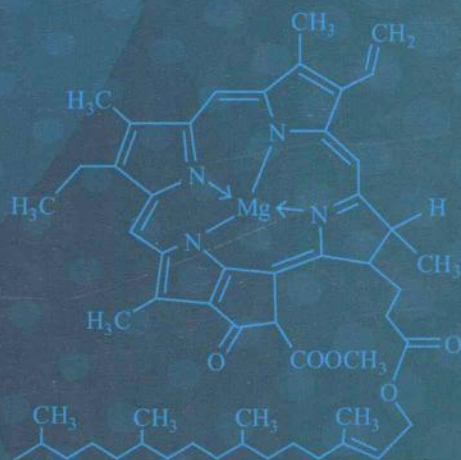
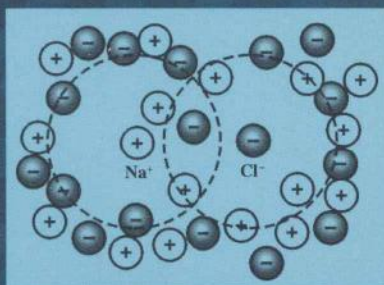
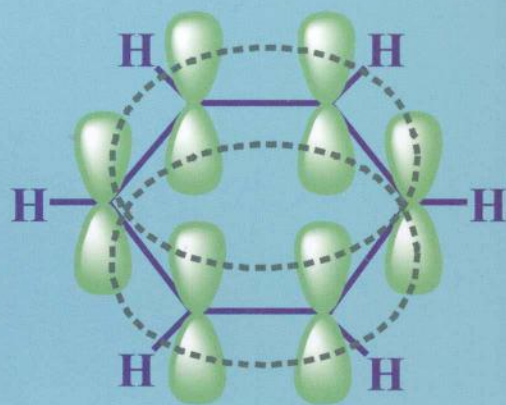
医科大学化学系列教材

YIKE DAXUE HUAXUE XILIE JIAOCAI

基础化学

梁逸曾 主编

王一凡 刘绍乾 副主编



化学工业出版社



医科大学化学系列教

YIKE DAXUE HUAXUE XILIE JIAOCAI

基础化学

梁逸曾 主编

王一凡 刘绍乾 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书将化学知识整合为“溶液理论”、“化学反应理论与电化学”、“物质结构”、“化学分析”和“仪器分析”5个模块,建立了“加强化学原理,突出定量训练,反映医学特色”的《基础化学》教学体系。本书的章节编排,主要遵循知识内容的内在联系和与中学化学知识点的衔接。在充分考虑与大一学生数学基础协调的基础上,尽量实现化学理论知识的系统化,并能为后续《有机化学》课程提供相应的基础知识。本书在强调基础和知识结构完整性的同时,将主要注意力放在化学基本概念的理解和应用之上,本书尤其注重化学基本原理在医学、生物学上的应用,以激发学生的学习兴趣 and 热情。书中每一章都精心编制了1~2个典型案例分 析,力图使学生加深对化学基本理论和基本知识的理解。

本书可作为高等院校医学类、生物类专业一年级本科生的教材,亦可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/梁逸曾主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 8

医科大学化学系列教材

ISBN 978-7-122-17749-0

I. ①基… II. ①梁… III. ①化学-医学院校-教材
IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 137725 号

责任编辑:宋林青 郭乃铎
责任校对:边 涛

文字编辑:刘志茹
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张25½ 彩插1 字数630千字 2013年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:45.00 元

版权所有 违者必究

前言

由化学工业出版社出版的、中南大学主编的改革教材《医科大学化学》(上、下册)于2003年问世,其初衷旨在强调现代医学,无论是基础或临床的研究,皆已进入分子水平,化学已成为医学学习不可或缺的重要基础;同时,借鉴“四大化学融合”的教学模式,力争构建为医学专业学生服务的现代化学教育平台,以适应我国目前各综合性大学医学学科发展的需要。但经十年使用,我们发现,该教材还有诸多需改进的地方,遂决定结合近几年的课程建设和教学改革经验及对学生基础知识的分析,对《医科大学化学》系列教材进行改版,重新编写新版的医学化学系列教材,即现在的《基础化学》和《有机化学》,以适应教学改革的需要。

《基础化学》教材仍以“四大化学融合”为主旨,突破原来化学学科按二级学科设课之束缚,充分加强了各二级学科知识模块之间的有机结合,避免彼此不必要的重复,以加强化学学科的整体基础性。在此基础上,我们针对医学学生的特殊性 & 我校现有学时的限制,在强调基础和知识结构完整性的同时,将主要注意力放在化学基本概念的理解和应用上,如在讲述物理化学的内容中,有意减少或简化了一些无须医科学生掌握的公式推导和运算;在讲述无机化学的内容中,略去了有关元素化学部分的详细介绍;在讲述分析化学的内容时,略去了仪器分析有关仪器的基础而强调其应用性质等。总之,医学化学系列教材——《基础化学》将更适应医科学生的所学课时限制和医学化学基础的要求。

此外,在对目前国内外流行的生物医药类专业化学基础课教材进行了充分调研的基础上,力争在编写过程中,努力把握好基础知识与应用知识之间的结合度,尽力实现教材可读性与完整性,注重化学与医学和生物学的结合,以激起医科学生对化学的兴趣。所以,本教材具有如下特点。

1. 整合知识模块内容,建立课堂教学体系 全书将化学内容整合为“溶液理论”、“化学反应理论与电化学”、“物质结构”、“化学分析”和“仪器分析”5个模块,建立了“加强化学原理,突出定量训练,反映医学特色”的《基础化学》教学体系。在化学原理阐述时,根据现代医学研究的需要,有意加强了基础理论知识的系统性和完整性,但针对医学学生的特殊性,将主要注意力放在化学基本概念的理解和应用之上,减少或简化了无须医科学生掌握的公式推导和运算。此外,适当拓宽内容,如增加了“气体分压定律”、“亨利定律”,介绍了“定量分析过程”和“定量分析结果的表示”,增加了“相律”、“水的相图”“盐水体系相图”、“配位滴定反应的副反应系数与条件稳定常数”和“斯莱特规则”等,以突出化学中的定量概念,以满足医学化学的要求。所以,与传统的基础化学教材相比,本书适当拓宽了内容。

2. 注重知识衔接搭配,合理编排章节顺序 全书的章节编排,主要遵循知识内容的内在联系和与中学化学知识点的衔接。在充分考虑与大一学生数学基础协调的基础上,尽量实现化学理论知识的系统化,并能为后续《有机化学》课程提供相应的基础知识。如将相对较易理解的溶液理论编在前面3章,而将热力学与动力学内容适当后移(第6~8章),以与大一学生的数学基础协调;又如将结构化学与配位化学内容(第11~14章)融合,以保持结

构知识的系统性,为后续《有机化学》中分子结构讲解提供坚实的基础。为保持基础化学中实验教学的连贯性,本书还特意将化学分析中部分内容提前(第5章)及相关的“配位化学基础”移至第14章“晶体结构基础”之前,而与实验教学无缝对接。

3. 辅以案例阅读资料,启迪学生学习兴趣 全书每一章,都精心编制了1~2个典型案例分析,通过引出问题,介绍其背景和解决问题的思路,力图使学生加深对化学基本理论和基本知识的理解,以培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力以及科学探索精神。每章最后的“阅读资料”,围绕基础化学与生物医学的结合,以化学史话、化学在医学上的应用等形式,使医学学生提高学习化学的兴趣和领略科学大师的创造性思维。

4. 加强全程思考引导,有利培养自学能力 全书在每章开头,即开门见山展示该章的要点,章节中还有意穿插适当数量的思考题,每章结尾按“掌握”、“熟悉”和“了解”三层次对基本知识、基本理论给出了“复习指导”,书后按章节给出了部分习题的参考答案或解答提示,有利于学生自学时思考、复习和总结。同时,各章节中的重要专业名词的英文词汇列于每章之后,以便学生及时查找,为学生日后阅读专业文献和后续课程的双语教学奠定基础。

本教材从编写原则的确定、章节结构和内容的安排到初稿的完成;从编者的相互审阅到主编和副主编的全面审阅和修订,都凝结了集体的智慧。本书由中南大学梁逸曾教授任主编,王一凡、刘绍乾任副主编,并负责全书的编排设计、统稿和审订。各章编者分工如下:刘绍乾(第1、10章)、王曼娟(第2章)、何跃武(第3、4章)、向娟(第5、15、16章)、王一凡(第6、7、8章)、向阳(第9章)、钱频(第11章)、李战辉(第12章)、张寿春(第13章)、易小艺(第14章)、梁逸曾(第17章)。

本书的出版得到中南大学本科生院、化学化工学院和化学工业出版社的领导和同仁的大力支持和帮助,也得益于教育部精品课程建设、湖南省教育厅精品课程建设、湖南省教学改革研究课题、中南大学精品教材建设和中南大学基础化学课程改革等多项教改基金的支持,在此一并表示衷心的感谢!

限于编者的水平,我们诚恳希望阅读和使用本教材的广大师生对本书的不足之处,提出批评指正,也欢迎与我们直接交流。

编 者

2013年5月于岳麓山下

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 化学是一门中心科学	1
1.1.1 化学及其主要特征	1
1.1.2 化学与医学的关系	2
1.2 基础化学课程的内容和作用	3
1.2.1 基础化学课程介绍	3
1.2.2 如何学好基础化学	4
1.3 有效数字及其运算规则	5
1.3.1 有效数字的概念	5
1.3.2 有效数字位数的确定	6
1.3.3 有效数字的运算规则	7
1.4 我国的法定计量单位	7
1.5 溶液及其组成的量度	8
1.5.1 物质的量	8
1.5.2 物质的量浓度	9
1.5.3 质量摩尔浓度	10
1.5.4 物质的量分数	10
1.5.5 质量分数	11
1.5.6 体积分数	11
1.5.7 质量浓度	11
复习指导	12
英汉词汇对照	12
【阅读资料】 化学方法在医药领域中的应用 范例——抗疟疾药青蒿素的 发现及生产	12
习题	13
第 2 章 稀溶液的依数性	14
2.1 物质的状态与气体的变化	14
2.1.1 物质的存在形态	14
2.1.2 理想气体状态方程	14
2.1.3 道尔顿分压定律	16
2.1.4 真实气体与范德华方程	18
2.1.5 气体在液体中的 溶解——亨利定律	19
2.1.6 气体的液化与临界现象	20
2.2 溶液的蒸气压下降	21
2.2.1 纯物质的蒸气压	21
2.2.2 溶液的蒸气压 下降——拉乌尔定律	22
2.3 溶液的沸点上升	23
2.3.1 纯液体的沸点	23
2.3.2 溶液的沸点上升	23
2.4 溶液的凝固点降低	25
2.4.1 纯液体的凝固点	25
2.4.2 溶液的凝固点降低	25
2.5 溶液的渗透压	27
2.5.1 渗透现象与渗透压	27
2.5.2 渗透压与浓度温度的关系	28
2.5.3 渗透压在医学上的意义	28
复习指导	30
英汉词汇对照	31
【阅读资料】 血液净化技术	31
习题	31
第 3 章 电解质溶液	33
3.1 强电解质溶液理论	33
3.1.1 强电解质、弱电解质与解离度	33
3.1.2 强电解质溶液理论—— 离子互吸学说	35
3.1.3 活度与活度系数	35
3.1.4 活度系数与离子强度的关系	36
3.2 酸碱理论	37
3.2.1 酸碱理论的发展	37
3.2.2 酸碱的质子理论	38
3.2.3 酸碱的电子理论与 软硬酸碱规则	39
3.3 弱电解质溶液的解离平衡	41

3.3.1 水的解离平衡	41	3.5.1 溶解度与溶度积	50
3.3.2 弱电解质溶液的解离平衡	42	3.5.2 沉淀溶解平衡	52
3.4 酸碱溶液 pH 值的计算	45	3.5.3 沉淀的生成与溶解	54
3.4.1 强酸或强碱溶液	45	复习指导	57
3.4.2 一元弱酸或弱碱溶液	46	英汉词汇对照	58
3.4.3 多元酸碱溶液	47	【阅读资料】 智商与酸度	58
3.4.4 两性物质溶液	48	习题	58
3.5 难溶强电解质的沉淀与溶解平衡	50		
第 4 章 缓冲溶液	60		
4.1 缓冲溶液与缓冲原理	60	4.3.2 缓冲容量的影响因素	66
4.1.1 缓冲溶液及其组成	60	4.3.3 缓冲范围	67
4.1.2 缓冲溶液的作用原理	61	4.4 缓冲溶液的配制	67
4.2 缓冲溶液 pH 值的计算	62	4.4.1 缓冲溶液的配制方法	67
4.2.1 缓冲溶液 pH 值的近似计算	62	4.4.2 标准缓冲溶液	68
4.2.2 缓冲溶液 pH 值计算 公式的校正	64	4.5 缓冲溶液在医学上的意义	69
4.2.3 影响缓冲溶液 pH 值的因素	65	复习指导	70
4.3 缓冲容量和缓冲范围	65	英汉词汇对照	71
4.3.1 缓冲容量	65	【阅读资料】 人体内的酸碱平衡	71
		习题	71
第 5 章 化学分析法 (一)	73		
5.1 定量分析概述	73	5.3.3 标准溶液的配制和基准物质	80
5.1.1 定量分析过程	73	5.3.4 滴定分析的计量关系式	80
5.1.2 定量分析结果的表示	74	5.4 酸碱滴定法	81
5.2 分析结果的误差	74	5.4.1 酸碱指示剂	81
5.2.1 误差产生的原因与分类	74	5.4.2 酸碱滴定曲线与指示剂的选择	82
5.2.2 误差的表示方法	75	5.4.3 酸碱标准溶液的配制与标定	85
5.2.3 准确度与精密度的关系	77	5.4.4 酸碱滴定法的应用实例	86
5.2.4 提高分析结果准确度的方法	77	复习指导	87
5.3 滴定分析概述	79	英汉词汇对照	88
5.3.1 滴定分析术语与特点	79	【阅读资料】 滴定分析的历史	88
5.3.2 滴定分析对化学反应的 要求和滴定方式	79	习题	89
第 6 章 化学热力学基本定律与函数	90		
6.1 化学热力学简介	90	6.3 能量守恒和化学反应热效应	95
6.2 热力学常用术语	90	6.3.1 热力学第一定律	95
6.2.1 体系与环境	90	6.3.2 热化学	98
6.2.2 状态与状态函数	91	6.4 热力学第二定律和熵	105
6.2.3 过程与途径	92	6.4.1 自发过程和热力学第二定律	105
6.2.4 热力学能	92	6.4.2 熵和熵变	106
6.2.5 热和功	93	6.5 吉布斯自由能判据与	

标准吉布斯自由能变 $\Delta_r G_m^\ominus$	111	复习指导	115
6.5.1 吉布斯自由能与 吉布斯自由能判据	112	英汉词汇对照	115
6.5.2 吉布斯-亥姆霍兹公式与 标准吉布斯自由能变 $\Delta_r G_m^\ominus$	113	【阅读资料】 吉布斯与化学热力学的创立	116
		习题	116
第7章 化学平衡与相平衡	119		
7.1 化学平衡与标准平衡常数	119	7.4.2 压力对化学平衡的影响	126
7.1.1 化学平衡的基本特征	119	7.4.3 温度对化学平衡的影响	127
7.1.2 化学反应等温方程式	119	7.4.4 勒沙特列原理	128
7.1.3 标准平衡常数	121	7.5 相平衡	128
7.1.4 标准平衡常数的实验测定	122	7.5.1 相律	128
7.2 标准平衡常数的应用	123	7.5.2 单组分体系的相平衡	131
7.2.1 预测非标准态下的 化学反应方向	123	7.5.3 双组分体系相图及其应用	134
7.2.2 确定反应限度与平衡组成	124	复习指导	138
7.3 多重平衡与偶合反应	125	英汉词汇对照	139
7.4 化学平衡的移动	126	【阅读资料】 普里高津与耗散结构论	139
7.4.1 浓度对化学平衡的影响	126	习题	140
第8章 化学反应速率	142		
8.1 化学动力学简介	142	8.4.3 零级反应	154
8.2 化学动力学基本术语	143	8.5 温度对化学反应速率的影响	155
8.2.1 总包反应、元反应与 态-态反应	143	8.5.1 温度对反应速率影响的类型	155
8.2.2 反应机理	144	8.5.2 范特霍夫规则与 阿累尼乌斯方程	156
8.2.3 均相反应与多相反应	144	8.5.3 阿累尼乌斯方程的应用	156
8.2.4 化学反应速率的表示	144	8.6 化学反应速率理论简介	157
8.3 浓度对化学反应速率的 影响——速率方程	147	8.6.1 碰撞理论	158
8.3.1 元反应的速率 方程——质量作用定律	147	8.6.2 过渡态理论	160
8.3.2 复杂反应的速率方程	148	8.7 催化剂对化学反应速率的影响	161
8.3.3 反应速率常数、反应级数和 反应分子数	149	8.7.1 催化概念及其特征	161
8.3.4 确定速率方程的实验 方法——初始速率法	150	8.7.2 均相催化和多相催化	162
8.4 几种具有简单级数的反应及其特征	151	8.7.3 酶催化	164
8.4.1 一级反应	151	复习指导	165
8.4.2 二级反应	153	英汉词汇对照	165
		【阅读资料】 李远哲与交叉分子束 方法的发明	166
		习题	166
第9章 胶体化学	168		
9.1 分散系的分类	168	9.1.1 按照分散系的相数分类	168

9.1.2 按分散度分类	168	直接改善治疗效果	187
9.2 溶胶及其基本性质	170	9.6.2 利用电泳分离和研究蛋白质	188
9.2.1 溶胶的动力学性质	170	9.6.3 胶粒的扩散与“人工肾” 的原理	188
9.2.2 溶胶的光学性质	172	9.6.4 唐南平衡在医学和生物学中 起着重要的作用	188
9.2.3 溶胶的电学性质	173	9.6.5 凝胶和凝胶膜对生命 活动具有重要意义	188
9.2.4 胶团结构	175	9.6.6 乳状液和乳化剂在生命 科学中的实际应用	189
9.2.5 溶胶的相对稳定性与聚沉	176	9.6.7 制药工业中常作为增溶剂的 表面活性剂	189
9.3 大分子化合物溶液	178	9.6.8 生命科学中的极佳膜模拟 体系——表面活性剂的胶束 溶液及其界面吸附层	189
9.3.1 大分子化合物溶液的 形成与性质	178	复习指导	189
9.3.2 大分子电解质溶液	179	英汉词汇对照	190
9.3.3 膜平衡	181	【阅读资料】 硫化橡胶的发明——观察 与机遇捕捉法在化学 史上的成功运用案例	190
9.4 表面活性剂与乳状液	183	习题	190
9.4.1 表面活性剂	183		
9.4.2 乳状液与微乳状液	184		
9.5 凝胶	186		
9.5.1 凝胶与胶凝	186		
9.5.2 凝胶的分类	186		
9.5.3 凝胶的性质	186		
9.6 生命与胶体化学	187		
9.6.1 增加药物分散度可以			

第 10 章 电化学基础 191

10.1 氧化还原反应	191	10.4.1 电池电动势的计算	205
10.1.1 氧化值	191	10.4.2 判断氧化剂和还原剂的 相对强弱	205
10.1.2 氧化还原的概念	192	10.4.3 判断氧化还原反应进行的 方向	206
10.1.3 氧化还原反应方程式的配平	193	10.4.4 判断氧化还原 反应进行的程度	208
10.2 原电池与电池电动势	194	10.4.5 相关常数的求算	208
10.2.1 原电池	194	10.4.6 元素电势图及其应用	209
10.2.2 原电池的最大电功和 吉布斯自由能	196	10.5 电势法测定溶液的 pH 值	211
10.3 电极电势	197	10.5.1 常用参比电极	212
10.3.1 电极电势的产生—— 双电层理论	197	10.5.2 指示电极	212
10.3.2 标准氢电极	198	10.5.3 电势法测定溶液的 pH 值	214
10.3.3 电极电势的测定	198	10.6 电解	215
10.3.4 标准电极电势	199	复习指导	216
10.3.5 电极电势的能斯特方程及 影响电极电势的因素	200	英汉词汇对照	216
10.3.6 生物化学标准电极电势	204	【阅读资料】 心脏活动与电化学	217
10.4 电动势与电极电势的应用	205	习题	217

第 11 章 原子结构与元素周期律 219

11.1 微观粒子的基本特征	219	11.1.1 原子的组成	219
----------------------	-----	--------------------	-----

11.1.2 微观粒子的量子化特征	221	11.4.1 原子结构与元素周期表	238
11.1.3 微观粒子的波粒二象性	224	11.4.2 原子半径的周期性	240
11.1.4 测不准原理	225	11.4.3 电离能的周期性	241
11.2 单电子原子的结构	226	11.4.4 电子亲和能的周期性	241
11.2.1 核外电子运动状态的描述	226	11.4.5 元素电负性的周期性	242
11.2.2 量子数及其物理意义	228	11.5 元素和人体健康	242
11.2.3 波函数与电子云的图形	229	复习指导	244
11.3 多电子原子的结构	233	英汉词汇对照	244
11.3.1 多电子原子的轨道能级	233	【阅读资料】 德布罗意与波粒二象性	245
11.3.2 核外电子的排布规律	236	习题	246
11.4 元素周期律	238		
第 12 章 共价键与分子结构	247		
12.1 共价键理论	247	12.3.3 稳定结构的确定	257
12.1.1 路易斯理论与 H_2 分子	247	12.4 分子轨道理论	260
12.1.2 现代价键理论	248	12.4.1 分子轨道的形成	260
12.1.3 共价键的特点	249	12.4.2 分子轨道的应用示例	262
12.1.4 共价键的类型	249	12.5 分子间作用力	265
12.1.5 键参数	251	12.5.1 分子的偶极矩与极化率	265
12.2 杂化轨道理论	252	12.5.2 范德华力	267
12.2.1 杂化轨道理论的要点	253	12.5.3 氢键	269
12.2.2 轨道杂化类型与 分子的空间构型	253	复习指导	271
12.3 价层电子对互斥理论	256	英汉词汇对照	271
12.3.1 价电子对互斥理论的 基本要点	257	【阅读资料】 发现 DNA 分子结构的 科学家	272
12.3.2 价层电子对数的确定	257	习题	273
第 13 章 配位化学基础	274		
13.1 配合物的基础知识	274	13.4.3 八面体场中中心离子 d 电子的分布	289
13.1.1 配合物的组成	274	13.4.4 晶体场稳定化能 (CFSE)	290
13.1.2 配合物的分类	276	13.4.5 配离子的电子吸收光谱	292
13.1.3 配合物的命名	278	13.5 配位平衡	293
13.2 配合物的空间构型和异构现象	279	13.5.1 配位平衡的表示方法	293
13.2.1 配合物的空间构型	279	13.5.2 配合物平衡浓度的计算	294
13.2.2 配合物的异构现象	280	13.5.3 配位平衡的移动	294
13.3 配合物的价键理论	282	13.6 配合物在生物医药方面的应用	298
13.3.1 配合物价键理论的要点	282	13.6.1 配合物在生物方面的应用	298
13.3.2 配离子的空间构型与 杂化方式的关系	282	13.6.2 配合物在医药方面的应用	299
13.3.3 配合物的磁性	285	复习指导	300
13.4 配合物的晶体场理论	286	英汉词汇对照	300
13.4.1 中心离子 d 轨道的能级分裂	287	【阅读资料】 金属配合物抗癌药物	300
13.4.2 影响分裂能大小的因素	288	习题	301

第 14 章 晶体结构基础	303
14.1 晶体结构概述	303
14.1.1 晶体结构特征	303
14.1.2 晶体结构的表示方法	304
14.2 原子晶体与分子晶体	308
14.2.1 原子晶体	308
14.2.2 分子晶体	308
14.3 金属键理论与金属晶体	309
14.3.1 金属键理论	309
14.3.2 等径圆球的密置层与 非密置层	310
14.3.3 金属晶体的密堆积结构	311
14.4 离子键理论与离子晶体	312
14.4.1 离子键理论	312
14.4.2 离子晶体的结构型式	313
14.4.3 离子晶体的半径比规则	314
14.4.4 离子键强度与离子 晶体的晶格能	315
14.4.5 离子极化及其对键型、 晶型与物质性质的影响	316
14.5 过渡型晶体与晶体缺陷	318
14.5.1 过渡型晶体	318
14.5.2 晶体的缺陷	318
14.6 晶体结构测定理论基础和方法	319
14.6.1 晶体的 X 射线衍射效应	319
14.6.2 单晶结构测定简介	321
复习指导	323
英汉词汇对照	323
【阅读资料】 纳米材料在医学上的应用	324
习题	324
第 15 章 化学分析法 (二)	326
15.1 氧化还原滴定法	326
15.1.1 氧化还原滴定原理	326
15.1.2 高锰酸钾法	328
15.1.3 碘量法	329
15.2 配位滴定法	330
15.2.1 EDTA 与金属离子 整合反应的特点	330
15.2.2 配位滴定反应的副反应 系数与条件稳定常数	331
15.2.3 金属指示剂	332
15.2.4 配位滴定原理	333
15.2.5 标准溶液的配制与标定	334
15.2.6 配位滴定法的应用实例—— 混合离子测定	334
15.3 沉淀滴定法和重量分析法	334
15.3.1 沉淀反应的影响因素	335
15.3.2 沉淀滴定法	336
15.3.3 重量分析法	336
复习指导	337
英汉词汇对照	337
【阅读资料】 指示剂的发展史	337
习题	338
第 16 章 紫外-可见分光光度法	339
16.1 物质的吸收光谱	339
16.1.1 物质对光的选择性吸收	339
16.1.2 物质的吸收光谱	339
16.2 分光光度法的基本原理	340
16.2.1 透光率与吸光度	340
16.2.2 朗伯-比耳定律	341
16.3 紫外-可见分光光度法	341
16.3.1 分光光度计	341
16.3.2 定量分析方法	343
16.4 提高测量灵敏度与准确度的方法	345
16.4.1 分光光度法的误差	345
16.4.2 提高测量灵敏度与 准确度的方法	346
16.5 紫外分光光度法应用简介	347
16.5.1 定性鉴别	348
16.5.2 定量测定	348
16.5.3 有机化合物的结构分析	348
复习指导	349
英汉词汇对照	349
【阅读资料】 紫外-可见分光 光度计的发展	349
习题	350

第 17 章 仪器分析简介	351
17.1 概论	351
17.1.1 化学中的仪器分析方法	351
17.1.2 仪器分析的特点	352
17.1.3 分析仪器的主要性能指标	353
17.1.4 分析仪器和方法校正	355
17.1.5 仪器分析的发展趋势	355
17.2 光学分析法	356
17.2.1 电磁辐射和电磁波	356
17.2.2 光学分析方法	357
17.3 电化学分析方法	361
17.3.1 电化学分析方法的分类	361
17.3.2 电位分析法	362
17.3.3 极谱分析法	364
17.3.4 电化学分析方法的特点	365
17.4 色谱分析法	366
17.4.1 气相色谱分析	367
17.4.2 高效液相色谱分析法	368
复习指导	371
英汉词汇对照	372
【阅读资料】 生物大分子的仪器 分析方法	373
习题	373
附录	374
附录一 我国的法定计量单位	374
附录二 一些物质的基本热力学数据	376
附录三 弱酸、弱碱在水中的 解离常数 (298.15K)	378
附录四 一些难溶化合物的 溶度积常数 (298.15K)	379
附录五 标准电极电势 (298.15 K)	381
附录六 某些配离子的标准 稳定常数 (298.15K)	383
附录七 化学相关网站	383
部分习题参考答案	385
参考文献	392
元素周期表	395

第1章 绪论

本章介绍化学的定义、分类和基本特征，化学与医学的关系，基础化学课程的内容和作用，我国的法定计量单位。重点介绍有效数字及其运算规则，溶液及其组成的量度等基础知识，为后续各章节的学习奠定基础。

1.1 化学是一门中心科学

化学(chemistry)是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学，是人类认识世界，改造世界的主要方法和手段之一。传统上化学分为无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四个基础学科，但随着科学的发展，化学已经发展衍生出高分子化学、生物化学、放射化学和生物无机化学等许多新的分支。

1.1.1 化学及其主要特征

化学具有三大特征。

特征一：化学是一门以实验为基础的学科。“Chemistry”一词最早出现在1856年英国传教士韦廉森(Alexander Williamson)编的“格物探源”一书。“Chemistry”来源于拉丁语“alchemy(炼金术)”，后者源于阿拉伯语“al-kimiya”，而“al-kimiya”普遍认为来源于古埃及语“chemia”。在古埃及语中，“chemia”指的是金属加工和提纯、合金制取、贵金属仿制及伪制等制造金银的工艺。显然，化学起源于人类的生产劳动。我国古代在冶炼、染色、制盐、酿造、造纸、火药以及炼丹术等方面的发展直接推动了化学的发展。

特征二：化学的主要任务是创造新物质。通过化学反应，反应物变成生成物，可以创造新的化合物和新材料。目前，已发现的化学元素有100多种，以这些元素及其衍生物为基础，化学工作者以每10年几乎翻一番的速度发现和创造新的化合物。迄今，有机和无机化学物质多达2400余万种；生物序列4800余万条。每天更新约40000条。这些新分子、新物质都是当今人类社会赖以生存和发展的物质宝库。

特征三：化学是一门中心科学。“化学是中心科学”的说法是英国科学家、诺贝尔奖获得者罗宾逊(Robinson)提出的，科学技术发展的历史已雄辩地证明这一说法的正确性和科学性。原始人类从茹毛饮血发展到火的应用，劳动工具从石器时代进化到铁器时代，中国古代四大发明中的造纸、火药，都广泛涉及化学知识的运用。现代社会中，新建筑材料、新通讯材料、绿色农药、绿色化肥、新药、新能源等的开发和生产，都离不开化学。化学与我们生活中的衣、食、住、行等各方面都有着非常紧密的联系。原美国化学会主席布里斯罗(R. Breslow)在《化学的今天和明天——一门中心的、实用的和创造性的科学》一书中，有一段生动的叙述，大意如下：从早晨开始，我们从用化学产品建造的住宅和公寓中醒来。

家具是部分地用化学工业生产的现代材料制作的。我们用化学家们研制的肥皂和牙膏，穿上合成纤维和合成染料制成的衣着。即使天然的纤维（如羊毛或棉花）也经化学品处理和上色来改进它们的性质。农作物用肥料、除草剂和农药使之成长。家畜用兽医药来防病。维生素类可以加到食品中或制成片剂后服用。甚至我们购买的天然食品，诸如牛奶，也必须经过化学检验来保证纯度。我们的交通工具——汽车、火车、飞机——在很大程度上要依靠化学加工工业的产品。晨报是印刷在经化学方法制成的纸上，所用的油墨是由化学家们制造的，用于说明事物的照片要用化学家们制造的胶片。矿石经过以化学为基础的冶炼法变成金属或合金，成为我们生活中所用的金属制品。化学油漆能避免金属制品被氧化腐蚀。化妆品需由化学家制造和检验。执法用的和国防用的武器要依靠化学方法制造。事实上我们日常生活用品中很难找出有哪一种不是依靠化学和在化学家们的帮助下制造出来的。

在生产实践中，化学与信息、生命、材料、环境、能源、地球、空间和核科学八大朝阳科学（sun-rise sciences）紧密联系，相互渗透，产生了许多重要的交叉学科（见图 1-1）。

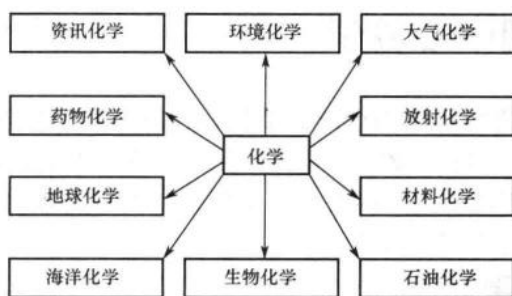


图 1-1 化学是中心科学

1.1.2 化学与医学的关系

化学与医学的关系十分密切。早在 18 世纪末，英国化学家 H. Davy 就发现了笑气（一氧化二氮）的麻醉作用。1846 年，美国牙科医生 William Thomas 在美国人 Jackson 的帮助下，通过多次实验发现了乙醚的麻醉作用。英国医生 Simpson 在乙醚吸入麻醉法的启发下，向一些化学家、医学家发信，征求气体化学药物，以寻求更安全有效的麻醉剂。经过不懈的努力，Simpson 发现法国化学家杜马寄给他的氯仿有很强的麻醉作用。后来普鲁卡因（Procaine）等局部麻醉剂也被相继发现。在麻醉剂被发现之前，外科医生手术时不用麻醉药，病人痛苦不堪，手术很难进行。这些麻醉药的使用使手术可以顺利完成，拯救了很多病人的生命。但是，手术成功后仍有不少患者因为术后创口的不易愈合而感染，导致病人死亡。1864 年，英国著名医生，被称为“外科消毒之父”的 Joseph Lister 在法国微生物学家、化学家、被誉为“细菌学之祖”的 Louis Pasteur 的“细菌是物质产生腐败的原因”的报告启发下，开始了寻找临床消毒剂的试验。经过大量的实验，Joseph Lister 于 1865 年发现利用石炭酸（苯酚）作消毒剂进行临床试验，创口感染死亡的病例大大下降。经过方法的改进，到 1869 年，在 Joseph Lister 主管的病房中，术后病人的死亡率迅速从 45% 下降到 15%。

在磺胺类药物问世之前，西医对于炎症，尤其是对流行性脑膜炎、肺炎、败血症等，仍然感到十分棘手，死亡率很高。1932 年，德国内科医生 Gerhard Domagk 经过数千次的实验，惊喜地发现，将一种由偶氮染料和一个磺氨基结合而成的橘红色化合物注射给被链球菌感染的小鼠，这些小鼠不但没死，反而日渐康复。该橘红色化合物的商品名叫“百浪多息”，

是一种早在1908年就能人工合成的染料。后来,就是这个百浪多息拯救了Gerhard Domagk受链球菌感染而奄奄一息的女儿。这也是磺胺的首次人体应用试验。在此启发下,化学家们制备了很多类型的磺胺药物,如1937年研制出了“磺胺吡啶”,1939年研制出了“磺胺噻唑”,1941年研制出了“磺胺嘧啶”等,开创了今天的抗生素领域。磺胺的应用挽救了千万人的生命,它的发现者Gerhard Domagk于1939年获得了诺贝尔医学与生理学奖。

现代化学与医学的联系更加密切。医学的主要任务是研究人体生理、病理和心理现象中的规律,以寻求诊断、治疗和预防疾病的有效方法,保障人类健康。这些都与化学密切相关。例如,生物化学就是在无机化学、有机化学和生理学的基础上发展起来的研究生命活动的一门学科。它利用化学的原理和方法,研究人体各组织的组成、亚细胞结构和功能、物质代谢和能量变化等生命活动。新药的发现、设计和生产过程中,更离不开化学方法。要设计新药,首先要能够在细胞、分子水平上深入地了解疾病发生的机理,只有阐明了疾病发生的分子机理,才可能有针对性地设计药物,然后合成,筛选,化学修饰,再合成,最后投入生产。例如,达菲(磷酸奥司他韦, Oseltamivirphosphate)是公认的抗禽流感、甲型H1N1病毒、亚型H7N9病毒最有效的药物之一。达菲的研发始于20世纪40年代美国洛克菲勒研究所的科学家对流感病毒的研究,在达菲的研发过程中,研究人员根据实验的要求在计算机上设计出了600多种化合物,交给化学家合成,然后由生物学家进行测试。经过数百次的修饰和筛选,直到1999年奥司他韦才被美国食品与药品管理局批准上市。2011年我国科学家屠呦呦因青蒿素研究成果获美国最有声望的生物医学奖——拉斯克临床医学奖,在她提取青蒿素的过程中,其成功的关键方法就是采用乙醚等低沸点化学溶剂冷浸萃取法。显然,没有化学方法的应用,是不可能取得这些成就的。

Nobel奖是当今世界最享盛誉、最具权威性的国际大奖,纵观一百多届诺贝尔化学奖获奖人的获奖工作,充分揭示了现代化学与医学的密切联系。例如:1902年, Hermann Emil Fischer因研究糖和嘌呤衍生物的合成而获奖;1930年, Hans Fischer因研究血红素和叶绿素,合成血红素而获奖;1958年, Frederick Sanger因测定胰岛素分子结构而获奖;1984年, Brace Merrifield因研究多肽合成而获奖;特别是从2001年到2010年的10届诺贝尔化学奖中,有6届授予了在生命科学研究中取得突出成就的科学家。生命现象的物质基础和有机分子的生物功能是生命科学研究的永恒主题,而无机化学与生物化学结合,有机化学与生物化学相结合,从分子水平来研究生物学问题,既是化学也是生命科学研究的前沿之一。近几十年来,分子生物学的蓬勃发展,也是源于化学方法在生物高分子研究中的突破,使得人类能够解开遗传的奥秘并在分子水平上了解生命现象。

在生命科学高度发展的今天,医学工作者和生命科学家们越来越体会到化学对生命科学发展的重要性。美国著名化学家R. Breslow曾经指出:“考虑到化学在了解生命中的重要性和药物化学对健康的重要性,在医务人员的正规教育中涵盖不少化学课程就不足为奇了。”所以,在高等医学教育中,不论是中国还是任何其他发达国家,历来都将化学作为医学专业学生的重要基础课。

1.2 基础化学课程的内容和作用

1.2.1 基础化学课程介绍

基础化学是我国高等医学院校为一年级学生开设的第一门化学课。它涉及无机化学、分

析化学和物理化学的一些基础知识和基本原理，其内容是根据医学专业的特点而选定的，主要包括分散系及水溶液中的性质、有关理论和应用，化学反应的基本原理，物质结构与性质的关系，滴定分析方法和分光光度法等。在保证化学的基本原理、基础知识的前提下，紧密结合和突出化学与医学的联系，介绍化学在医学中的应用。为了适应现代医学的需要，还增加了对现代仪器分析方法的介绍。

基础化学的教学任务是向高等医学院校一年级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，将基础性、学科性和医学性有机结合，为学生后续课程，如有机化学、生物化学、药理学、生理学等专业基础课程的学习打下较为广泛和较为深入的基础。同时，通过实验课的训练，让学生掌握基本的实验技能，使学生养成实事求是的科学态度和严谨细致的工作作风，培养学生科学的世界观和方法论，训练学生的专业素质，开发学生的创新意识。

1.2.2 如何学好基础化学

基础化学是医学专业学生进入大学后的第一门重要的基础课，如何深入扎实地学习并掌握其基础理论和基本概念，同时在学习这些化学基本原理和知识的基础上，尽快地适应大学的学习模式和方法，不仅对本课程的学习十分重要，而且对后续课程的学习，甚至对学生在未来工作中的专业发展都影响深远。

首先，学习态度是学好基础化学的关键。1919年，心理学家 W. MacDougal 和 W. Smith 在一项实验中发现，积极的学习态度对学习速度有促进作用。1952年，Carry 在总结一项实验研究时指出，男女大学生对解决问题不同的态度，直接影响解决问题的效果。研究表明，学生的学习态度不仅直接影响学习行为，而且还直接影响着学习成绩。那些喜欢学习，认为学习很有意义的学生，上课能认真听讲，积极地跟踪老师的思维，认真做好笔记，课后能主动地复习并按时完成作业，学习成绩优良。相反，那些对学习不感兴趣，认为学习无用的学生，在课堂上不认真听课，课后更不复习，不按要求完成作业，当然学习效果不好。由此可见，学生学习态度的好坏与其学习效果密切相关。因此，要学好基础化学，首先必须明白该课程对医学学生的重要性，树立一个正确的学习态度。在基础化学的学习过程中，由于种种原因，比如老师的教学水平不尽相同，某些章节与医学的联系不多，特别是某些高年级学长对学习化学课程的误导等，造成一些学生对基础化学课程的学习兴趣不高，认为没有必要花太多的时间去学习这门课程，从而导致学习成绩差，甚至不及格，严重影响后续课程的学习的情况时有发生。这些都是因为学生没有理解化学与医学的关系，没有端正学习态度而造成的。

学习方法是学好基础化学的保障。基础化学是无机化学、分析化学和物理化学的一些基础知识和基本原理的提炼和融合，知识覆盖面广，信息量大，内容浓缩简洁。因此，要学好基础化学，必须做好预习。在每章教学之前，通篇浏览一下整章内容，对内容的重点难点有一定的了解，为课堂听课争取主动，从而提高学习效率。这就是一种积极的学习态度。

课堂认真听课对学好一门课程十分重要。教师的每一堂课都是根据教学计划精心准备的。课堂上教师通过文字、图示、动画、讲解、比拟、分析、推理、归纳、总结等多种方式，以利突出重点，化解难点，帮助学生理解、消化、掌握教学内容。学生听课时特别要注意弄清基本原理、基本概念，同时要注意教师提出的问题，以及分析问题和解决问题的思路和方法。如果学生课前有预习，课堂上又能认真听课，有重点地做课堂笔记的话，那他一定会学得轻松，达到事半功倍的学习效果。

课后复习是消化掌握所学课堂知识的一个至关重要的环节。基础化学课程的特点是理论性强,知识点多,有些概念比较抽象,往往在课堂上不能完全听懂,这就需要课后对课堂内容的进一步消化、掌握。课后复习的最常见方式就是做作业或课外练习。完成作业的过程中需要运用书本知识,请教同学、老师,查阅参考资料等,这就是一个重新学习、理解、消化、巩固和掌握的过程。也是培养学生独立思考和分析、解决问题能力的过程。

提倡自主学习,培养自学能力,是大学的主要培养目标之一。对每一门课程,学生除了要认真完成上述的预习、听课、复习、做课堂练习外,还应该在教师的指导下利用图书馆、专业网站查阅相关的参考书刊、文献等,解决课堂上和课外练习中遇到的问题。不管什么教材,内容毕竟有限,而且教材内容可能会因编者的观点、能力而受限,这些都会影响学生对教材内容的理解和掌握。如果能够查阅文献书刊,利用互联网,不仅可以加深理解课堂内容,还可以扩大知识面,活跃思维,开阔视野,提高学习兴趣。遇到专业问题去图书馆,上互联网,这是大学生必须养成的一个习惯,是大学生有别于中学生的一个基本专业素质。

化学是一门建立在实验基础上的学科,《基础化学实验》是《基础化学》的姊妹课程,基础化学理论课与实验课实际上是一个整体,它们相互补充和完善。在学习中,实验可以加深感性认识,而理论可以加深对感性认识的理解,从而更牢固地掌握基础化学知识。

1.3 有效数字及其运算规则

1.3.1 有效数字的概念

在任何实验中,只要是用仪器测量的数据总是存在误差的,准确度是有限的,只能以一定的近似值来表示。这个近似值不仅表达测量值的大小,而且反映测量的准确程度。在测定实验数据时,应保留多少位数?计算结果应保留几位数字?才能正确地反映出测量的准确度,要正确地解决这些问题,必须了解有效数字的概念。

有效数字 (significant figure) 就是一种既能表达数值大小,又能表明测量值准确程度的数字表示方法。具体地说,是指在分析工作中实际能够测量到的数字。所谓能够测量到的数值包括了最后一位估计的、不确定的数字。通过直读获得的准确数字叫做可靠数字;通过估读得到的那部分数字叫做存疑数字或者不可靠数字。有效数字包括测量结果中全部准确数和一位存疑数字,存疑数字的误差为 ± 1 。例如,用一测量误差为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$ 的温度计测量某溶液的温度,温度计水银柱的液面停留在 $65.5\sim 65.6^\circ\text{C}$ 之间无刻度部分的中间位置(见图1-2),则该溶液温度测量数据可以记录为 65.55°C 。该数据中前三位数 65.5 是可以从温度计上准确读取的,是准确数字,末尾的 5 是根据水银柱液面停留的位置估计的,是存疑数字。因此, 65.55°C 就是包括了三位准确数和一位存疑数的有效数字。

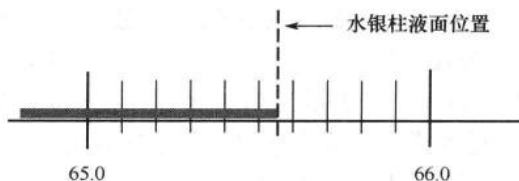


图 1-2 温度计读数示意图