

全国普通高等教育临床医学专业 5+3 “十三五” 规划教材

供临床医学、预防医学、口腔医学  
医学影像学、医学检验学等专业用

# 基础化学

(第2版)

主编 黄锁义

*Basic Chemistry*

(2nd Edition)

江苏凤凰科学技术出版社  
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



## 全国普通高等教育临床医学专业5+3“十三五”规划教材

供临床医学、预防医学、口腔医学、医学影像学、医学检验学等专业用

病理生理学(第2版)	生物化学(第2版)
病理学(第2版)	外科学(第2版)
传染病学(第2版)	卫生法学(第2版)
大学生心理健康教育(第2版)	系统解剖学(第2版)
儿科学(第2版)	眼科学(第2版)
耳鼻咽喉头颈外科学(第2版)	药理学(第2版)
法医学(第2版)	医学分子生物学(第2版)
妇产科学(第2版)	医学伦理学(第2版)
核医学(第2版)	医学免疫学(第2版)
<b>基础化学(第2版)</b>	医学统计学(第2版)
急诊与灾难医学(第2版)	医学微生物学(第2版)
精神病学(第2版)	医学物理学(第2版)
局部解剖学(第2版)	医学心理学(第2版)
皮肤性病学(第2版)	医学影像学(第2版)
康复医学(第2版)	医院感染学(第2版)
口腔医学(第2版)	有机化学(第2版)
临床流行病学(第2版)	诊断学(第2版)
临床药理学(第2版)	中医学(第2版)
临床医学导论(第2版)	组织学与胚胎学(第2版)
流行病学(第2版)	局部解剖学实践指导及习题集(第2版)
内科学(第2版)	人体寄生虫学实验与学习指导(第2版)
全科医学概论(第2版)	眼科学学习指导(第2版)
人体寄生虫学(第2版)	有机化学学习指导(第2版)
神经病学(第2版)	医学物理学学习指导(第2版)
生理学(第2版)	生理学实验及学习指导



◀ 购书请扫凤凰医学微店二维码

团购电话: 025-83657618  
投稿交流: fhxltougao@163.com

ISBN 978-7-5537-8676-6



9 787553 786766 >

定价: 39.80元

全国普通高等教育临床医学专业 5+3 “十三五”规划教材

再版说明

供临床医学、预防医学、口腔医学  
医学影像学、医学检验学等专业用

# 基础化学

(第2版)

Basic Chemistry

(2nd Edition)

主 编 黄锁义

副主编 高先娟 母昭德

编 委 (按姓氏笔画排序)

母昭德 (重庆医科大学)

陈永洁 (重庆医科大学)

陈志琼 (重庆医科大学)

杜艳青 (内蒙古医科大学)

陆海峰 (右江民族医学院)

张玉军 (齐鲁医药学院)

钟兆银 (右江民族医学院)

高先娟 (齐鲁医药学院)

高洁莹 (重庆医科大学)

梁凤英 (内蒙古医科大学)

黄锁义 (右江民族医学院)

臧慧敏 (内蒙古医科大学)

“全国普通高等教育临床医学专业 5+3 十三五”规划教材”出版 5 年来,在 40 余所医学院校广泛使用中,得到了广大师生的普遍认可,为更好地贯彻落实《国家中长期教育规划纲要(2010—2020 年)》精神,进一步响应《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》和《国务院关于深化医教协同促进医学教育发展的意见》,在广泛征求意见的基础上,再次组织全国第一流教材编写专家,对教材进行了全面修订。

1. 突出“5+3”临床医学专业教材特色。本套教材紧扣《全国普通高等教育临床医学专业 5+3 一体化培养方案》,根据“四证”(本科学历证、执业医师资格证、住院医师规范化培训合格证和硕士研究生学位证)培养目标,紧密结合临床实践工作编写,由浅入深,循序渐进,力求实现由“5+1”临床医学专业知识体系,向“5+3”临床医学专业人才培养体系的转变,体现“5+3”临床医学专业人才培养能力与实践能力培养的要求,反映“5+3”临床医学专业教学核心课程的教学内容。

2. 注重教材的衔接性。本套教材初版曾荣获“国家级精品教材”称号,在编写过程中,注重与相关教材的衔接,体现科学性、前瞻性、启发性、实用性,“三特定”(特定的对象、特定的内容、特定的安排),深入浅出,适应“5+3”本科教学的需要。

3. 体现当代临床医学先进发展成果。本套教材汲取了国内外最新研究成果,借鉴了国际先进教材的优点,结合我国现行临床实践的实际情况,力求体现当代医学科学发展的新成果。

4. 强调临床应用性。为促进专业学生毕业后住院医师规范化培训与临床工作的联系,深化学生对所学知识的理解,实现早临床、多临床,提高临床实践能力。

5. 强调了全套教材的整体优化。本套教材不仅追求单本教材的优化,更注重全套教材的整体优化,注意到了不同教材内容的联系和衔接,避免内容重复。

6. 兼顾教学内容的包容性。本套教材的编写来自全国不同类型、不同层次、不同地区的医学教育,力求体现不同层次、不同地区的医学教育要求,内容涵盖了不同层次、不同地区、不同层次、不同地区的医学教育。

7. 突出教材个性。本套教材充分尊重了不同层次、不同地区、不同层次、不同地区的医学教育个性,对教材的编写进行了个性化设计,力求体现不同层次、不同地区、不同层次、不同地区的医学教育特色。

8. 教材编写注重实用性。本套教材在编写过程中,注重实用性,力求做到“学以致用”,为临床工作提供有力的理论支持。

9. 在不增加学生负担的前提下,力求做到教材内容的科学性、先进性、实用性、启发性、实用性。

本套教材的编写出版,得到了广大临床、教学、科研和写作经验,相关单位和人才培养起到积极的推动作用。

江苏凤凰科学技术出版社  
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



## 图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 黄锁义主编. —2 版. —南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2018.3

全国普通高等教育临床医学专业 5+3“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5537-8676-6

I. ①基… II. ①黄… III. ①化学—高等学校—教材  
IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 274323 号

## 基础化学(第 2 版)

---

总 策 划 樊 明 谷建亚  
主 编 黄锁义  
责任编辑 钱新艳  
责任校对 郝慧华  
责任监制 曹叶平 方 晨

---

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社  
出版社地址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009  
出版社网址 <http://www.pspress.cn>  
照 排 南京紫藤制版印务中心  
印 刷 江苏扬中印刷有限公司

---

开 本 880 mm×1 230mm 1/16  
印 张 14.75  
字 数 405 000  
版 次 2018 年 3 月第 2 版  
印 次 2018 年 3 月第 1 次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5537-8676-6  
定 价 39.80 元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

# 再版说明

## 第2版前言

“全国普通高等教育临床医学专业5+3‘十二五’规划教材”出版5年来,在40余所医学院校的推广使用中,得到了广大师生的普遍认可,对推进我国医学教育的健康发展、保证教学质量发挥了重要作用。为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》和《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》精神,进一步响应教育部推进教学改革的号召,推动医学专业学科发展,适应教育现状和实践的变化,凤凰出版传媒集团江苏凤凰科学技术出版社在总结汲取上一版教材成功经验的基础上,再次组织全国从事一线教学、科研、临床工作的专家、学者,对本套教材进行了全面修订,推出这套全新版“全国普通高等教育临床医学专业5+3‘十三五’规划教材”。

本套教材包括基础课程、专业课程44种,部分教材还编写了相应的配套教材。其编写特点如下:

1. 突出“5+3”临床医学专业教材特色 本套教材紧扣“5+3”临床医学专业的培养目标和专业认证标准,根据“四证”(本科毕业证、执业医师资格证、住院医师规范化培训证和硕士研究生毕业证)考核要求,紧密结合教、学、临床实践工作编写,由浅入深、知识全面、结构合理、系统完整。全套教材充分突出“5+3”临床医学专业知识体系,渗透“5+3”临床医学专业人文精神,注重体现素质教育和创新能力与实践能力的培养,反映“5+3”临床医学专业教学核心思想和特点。

2. 体现教材的延续性 本套教材仍然坚持“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性)、“三特定”(特定的对象、特定的要求、特定的限制)的原则,强调内容的合理安排,深浅适宜,适应“5+3”本科教学的需求。

3. 体现当代临床医学先进发展成果 本套教材汲取了国内外相关经典教材最新版本的新内容,借鉴了国际先进教材的优点,结合我国现行临床实践的实际情况和要求,并创造性地加以利用,反映了当今医学科学发展的新成果。

4. 强调临床应用性 为促进专业学位教育与住院医师规范化培训的紧密衔接,教材加强了基础与临床的联系,深化学生对所学知识的理解,实现早临床、多临床、反复临床的理念。

5. 强调了全套教材的整体优化 本套教材不仅追求单本教材的系统 and 全面,更是强调了全套教材的整体优化,注意到了不同教材内容的联系和衔接,避免遗漏和重复。

6. 兼顾教学内容的包容性 本套教材的编者来自全国几乎所有省份,教材的编写,兼顾了不同类型学校和地区的教学要求,内容涵盖了临床执业医师资格考试的基本理论大纲的知识点,可供全国不同地区不同层次的学校使用。

7. 突出教材个性 本套教材在保证整体优化的前提下,强调了各教材的个性。例如,技能性课程突出了技能培训,人文课程增加了知识拓展,专业课程则增加了案例导入和案例分析。

8. 各科均根据学校的实际教学时数编写,文字精练,有利于学生对重要知识点的掌握。

9. 在不增加学生负担的前提下,根据学科需要,部分教材采用彩色印刷,以提高教材的成书品质和内容的可读性。

本套教材的编写出版,得到了广大医学院校的大力支持,作者均来自各学科教学一线,具有丰富的临床、教学、科研和写作经验。相信本套教材的出版,必将对我国当下临床医学专业“5+3”教学改革和专业人才培养起到积极的推动作用。

## 第2版前言

为适应医药卫生体制改革的总体要求,国家教育部决定,“十二五”期间在高等医学院校逐步建立“5+3”模式医学教育改革(即5年在校教育+3年住院医师规范化培训)。此项教学改革强调了与国际先进的医学教育理念相接轨的重要性,旨在培养基础扎实、临床过硬的高水平医师。《基础化学》(第1版)是根据全国普通高等教育临床医学专业“5+3”教学改革“十二五”规划教材编审委员会和主编会议精神进行编写的。这次修订认真总结了《基础化学》(第1版)教材各使用单位的经验,对不足之处进行了修订和完善。

本次修订体现第1版教材的延续性,内容是以五年制教育为主,衔接住院医师规范化培训和全国硕士研究生统一招生考试,为了与毕业后教育接轨,本次教材的修订内容涵盖临床执业医师资格考试的基本理论内容。修订版保持第1版的优点,去除了不适应现阶段教学和临床实践的内容,紧跟学科发展,注重创新性、板块优化等,做到精编、精选、实用;反映新世纪教学内容和科学发展的成果,反映“5+3”临床医学专业教学核心思想和特点;吸取国内外最新知识和最新的经验,提高教材的可读性;进一步注重全套教材的整体优化,教材内容满足培养临床医学生各项能力的要求,满足不同地区、不同使用者的要求,为专业课的开设打下坚实的基础。

基于以上指导思想,《基础化学》(第2版)在“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性)、“三特定”(特定的对象、特定的要求、特定的限制)的基础上提出了以下编写修订思路:①结合临床,包括教材内容与临床医学教育紧密结合,突出化学知识的临床应用,选用联系临床的应用实例、习题等;②每章设“学习要求”,使学生的学习有针对性,有利于提高学习效果;③每章设“思考与讨论”,进一步提高学生的学习兴趣,让学生带着问题学习,可以更好地培养学生分析问题、解决问题的能力;④每章后设“本章小结”,使学习条理化,同时培养学生归纳总结的能力;⑤更新教学和人才培养模式的观念,注重教材内容的启发性;⑥优化教材,使内容适当、难度适中,章节顺序合理,论述严谨,语言流畅简洁,层次分明,术语规范,图表直观,可读性强,有利于教师讲授和学生学习。

本教材内容共13章,按授课56学时编写,各院校可根据具体情况进行增减,目录上标“\*”的为选学内容,供教学时参考和学生自学。

衷心感谢编委所在的各院校对编写修订工作给予了热情鼓励和大力支持。衷心感谢各院校专家、教师和学生对《基础化学》(第1版)的充分肯定及合理建议,并诚恳希望大家继续关注第2版。

本教材为教改教材,书中若有不妥和错误之处,敬请批评指正。

黄锁义

2017年12月

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 化学研究的对象和目的	1
第二节 化学与医学的关系	2
第三节 基础化学的内容和学习方法	2
第四节 数字的科学表达	3
一、有效数字的概念	3
二、有效数字的运算规则	4
第五节 溶液组成标度的表示方法	4
一、物质的量	5
二、物质的量浓度	5
三、质量浓度	6
四、质量摩尔浓度和摩尔分数	6
五、质量分数和体积分数	7
第二章 稀溶液的依数性	9
第一节 溶液的蒸汽压下降	9
一、蒸汽压	9
二、溶液的蒸汽压下降——Raoult 定律	11
第二节 溶液的沸点升高与凝固点降低	12
一、溶液的沸点升高	12
二、溶液的凝固点降低	14
第三节 溶液的渗透压力	15
一、渗透现象与渗透压力	15
二、溶液的渗透压力与浓度及温度的关系	16
三、电解质稀溶液的依数性	17
四、渗透压力在医学上的意义	17
第三章 电解质溶液	21
第一节 强电解质溶液理论	21
一、电解质和解离度	21
二、强电解质溶液理论要点	22
三、离子的活度和离子强度	22
第二节 酸碱质子理论	23
一、酸碱的概念	23
二、酸碱反应的实质	24
三、酸碱强度	24

第三节	水溶液中质子转移平衡 .....	25
一、	水的质子自递和溶液的 pH .....	25
二、	弱酸、弱碱的解离平衡及其平衡常数 .....	27
三、	共轭酸碱解离常数的关系 .....	27
四、	酸碱平衡的移动 .....	28
第四节	酸碱溶液 pH 的计算 .....	29
一、	一元弱酸或弱碱溶液 .....	29
二、	多元酸碱溶液 .....	31
三、	两性物质溶液 .....	32
第五节	难溶强电解质的沉淀溶解平衡 .....	33
一、	溶度积和溶度积规则 .....	34
二、	沉淀平衡的移动 .....	35
第四章	缓冲溶液 .....	39
第一节	缓冲溶液及缓冲机制 .....	39
一、	缓冲溶液及其组成 .....	39
二、	缓冲溶液的作用机制 .....	40
第二节	缓冲溶液 pH 的计算 .....	41
一、	Henderson - Hasselbalch 方程式 .....	41
二、	缓冲溶液 pH 计算公式的校正 .....	43
第三节	缓冲容量和缓冲范围 .....	43
一、	缓冲容量 .....	43
二、	影响缓冲容量的因素 .....	44
三、	缓冲范围 .....	45
第四节	缓冲溶液的配制 .....	45
一、	缓冲溶液的配制方法 .....	45
二、	标准缓冲溶液 .....	47
第五节	缓冲溶液在医学上的意义 .....	48
第五章	胶体 .....	51
第一节	分散系 .....	51
一、	分散系的概念和分类 .....	51
二、	胶体分散系的表面特性 .....	52
三、	表面活性剂和乳状液 .....	53
第二节	溶胶 .....	55
一、	溶胶的基本性质 .....	55
二、	胶团结构及溶胶的稳定性 .....	56
三、	气溶胶 .....	59
第三节	高分子溶液与凝胶 .....	59
一、	高分子溶液 .....	59
二、	凝胶 .....	62
第六章	化学热力学基础 .....	64
第一节	热力学基本概念 .....	64
一、	系统和环境 .....	64

1001	二、状态和状态函数 .....	65
1011	三、过程和途径 .....	65
1021	四、热和功 .....	65
1031	第二节 化学反应热效应 .....	66
1041	一、热力学能和热力学第一定律 .....	66
1051	二、系统的焓变和等压反应的热效应 .....	66
1061	三、反应进度、热化学方程式与标准态 .....	67
1071	四、Hess 定律和反应热的计算 .....	68
1081	第三节 化学反应的方向和限度 .....	70
1091	一、自发过程及其特征 .....	70
1101	二、熵与熵变 .....	70
1111	三、Gibbs 自由能与化学反应的方向 .....	72
1121	第四节 化学平衡 .....	73
1131	一、化学平衡与标准平衡常数 .....	73
1141	二、标准平衡常数的计算 .....	74
1151	三、化学平衡移动的方向 .....	75
1161	*第五节 生命现象中的化学热力学 .....	77
1171	一、能量代谢与微量量热技术 .....	77
1181	二、非平衡态热力学与生命健康 .....	78
1191	第七章 化学反应速率 .....	80
1201	第一节 化学反应速率及其表示方法 .....	80
1211	第二节 化学反应速率理论简介 .....	82
1221	一、有效碰撞理论 .....	82
1231	*二、过渡状态理论 .....	83
1241	第三节 浓度对化学反应速率的影响 .....	84
1251	一、基元反应和复杂反应 .....	84
1261	二、质量作用定律与速率方程式 .....	84
1271	三、反应级数 .....	86
1281	四、具有简单级数反应的特征 .....	87
1291	第四节 温度对化学反应速率的影响 .....	89
1301	*一、van't Hoff 规则 .....	89
1311	二、Arrhenius 方程式 .....	89
1321	第五节 催化剂对化学反应速率的影响 .....	91
1331	一、催化剂与催化作用 .....	91
1341	二、催化作用理论 .....	92
1351	三、生物催化剂——酶 .....	93
1361	第八章 氧化还原反应与电极电势 .....	96
1371	第一节 氧化还原反应 .....	96
1381	一、氧化值 .....	96
1391	二、氧化还原反应 .....	97
1401	第二节 原电池与电极电势 .....	98
1411	一、原电池 .....	98

20	二、电极电势的产生与测量	100
20	三、标准电极电势	101
20	第三节 电极电势的 Nernst 方程式及其影响因素	103
20	一、电极电势的 Nernst 方程式	103
20	二、电极溶液中物质浓度对电极电势的影响	104
20	第四节 电极电势与电池电动势的应用	106
20	一、比较氧化剂或还原剂的强弱	106
20	二、判断氧化还原反应进行的方向	107
07	三、判断氧化还原反应进行的限度	108
07	第五节 电势法测定溶液的 pH	109
07	一、常用参比电极	109
07	二、指示电极	110
07	三、复合电极	110
07	四、电势法测定溶液的 pH	110
07	第六节 电化学和生物传感器简介	111
07	一、传感器的概述和基本原理	111
07	二、电化学生物传感器及其应用	111
	<b>第九章 原子结构和元素周期律</b>	114
07	第一节 核外电子运动状态及特性	114
08	一、氢原子光谱和玻尔理论	114
08	二、de Broglie 关系式	115
08	三、Heisenberg 测不准原理	116
08	四、Schrödinger 方程	117
08	第二节 氢原子的原子轨道	118
08	一、量子数与原子轨道	118
08	二、原子轨道的角度分布	119
08	三、原子轨道的径向分布	121
08	第三节 多电子原子的核外电子排布	122
08	一、多电子原子的能级	122
08	二、基态原子核外电子排布	124
08	第四节 元素周期表与元素周期律	125
08	一、元素周期表	125
08	二、元素性质的周期性变化规律	127
	<b>第十章 共价键与分子间力</b>	131
00	第一节 现代价键理论	131
00	一、氢分子的形成	131
00	二、现代价键理论的要点	132
00	三、共价键的类型	133
00	四、键参数	134
00	第二节 杂化轨道理论	135
00	一、杂化轨道理论的要点	135
00	二、轨道杂化类型及实例	136

881	*第三节 价层电子对互斥理论 .....	139
881	第四节 分子轨道理论简介 .....	141
881	一、分子轨道理论的要点 .....	141
181	二、分子轨道理论的应用 .....	142
881	第五节 分子间作用力 .....	143
881	一、分子的极性和极化 .....	144
881	二、范德瓦耳斯力 .....	144
981	三、氢键 .....	146
	<b>第十一章 配位化合物</b> .....	149
901	第一节 配合物的基本概念 .....	149
881	一、配合物的定义 .....	149
181	二、配合物的组成 .....	149
181	三、配合物的命名 .....	151
101	第二节 配合物的化学键理论 .....	152
101	一、配合物的价键理论 .....	152
801	*二、配合物的晶体场理论 .....	155
901	第三节 配位平衡 .....	159
801	一、配位平衡常数 .....	159
801	二、配位平衡的移动 .....	160
901	第四节 螯合物 .....	163
801	一、螯合物与螯合效应 .....	163
808	二、影响螯合物稳定的因素 .....	164
818	三、配合物与医学 .....	164
	<b>第十二章 滴定分析</b> .....	167
	第一节 滴定分析法概述 .....	167
101	一、滴定分析的基本概念 .....	167
101	二、滴定分析的操作程序 .....	168
101	三、滴定分析的计算 .....	169
101	四、滴定分析的结果和误差 .....	170
	第二节 酸碱滴定法 .....	171
101	一、酸碱指示剂 .....	172
101	二、强碱滴定强酸 .....	173
101	三、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱) .....	175
101	四、多元酸和多元碱的滴定 .....	176
101	五、酸碱滴定法的应用 .....	178
	第三节 氧化还原滴定法 .....	179
101	一、概述 .....	179
101	二、高锰酸钾法 .....	179
101	第四节 配位滴定法 .....	180
101	一、EDTA 配位滴定的基本原理 .....	180
101	二、EDTA 配位滴定应用实例 .....	181

第十三章 常用仪器分析方法简介 .....	183
第一节 紫外-可见分光光度法 .....	183
一、物质对光的选择性吸收 .....	183
二、物质的吸收光谱 .....	184
三、比尔-朗伯定律(Beer-Lambert Law) .....	185
四、紫外-可见分光光度计 .....	186
五、分光光度法的定量分析 .....	188
六、分光光度法测定条件的选择 .....	189
第二节 荧光分析法 .....	190
一、荧光分析的基本原理 .....	190
二、荧光分光光度计 .....	193
三、荧光定量分析方法 .....	193
四、荧光分析法的应用 .....	194
第三节 色谱分析法简介 .....	194
一、色谱分析的基本概述 .....	194
二、色谱分离过程和基本术语 .....	195
三、色谱法的基本理论 .....	195
四、气相色谱法 .....	196
五、高效液相色谱法 .....	196
六、色谱定性与定量分析 .....	196
附录 .....	199
部分习题参考答案 .....	208
重点词汇中英文对照 .....	212
参考文献 .....	222
元素周期表 .....	222

# 第一章

## 绪论

### 学习要求:

- ◎掌握:有效数字的基本概念和溶液组成标度的表示方法。
- ◎熟悉:基础化学的内容和学习方法。
- ◎了解:化学与医学的关系。

**思考与讨论 1-1:**医学和化学有着密切的关系,从研究生理、病理现象,到疾病的诊断,再到合理的用药等都离不开化学知识。

讨论 1:医学生为什么要学习化学?

讨论 2:基础化学包括哪些内容?

讨论 3:如何学好基础化学?需要具备哪些基础知识?

### 第一节 化学研究的对象和目的

自然界是由物质组成的。物质有两种基本形态,即实物(matter)和场(field)。实物具有静止质量,如分子、原子和电子等。场没有静止质量,如电场、磁场等。化学的研究对象主要是实物,习惯上实物也称为物质(substance)。

化学是在原子和分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的自然科学。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,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。

从 20 世纪后期起,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(central science)。

## 第二节 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,并开创了抗生素领域。青霉素等抗生素的发明曾挽救了无数人的生命。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。医学是研究人体正常的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,必须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,进行的检验和使用的药物也与化学密切相关。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、尿等生物样本中某些成分的含量,以帮助正确诊断疾病。治疗疾病时所用的药物,其化学结构、化学性质和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,必需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、劳动卫生等工作,常需进行水质分析、食品检验、环境监测等,这些都离不开化学。

随着科学技术的进步,现代医学已逐渐发展到分子水平,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,由此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,都说明现代医学的发展需要更多、更深的化学知识。

## 第三节 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。我国五年制的医学专业通常将化学分成基础化学和有机化学两门课程来组织实施教学。基础化学是从无机化学、分析化学和物理化学中选编的,主要讲授化学的基本概念、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内容。基础化学的任务是使学生获得学习医学和从事生物医学研究所必需的化学基本理论、基本知识和基本技能,为学习后续课程打下基础,同时培养学生分析和解决实际问题的能力,使学生逐步树立辩证唯物主义观点和科学的思维方法。

讲究学习方法是提高学习效率的重要保证。学习方法既有通则,又无定则,应不断总结和交流,寻找最适合自己的学习方法。大学的教学方法与中学有较大差别,大学的特点是课堂讲授容量大,教学进度快,学生易处于被动接受的低思维态势。这就要求学生尽快实现从中学到大学在学习方法和学习习惯上的转变,通过课前预习、课堂听讲、课后复习、认真练习和课外阅读等几个重要环节,养成高效率的学习方法,培养较强的自学能力,提高发现问题、分析问题和解决问题的能力。学习新课前要自学一遍,这样就能对教师本节课要讲授的内容有所了解;听课时要集中精力,主动跟踪教师的思维脉络,形成共鸣,特别要注意预习时未理解的部分;要学会记课堂笔记,重点记下授课纲目、基本结论、补充材料以及听课中产生的疑难;课后必须及时复习,不妨先按照笔记梳理一下授课内容,然后边

阅读教材、参考书,边整理笔记。基础化学的特点是理论性强,涉及的概念多,要注意掌握其基本理论和基本知识,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,善于从例题中体会解题的思路、方法和技巧,搞清概念、原理、公式和方法的涵义、应用条件和使用范围,在理解的基础上,记忆涉及基本概念和基本原理的重要公式,努力做到熟练掌握、融会贯通,并运用所掌握的理论和知识去分析、解决实际问题。

化学是一门以实验为基础的学科,实验课是基础化学课程的重要组成部分。通过实验不仅可以加深理解、巩固所学到的基本理论和知识,而且还可以训练有关的基本实验技能,学习科学的实验方法,培养动手能力。在实验前要预习实验内容,做到原理清楚、步骤明确;实验过程中要认真观察实验现象,正确记录结果;实验完毕要认真处理实验数据、分析实验现象和问题,得出正确结论,做好实验报告。通过实验,养成严谨的科学态度和科学的思维方法,培养独立工作能力和科学研究能力。

## 第四节 数字的科学表达

### 一、有效数字的概念

在表达实验结果时,所用的数据不仅要反映测量值的大小,还应反映测量的准确程度。有效数字(significant figure)是既能表达数值大小,又能表明测量值准确程度的数字表示方法,它是指在实际工作中能测量到的具有实际意义的数字,包括测得的全部准确数字和一位可疑数字。

由于只能保留一位可疑数字,这位数字通常是按照测量仪器的最小刻度而估计的,因此有效数字反映了所用仪器实际达到的精度。例如,用万分之一分析天平称得某样品质量为 1.2346 g,它是五位有效数字,前四位是准确的,最后一位是可疑的,它不仅表明样品的具体质量,而且还反映了所用分析天平能准至  $\pm 0.0001$  g。又如滴定管读数为 21.65 ml,其中“21.6”是准确的,而末位的“5”是估计的,表明滴定管能精确到四位有效数字。反过来,按照数字的精度要求也可选择合适的仪器。例如,要求加入某样品 20.00 ml,必须使用移液管或滴定管;加入某样品 2.00 ml,要求用刻度吸管;加入某样品 2.0 ml,用量筒即可;而若要加入样品 2 ml,则用滴管滴入 30~40 滴即可。

记录实验数据和表示计算结果时应保留几位数字,一定要根据测定方法和所用仪器的精度来决定。例如,滴定管读数能准确至  $\pm 0.01$  ml,若滴定时用去 21.30 ml,就不可记录为 21.3 ml。又如用感量为 0.01 g 的台秤称量某一试样的质量,如果称量为 13.60 g,则应记录为 13.60 g,不能写成 13.6 g 或 13.600 g。

除“0”以外,每位“1~9”的数字均表示一位有效数字。例如,21.35 为四位有效数字,1.3452 为五位有效数字。数字“0”则分为两种情况:①在“1~9”数字前面的“0”只表示定位,不算作有效数字,如 0.005 仅为一位有效数字,通常应按科学计数法表示为  $5 \times 10^{-3}$ 。科学计数法(scientific notation)用一位整数、若干小数和 10 的幂次表示有效数字,又如  $4.2 \times 10^3$  (两位有效数字),  $4.20 \times 10^3$  (三位有效数字),  $4.200 \times 10^3$  (四位有效数字);②夹在“1~9”数字间的“0”和跟在“1~9”数字后面的“0”是有效数字,如 0.0680 为三位有效数字,1.0000 为五位有效数字。此外,在某些不规范的习惯表达方式中,跟在其他数字后面的“0”仅表示定位,其有效数字位数不能确定,一般应根据量具的精度而定,同时应规范表示出来,如 2000 应写成  $2.0 \times 10^3$  或  $2 \times 10^3$ 。

需要说明的是,在化学计量中,常遇到倍数或分数的换算,所乘系数的有效数字不受限制,因为它是自然数,非测量所得,可视为无限多位有效数字。有效数字也不因单位的换算而改变,如  $0.1582 \text{ g} = 158.2 \text{ mg}$ ,同样为四位有效数字。此外,一般计算时也不考虑相对原子质量等常数的有效数字位数。

化学中常见的 pH、pOH、pK、lgc 等对数值,其有效数字的位数,仅取决于小数部分的位数。整数部分只代表该真数中的 10 的方次。例如,  $\text{pH} = 11.20$  为两位有效数字,换算为  $[\text{H}^+]$  时,  $[\text{H}^+] = 6.3 \times 10^{-12}$ ;  $\text{pK}_a = 4.75$  为两位有效数字,换算为  $K_a$  时,  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ 。

在处理数据过程中,涉及各测量数据的有效位数可能不同,因此,为达到分析目的所要求的准确度,同时减少计算麻烦,就要按一定规则弃去多余的数字,即有效数字的修约(rounding)。

## 二、有效数字的运算规则

### (一) 有效数字的修约规则

有效数字的修约规则根据国家标准 GB/T 8170—2008 有两种,而在化学分析中为使修约误差最小,我们常采用“四舍六入五成双”,即测量数值中被修约的那个数字等于或小于 4 时,该数字舍去;等于或大于 6 时,则进位;等于 5 时,则视 5 前面的数而定,若 5 前面的为偶数,则舍去,若 5 前面的数为奇数,则进位,使修约后的最后一位为偶数。例如,将下列测定值修约为两位有效数字时,结果应为:2.3456(2.3)、4.489(4.5)、2.351(2.4)、2.451(2.4)。

在进行有效数字修约时,如果多次修约可能会产生误差,因此要一次修约到所需位数。例如,2.3499 修约为两位有效数字时,不能先修约为 2.350,再修约为 2.4,而应一次修约为 2.3。

### (二) 有效数字的运算规则

1. 有效数字的加减法 几个数相加或相减时,它们的和或差的有效数字的保留,应以原始数据中小数点后位数最少(即绝对误差最大)的数为依据,只保留一位可疑数字。用科学表示法表示的数据要先修约成相同的位数,然后才能加减。例如,将 35.6250、2.51、16.419 三个数字相加,首先找出小数点后位数最少的数为 2.51(其绝对误差为 0.01,最大),然后以它为标准,将 35.6250 修约为 35.62,16.419 修约为 16.42,再将三个数字进行相加,结果为:35.62+2.51+16.42=54.55。

2. 有效数字的乘除法 几个数相乘或相除时,积或商的有效数字的保留,应以有效数字中位数最少的那个数(即相对误差最大的那个数)为依据。这样,结果的相对误差才会与各数中相对误差最大的那个数相适应。例如,0.0138×21.67×8.2671 三个数相乘,有效数字的保留以 0.0138 为准,其他各数均修约为三位有效数字,修约后再相乘。结果为:0.0138×21.67×8.2671=0.0138×21.7×8.27=2.48,最后结果仍然保留三位有效数字。

3. 注意点 在应用有效数字及其运算规则时,还应注意以下四点:

(1) 在进行对数运算时,所取对数的小数(尾数)位数应与真数的有效数字位数相同。例如, $\lg(1.8 \times 10^{-5})=4.75$ 。

(2) 在容量分析计算中,一般要求保留四位有效数字,误差的表示一般用两位有效数字即可。

(3) 在化学实验中,计算精度一般只要求达到±0.01%,故一般计算的结果只需保留小数点后两位。例如,高含量(≥10%)测定时,分析结果以四位有效数字报告;含量在 1%~10%时(包括 1%),分析结果以三位有效数字报告;含量<1%时,以两位有效数字报告结果。

(4) 使用计算器处理数据时,只对最后结果进行合理取舍,不必对每一步计算结果都进行修约。

## 第五节 溶液组成标度的表示方法

溶液是一种或几种物质以分子、原子或离子状态分散在另一种物质中所形成的均匀而稳定的系统。溶液可分为固体溶液(如合金)、气体溶液(如空气)和液体溶液。在最常见的液体溶液中,最重要的溶剂是水,通常不指明溶剂的溶液即是水溶液。

溶液与人的生命过程有着密切的关系。例如,人的体液是溶液,食物的消化和吸收、营养物质的运输和转化、代谢废物的排泄等都离不开溶液,离开溶液,也就没有生命。在医学检验中,有关的化学反应几乎都在溶液中进行,临床上许多药物要配成溶液使用。因此,掌握溶液的基本知识是学习医学科学所必需的。

溶液的浓或稀,常用其组成标度来表示。所谓溶液组成标度,就是用来表示在一定量溶液或溶剂

中所含溶质量多少的一些物理量。它们的表示方法很多,可分为两大类:一类是用一定体积溶液中所含溶质的量表示;另一类是用溶质与溶液(或溶剂)的相对量(比值)表示。这里所指的量可以是质量( $m$ )、体积( $V$ )或物质的量( $n$ )。

## 一、物质的量

物质的量(amount of substance)是表示微观物质数量的基本物理量,属于国际单位制(简称 SI)基本单位(见附录 I)之一。物质 B 的物质的量用符号  $n_B$  表示,其基本单位是摩尔(mole),单位符号为 mol。摩尔的定义是:摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元(elementary entity)的数目与 0.012 kg  $^{12}\text{C}$  的原子数目相等。在使用摩尔时,应注意以下两点:

(1)摩尔是物质的量的单位,不是质量(mass)的单位。0.012 kg  $^{12}\text{C}$  的粒子数目是  $6.023 \times 10^{23}$ ,这个数称为阿伏加德罗常数(Avogadro constant)。所以,1 mol 是  $6.023 \times 10^{23}$  个粒子的集合,若系统中所含基本单元的数目是阿伏加德罗常数的多少倍,则系统物质的量就是多少。

(2)在使用物质的量时,应该用粒子符号、物质的化学式或它们的特定组合指明基本单元(分子、原子、离子、电子或其他粒子,或这些粒子的特定组合)。例如,可以说 H、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ 、 $\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$ 、 $(2\text{H}_2 + \text{O}_2)$  等物质的量。但是,如果说硫酸的物质的量,含义就不清了,因为没有指明基本单元的化式,它可能是  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量,也可能是  $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量。

基本单元确定后,物质 B 的物质的量  $n_B$  就可以通过该物质的质量和摩尔质量(molar mass)求算。物质 B 的摩尔质量  $M_B$  定义为 B 的质量  $m_B$  除以 B 的物质的量  $n_B$ ,即

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

式(1-1)可改写为

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

摩尔质量的常用单位为  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。某原子的摩尔质量在数值上等于其相对原子质量(relative atomic mass)  $A_r$ ,某分子的摩尔质量在数值上等于其相对分子质量(relative molecular mass)  $M_r$ 。相对原子质量和相对分子质量的单位均为 1。

**【例 1-1】** 计算 5.3 g 无水碳酸钠的物质的量。

(1)以  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  为基本单元。

(2)以  $(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3)$  为基本单元。

解 (1)  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5.3 \text{ g}$   $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{5.3}{106} = 0.05(\text{mol})$$

(2)  $m(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3) = 5.3 \text{ g}$   $M(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{2} M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 53 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{5.3}{53} = 0.10(\text{mol})$$

从上述计算结果可知,同一系统的物质,所指定的基本单元不同,则物质的量就不同。

## 二、物质的量浓度

物质的量浓度(amount of substance concentration)用符号  $c_B$  表示,定义为溶质 B 的物质的量  $n_B$  除以溶液的体积  $V$ ,即