



全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

全国高等学校教材

普通高等教育“十一五”规划精品教材

供基础、临床、预防、口腔医学、麻醉学及医学影像学类专业用

基础化学

案例版

JICHU HUAXUE

主 编 徐 靖 周明华

 军事医学科学出版社

全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

全国高等学校教材

普通高等教育“十一五”规划精品教材

供基础、临床、预防、口腔医学、麻醉学及医学影像学类专业用

基础化学

案例版

书号 (CIP) 010.0000000000000000

主 编 徐 靖 周明华

副主编 张琼瑶 马俊凯 胡扬根 冯 春

军事医学科学出版社

• 北 京 •

内容提要

本共分 12 章,介绍了溶液的浓度与渗透压,电解质溶液,缓冲溶液,酸碱滴定法,可见分光光度法,化学反应的能量变化、方向和限度,化学反应的速率,氧化还原反应与原电池,原子结构与元素周期律,现代价键理论和分子间作用力,配位化合物等内容。每一章节不仅介绍了基础化学的理论知识,还介绍了医学案例,提供了相关的延伸阅读材料。本书适用于医学院校本专科学学生作为教材使用,同时也适合医学科研人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/徐靖,周明华主编.

-北京:军事医学科学出版社,2008.8

ISBN 978-7-80245-086-8

I.基… II.①徐… ②周… III.化学-高等学校-教材 IV.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 130873 号

出 版:军事医学科学出版社

地 址:北京市海淀区太平路 27 号

邮 编:100850

联系电话:发行部:(010)63801284 63800294

编辑部:(010)86702315

传 真:(010)63801284

网 址:<http://www.mmsp.cn>

印 装:河北天普润印刷厂

发 行:新华书店

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5(彩 0.25) 字 数:367 千字

版 次:2008 年 9 月第 1 版 印 次:2008 年 9 月第 1 次

定 价:30.80 元

本社图书凡缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换

《基础化学》(案例版)

编 委

(按姓氏笔画为序)

马俊凯 (鄯阳医学院)

王 俊 (华中科技大学同济医学院)

冯 春 (鄯阳医学院)

田家华 (鄯阳医学院)

张琼瑶 (鄯阳医学院)

周明华 (鄯阳医学院)

郑爱华 (鄯阳医学院)

胡扬根 (鄯阳医学院)

徐 靖 (鄯阳医学院)

曹启花 (武汉大学)

秘 书 张琼瑶 (鄯阳医学院)

前 言

为适应我国高等医学教育改革和发展的需要,及时反映新世纪教学内容和课程改革的成果,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件,根据全国高校素质教育教材研究编审委员会规划,编写了《基础化学》案例版教材。

本教材在汲取国内外优秀教材经验的基础上,在坚持“三基”、“五性”、“三特定”的同时,特别注重素质教育和创新能力的培养,加强了与医学的联系。每章选编适量相关知识的案例和阅读材料,紧跟生命科学和现代医学科学最新发展前沿,既凸显了化学知识在医学中的应用,激发学生的学习兴趣,又拓展了学生的思维空间,有利于创新素质的培养。这种以案例为先导的编写思路,是我们的一种新尝试,在《基础化学》教材中尚不多见。

《基础化学》案例版教材采用法定计量单位,遵守国家标准(GB3100~3102-93),选用国际通用数据,规范名词术语及英文表达。力求内容适当、条理清楚、语言简洁、循序渐进。

本教材共12章,理论课参考学时为44~50学时,其中,绪论2学时,溶液的浓度和渗透压2学时,电解质溶液5~6学时,缓冲溶液3~4学时,酸碱滴定2~3学时,可见紫外分光光度法2~3学时,化学反应热及化学反应方向和限度6~7学时,化学反应速率4~5学时,氧化还原与电极电位5~6学时,原子结构和元素周期律3~4学时,共价键和分子间力3~4学时,配位化合物4~5学时。

由于编者水平有限,难免疏漏,诚恳希望各位同行专家、教师和学生对书中的不妥之处给与批评指正。

编 者

2008年6月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 中心学科化学的地位与作用	1
一、化学在人类社会发展中的重要作用	1
二、化学与医学和药学的重要关系	2
第二节 基础化学的内容与任务	4
一、基础化学的内容与任务	4
二、基础化学的学习方法	4
参考文献	5
第二章 溶液的浓度和渗透压	6
第一节 溶液组成量度的表示方法	7
一、物质的量浓度	7
二、质量浓度	7
三、摩尔分数和质量摩尔浓度	8
四、其他浓度表示法	8
第二节 溶液的渗透压	9
一、渗透现象和渗透压力	9
阅读材料 反渗透法	11
二、溶液的渗透压与温度和浓度的关系	11
第三节 渗透压在医学上的意义	12
一、渗透浓度	12
二、等渗、低渗和高渗溶液	12
三、晶体渗透压和胶体渗透压	14
阅读材料 测定渗透压在临床上的意义	15
本章小结	16
参考文献	17
习题	17
第三章 电解质溶液	18
第一节 强电解质溶液理论	19
一、强电解质和弱电解质	19

二、强电解质溶液理论	19
第二节 酸碱质子理论	21
一、质子酸碱的概念	22
二、水溶液中的质子传递平衡	24
第三节 酸碱溶液 pH 的计算	30
一、计算酸碱溶液 $[H^+]$ 的思路	30
二、一元弱酸或弱碱溶液	30
三、多元弱酸或弱碱溶液	32
四、两性物质溶液	33
第四节 难溶强电解质的沉淀溶解平衡	35
一、难溶强电解质的沉淀溶解平衡与溶度积	35
二、沉淀平衡的移动	37
阅读材料 尿结石的形成	42
本章小结	43
参考文献	43
习题	44
第四章 缓冲溶液	47
第一节 缓冲溶液及缓冲机制	48
一、缓冲溶液及其组成	48
二、缓冲机制	49
第二节 缓冲溶液的 pH	49
一、缓冲溶液 pH 的计算公式	49
二、缓冲溶液 pH 计算公式的校正	52
第三节 缓冲容量和缓冲范围	52
一、缓冲容量	52
二、缓冲范围	54
第四节 缓冲溶液的配制	55
一、缓冲溶液的配制原则和步骤	55
二、标准缓冲溶液	58
阅读材料 血液中的缓冲系	59
本章小结	60
参考文献	61
习题	61

第五章 酸碱滴定法	64
第一节 酸碱滴定法的基本原理	64
一、酸碱指示剂	64
二、滴定曲线和指示剂的选择	67
三、酸碱标准溶液的配制与标定	72
第二节 酸碱滴定法的应用	73
一、NaOH 的测定	73
二、乙酰水杨酸的测定	73
三、食醋总酸度的确定	74
第三节 分析结果的误差和有效数字	74
一、误差的产生和分类	74
二、误差的减免方法	75
本章小结	76
参考文献	77
习题	77
第六章 可见分光光度法	79
第一节 基本原理	79
一、光的基本性质	79
二、Lambert-Beer 定律	80
三、吸收光谱	82
第二节 可见分光光度法	82
一、分光光度计	82
二、测定方法	84
三、分光光度法的误差	85
第三节 提高测量灵敏度和准确度的方法	86
一、显色剂的选择	86
二、显色反应条件的选择	87
三、测定条件的选择	89
第四节 紫外分光光度法	89
一、定性分析	90
二、定量测定	90
阅读材料 紫外-可见分光光度法应用实例	90
本章小结	92
参考文献	93

18	习题	93
第七章 化学反应的能量变化、方向和限度		95
18	第一节 热力学系统和状态函数	95
18	一、系统、环境、过程	95
87	二、状态函数	96
87	三、热和功	97
87	第二节 能量守恒和化学反应热	99
87	一、内能和热力学第一定律	99
47	二、系统的焓和等压反应热	100
47	三、热化学反应方程式	101
47	四、Hess 定律和反应热的计算	102
87	第三节 化学反应的方向和推动力	105
87	一、自发过程及其特征	106
77	二、熵与混乱度	106
77	三、系统的 Gibbs 自由能	108
87	第四节 化学反应的限度和平衡常数	111
87	一、化学反应的限度与标准平衡常数	111
87	二、用标准平衡常数判断自发反应的方向	112
08	三、实验平衡常数	112
88	四、多重平衡	113
88	五、化学平衡的移动	113
88	阅读材料 化学与哲学	114
48	本章小结	118
88	参考文献	118
88	习题	118
第八章 化学反应速率		121
18	第一节 化学反应速率的表示方法	121
88	一、反应进度	121
88	二、化学反应速率	122
08	三、化学反应的平均速率	123
08	四、化学反应的瞬时速率	123
08	第二节 反应机制和元反应	124
88	一、简单反应与复合反应	124
88	二、元反应和反应分子数	125

三、质量作用定律与速率方程式	125
第三节 具有简单级数的反应及其特点	126
一、一级反应	126
二、二级反应	128
三、零级反应	128
第四节 化学反应速率理论简介	129
一、碰撞理论与活化能	129
二、过渡状态理论简介	131
第五节 温度与化学反应速率的关系	132
第六节 催化剂对化学反应速率的影响	133
一、催化剂及催化作用	133
二、生物催化剂——酶	134
阅读材料 生活中的化学	135
本章小结	136
习题	137
第九章 氧化还原反应与原电池	139
第一节 氧化还原反应	140
一、氧化值	140
二、氧化还原反应和氧化还原电对	141
三、氧化还原反应方程式的配平	141
第二节 原电池与电极电位	142
一、原电池	142
二、电极电位的产生	145
三、电极电位的测定	146
第三节 电极电位的 Nernst 方程式及影响电极电位的因素	148
一、电极电位的 Nernst 方程式	148
二、电极半反应中各物质浓度对电极电位的影响	150
第四节 电池电动势及其应用	151
一、电池电动势的 Nernst 方程式	152
二、原电池的电池电动势与 Gibbs 自由能变的关系	152
三、电池电动势的应用	153
第五节 电位法测定溶液的 pH	155
一、常用参比电极	156
二、指示电极	156

三、电位法测定溶液的 pH	157
第六节 化学电源与生物化学传感器	158
一、新型电源及其发展趋势	158
二、电化学生物传感器	159
阅读材料 神奇的人体内能量	162
本章小结	164
参考文献	164
习题	165
第十章 原子结构和元素周期律	167
第一节 原子的结构	168
一、原子核外电子运动的特性	168
二、核外电子运动状态的描述	169
第二节 元素周期律	173
一、多电子原子轨道的能级	173
二、核外电子分布的三个原理	174
第三节 元素性质的周期性和原子结构的关系	175
一、原子核外电子分布式和外层电子分布式	175
二、多电子原子结构与周期系	179
阅读材料 生活中的化学	182
本章小结	186
参考文献	186
习题	186
第十一章 现代价键理论和分子间作用力	188
第一节 现代价键理论	189
一、价键理论	189
二、杂化轨道理论	194
第二节 分子间作用力	197
一、分子的极性和分子的极化	197
二、分子间作用力	198
三、氢键	200
阅读材料 分子轨道理论	201
本章小结	203
参考文献	203
习题	203

第十二章 配位化合物	205
第一节 配位化合物的基本概念	205
一、配位化合物的定义	205
二、配位化合物的组成	206
三、配位化合物的命名	207
第二节 配位化合物的化学键理论	208
一、价键理论要点	208
二、价键理论应用实例	209
第三节 配位平衡	212
一、配离子的稳定常数	212
二、配位平衡的移动	213
第四节 螯合物	216
一、螯合物与螯合剂	216
二、影响螯合物稳定性的因素	217
阅读材料 配合物与生命科学	218
本章小结	222
参考文献	223
习题	223
附录一 平衡常数表	225
附录二 一些物质的基本热力学数据	230
附录三 常见电极的标准电极电势 (298.15K)	233

第一章 绪 论

第一节 中心学科化学的地位与作用

一、化学在人类社会发展中的重要作用

自从有了人类，化学便与人类结下了不解之缘。钻木取火，用火烧煮食物，烧制陶器，冶炼青铜器和铁器，都是化学技术的应用。正是这些应用，极大地促进了当时社会生产力的发展，成为人类进步的标志。自从进入 21 世纪，人类世界面临着一系列的重大难题，如人口增加、粮食匮乏、环境污染、能源不足、疾病困扰等，这些问题的解决都离不开化学知识的运用。

（一）化学仍是解决食物短缺问题的主要学科之一

据预测，我国人口在本世纪中期将达到 16 亿。今后任务的严重性是既要增加食物产量保证人民的生存需要，又要保护耕地草原，改善农牧业生态环境，以保持农牧业可持续发展。这一切必须依靠化学在研究开发高效安全肥料、饲料、饲料添加剂、农药、可降解的农用材料等方面发挥作用。

（二）化学在能源和资源的合理开发和安全利用中起关键作用

在资源勘探，油田、煤矿、钢铁基地选定中的矿物分析，以及原子能材料、半导体材料、超纯物质中微量杂质的分析等都与化学密切相关，化学就像工业的眼睛一样时刻关注着世界的发展，为资源的合理开发和利用提供保障。本世纪初期，各国对能源的争夺日趋激烈，谁拥有能源，谁就能拥有世界。因此，开发高效、洁净、经济、安全的新能源是化学工作者面临的重大课题。

（三）化学继续推动材料科学的发展

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，化学是新材料的“源泉”。在满足人类衣食住行基本需求之后，为提高生存质量和安全，实现可持续性发展，新材料的研究将是物质科学未来研究的重点。例如，具有特殊生理功能的新型陶瓷材料即生物人工骨为临床外科手术带来技术性的革命。生物人工骨与人体骨骼具有良好的生物相容性，不产生过敏和排异反应，能与周围骨组织形成骨性结合，一般半年以后就与自体骨形成化学键结合。

（四）化学是提高人类生存质量和生存安全的有效保证

化学与人类生活息息相关，它为人类提供衣、食、住、行所必需的物质。在满足人类生存需要之后，不断提高生存质量和生存安全是人类进步的标志。生存质量高低和

安全程度取决于人与自然环境相互作用中外来物质和能量是否满足人体需要,同时维持最佳状态。在可持续发展思想的指导下,人类正在创造一种崭新的化学,力求从原料、生产过程、中间产品、最终产品等各个环节对人类生存和赖以生存的环境不造成污染和危害。

另外,生命过程中充满着各种生物化学反应,通过化学家和生物学家大力合作,已经从原子、分子水平上对生命过程做出化学的说明,揭示了生命现象的奥秘。现在,为了提高人类生存质量和生存安全,化学和相关学科间仍有很长的路要走。

总之,化学与国民经济各个部门、尖端科学技术各个领域以及人民生活各个方面都有着密切联系。它是一门重要的基础科学,它在整个自然科学中的关系和地位,正如美国科学家 G. C. Pimentel 在《化学中的机会——今天和明天》一书中指出的“化学是一门中心科学,它与社会发展各方面的需要都有密切关系。”它不仅是化学工作者的专业知识,也是广大人民科学知识的组成部分,化学教育的普及是社会发展的需要,也是提高医学生文化素质和培养高级医学人才的需要。

二、化学与医学和药学的重要关系

人体的新陈代谢过程是一个复杂的生物化学过程,因而化学构成了医学的基础。早在 15、16 世纪就出现了医学和化学的交汇之势。1800 年,英国化学家 H. Davy 发现了一氧化二氮的麻醉作用,后来乙醚被发现更加有效的麻醉作用,使无痛外科手术成为可能。此后又发明了许多更好的麻醉剂,如普鲁卡因局部麻醉剂。1932 年,德国科学家 G. Domagk 找到一种偶氮磺胺染料,使一位患细菌性败血症的孩子得以康复;又比如阿司匹林合成及其应用到临床上可以说是一个化学过程;以至青霉素的发现,直到现在,以青霉素结构为骨架的各种抗生素的相继问世,为人们的健康做出了巨大的贡献。

化学在医学和药学中的作用好像是水对于人体一样,一刻也离不开的。从药物的成分来看,绝大部分的是化合物,特别是西药大多是通过化学方法人工合成的。从医药与化学的关系来看,不管是从无机化学和有机化学的角度,还是从生物化学的角度而言,药物就是化学的产物。治疗癌症和艾滋病的药物的研发、预防 SARS 病毒以及禽流感等的药物都与现代化学息息相关。从药物对人体的作用来讲也离不开化学,服药、用药的过程中一定不能出错,一旦有误,可能致死。此外如药品说明书上说明,与那些药物之间不能混用,可能两种药物中的某些成分能发生反应而使药物失效,也有可能是反应后会起毒副作用,其原理也是根据化学而来的,医学院校之所以开化学课,这是很有道理的。

中国化学家在中草药的有效成分的研究方面也取得令世人瞩目的成就。如麻黄素类抗生素,雌性甾族激素,萝芙木碱和喜树碱等这些具有抗癌功能的药物,都是化学家对一些中药偏方进行了系统分离鉴定,筛选出其中的有效成分,然后在进行化学分析与合成,药理研究,临床实验等一系列复杂的工作后才可能得到一种新药。中国是中草药的故乡,中草药对于人类疾病的预防和诊治起着不可磨灭的贡献。然而,中药材要想占领国际市场还有很长的路要走。现在严重制约中药材出口的一个重要问题就是重金属和砷盐的超标,因

为国外药物制剂已将重金属、砷盐的检测列为必检项目。要想解决上面的问题，这就需要化学与药学工作者通力合作排除这些离子的干扰。

回顾我国医学的历史，我国古代医药学的著作多称为“本草”，而本草学的发展与化学更是分不开的，其中蕴藏着丰富的化学知识。在历代的本草著作中记载了大量的中草药，这些中草药的有效成分大部分就是无机盐，其中的人工炼制，包含着不少无机化学知识和化学实验技术。比如，李时珍在《本草纲目》中记述了铅粉（碱式碳酸铅）的制法，其原理是利用醋酸蒸气和空气使单质铅转化为碱式醋酸铅，再与来自炭炉的二氧化碳反应生成白色的铅粉。同时他的医学著作中详细地记载了许多复杂的化学反应和一些无机化合物的制取方法。

让我们看看历史上一些有成就的医务工作者，他们中的很多人都具备了相当丰富的化学知识。法国的 L. Pasteur (1822-1895)，这位 19 世纪医学领域的巨匠和微生物学的先驱是学化学出身的，巴斯德被认为是医学史上最重要的杰出人物，他的贡献涉及到多个学科，是他首先提出和支持病菌论及发展疫苗接种来预防疾病。德国的 G. E. Stahl (1660-1734)，同样既是一位医学教授又是一位化学教授。

现代化学在医学中的重要地位就更不能忽视。首先，在化学的基础上发展起来多种边缘学科，诸如生物化学、生理学、分子生物学等。生物化学是关于生命现象的化学本质的科学，它主要研究生命物质的化学组成、性质、结构和功能等静态问题，还研究生物体内各种化学物质在体内怎样相互转化、怎样相互制约及在变化过程中能量转换等动态问题。生物化学的研究成果为临床医学工作提供了有力的证据，为进一步研究生命的本质创造了条件。生理学是把生理问题与化学结合起来，用化学解释生理现象。如胃液是酸性的，酶在人体内的催化作用。分子生物学是近几十年发展起来的一门新兴学科。它的发展使人们对生命的认识深入到分子水平，对医学和其他相关的生物学科产生了很大的影响。例如，化学家们在 20 世纪 50 年代证明了一切基因都由 DNA 组成，并阐明了 DNA 分子双螺旋结构，人们通过改变 DNA 的分子结构可以得到不同的基因。这一成果推动了遗传学在分子水平上的研究，应用于医学后，对于人类遗传性疾病的研究具有指导性的意义。另外，医学上很多诊断依据是来源化学方法的，比如最常见的化验：通过酸碱滴定法可测定血浆中 HCO_3^- 的浓度，还可以测定蛋白质中的含氮量。当然化学领域内的各种仪器分析用途就更广泛了，比如核磁共振，各种色谱分离技术。最后，治疗疾病也离不开化学，比如：化疗和透析技术等。

综上所述，化学在医学和药学方面具有举足轻重的地位。美国化学家 R. Breslow 指出：“考虑到化学在了解生命中的重要性 and 药物化学对健康的重要性，在医务人员的正规教育中包括不少化学课程就不足为奇了。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。”所以在高等医学教育学院中，不论是我国还是国外，都将化学作为重要的基础课之一。因此，医学类学生应当充分认识到化学的重要性，把学好化学作为一种基本功。一方面是知识的积累，提高独立思考和动手的能力，另一方面为后续课程打下坚实的基础。

对应主院区学最重，主院区以（一）

籍，区院受更批更更念到个一，案册册批取理，中学难学少学中，科主院区学最重

第二节 基础化学的内容与任务

《基础化学》是刚进入医学院校的大一学生首先接触到的一门极为重要的基础课。它综合了现代无机化学、物理化学和分析化学的基础知识、基本理论和基本技能,是在分子、原子或离子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的自然科学。该课程适应 21 世纪化学和医学渗透融合的趋势,以培养有创新能力的高素质医学人才为目的,将医学生带入千姿百态、引人入胜的化学世界,为他们破解医学之谜,打下坚实的化学基础。

一、基础化学的内容与任务

《基础化学》课程的内容是根据医学专业学生的后继专业课程的特点选定的,它主要由医学专业学生必须掌握的无机化学、物理化学、分析化学、环境化学中的基本内容组成,包括水溶液的性质(稀溶液的依数性、电解质溶液、缓冲溶液)、化学反应的基本原理(热力学、动力学、电化学)、物质的结构(原子、分子、配位化合物)、滴定分析和分光光度分析、环境化学、生命元素知识等。这几部分内容基本上都是按基本原理、基本内容与医学的联系这样一条思路来展开的。每一部分的知识点中的章节相对集中、自成系统,相关理论与医学知识点的联系紧密。这样在教学的过程中既让学生学习到化学原理,又培养了学生对所学知识的理解和应用。

《基础化学》的任务是为刚刚迈入大学校门的学生提供与其未来职业相关的现代化学基本概念、基本原理及其应用的知识,为进一步学习专业知识打下较广泛和较深入的化学基础。同时,通过实验课的训练,使学生掌握有关操作技能,培养学生的思维能力和创新能力,为学习后续医学课程,研究生课程,打下广泛和扎实的化学基础。

《基础化学》结合教学内容将介绍著名的化学家,他们缜密的逻辑思维、求实创新的精神和在化学实验中解决难题的百折不挠的意志,是我们的最好榜样。基础化学的学习能教会我们用热力学的观点来分析事物的可能性,用动力学的观点来分析事物的可行性,用物质的内部结构来分析其外在的性质。这种综合能力的培养会使学生在今后的医学生涯中终身受益。

二、基础化学的学习方法

要学好基础化学,首先是尽快适应大学的教学规律。与中学课程相比,大学基础化学内容多,进度快;其次要做好预习,争取主动;同时及时复习和总结。针对基础化学的特点,学习时要注意以下问题:

(一) 以我为主,掌握学习的主动权

学生是学习的主体。中学化学教学中,教师讲得很多,一个概念反复讲反复练习,每

章结束时老师归纳重点,讲要点,然后通过习题反复巩固要掌握的知识点。大学生的学习不应该只依赖教师,应自己归纳重点、难点,培养自学能力,提高发现问题、分析问题和解决问题的能力。

(二) 善于思考,强化记忆

基础化学课程的一个特点是理论性强,有的概念抽象难懂。学习中要反复思考,才能加深理解。要善于运用归纳的方法,把同一原理、概念的方方面面列在一起,从各个侧面加深理解;也要善于运用对比的方法弄清形似概念的本质差别。大学化学学习仍然需要记忆,要在理解的基础上,熟悉一些基本概念、基本原理和重要公式,做到熟练掌握、灵活运用。

(三) 多做习题,及时巩固

在理解例题、及时复习的前提下做题有利于深入理解、熟练掌握课程内容。这样对于分析问题、解决问题能力的提高极其有益。课后要及时复习,适当阅读课外参考书,补充相关内容,加深课程内容的理解,培养自学能力。

(四) 认真预习,做好实验

将理论课的内容尽可能与实验的具体操作和现象联系起来,在仔细观察实验现象,搜集事实,获得感性知识的基础上,将不同层次的理性知识应用到实践中,并在实践的基础上进一步丰富理性知识。

参考文献

1. 魏祖期. 基础化学. 北京: 人民卫生出版社, 2006
2. 傅献彩. 大学化学. 北京: 高等教育出版社, 1999
3. 祁嘉义, 仇佩虹. 基础化学. 北京: 北京大学出版社, 高等教育出版社, 2006
4. 万洪文, 詹正坤. 物理化学. 北京: 高等教育出版社, 2002

(周明华)