



高等学校教材

普通化学

(第二版)

李博达 冯慈珍 合编

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

高等教育出版社

06
L19-2
(2)

高等学校教材

普通化学

(第二版)

李博达 冯慈珍 合编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是在1982年出版的《普通化学》(第一版)基础上修订而成的。在修订过程中,注意了内容的更新,尽量反映近代科技发展的有关知识,加强了基础理论与实际的联系;贯彻我国法定计量单位制。

本书可作为高等工业学校非化工专业(70~80学时)教材。

本书由袁毅奋、胡宗烈、何树良、刘兴北及孙义毛执笔修订,最后由李博达、冯慈珍两位教授修改定稿。本书经清华大学周昕教授审阅。

高等学校教材

第一版

合编

化学工业出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张15.5 插页1 字数370 000

1993年5月第2版 1993年5月第1次印刷

印数 0 001—9 630

ISBN 7-04-004137-5/O·1187

定价 6.75 元

第二版修订说明

本书是在1982年出版的《普通化学》基础上,依据工科化学课程教学指导委员会制定、1987年4月由国家教育委员会颁布的《高等工业学校普通化学课程教学基本要求》修订而成。

在修订中:(一)力求做到内容深度适当,切合当前工科院校普通化学课程的教学实际,注意起点和内容与高中化学衔接,删去不必要的重复。并注意引进近期科学技术的概念和知识;(二)尽可能注重科技领域的思想性,弘扬爱国、爱科学的思想;(三)努力贯彻理论联系实际的原则,联系国内外科学技术的发展和生产实际应用,拓宽工科学生的知识面。

修订中重新整理了习题,扩充了题型,使习题的内容和数量与课程的教学基本要求相符。

本书涉及的物理量单位,采用中华人民共和国法定计量单位。数据主要录自 David R. Lide, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 71 st ed(1990~1991)。

本书于1988年初开始修订。由浙江大学胡宗烈(第4,5,6,10,11章)、东南大学何树良(第7,8章)、北方交通大学刘兴北(第13章)、浙江大学孙义毛(第9章)、上海铁道学院袁毅奋(第1,2,3,12章)分工修订,最后由李博达、冯慈珍定稿。上海铁道学院陈一玉为本书重新收集习题并加以整理。初稿于1988年至1990年在上海铁道学院、浙江大学、苏州丝绸工学院等校由胡宗烈、孙义毛、孙韞玉、唐虎成、袁毅奋等试用。

限于修订者的水平,缺点和谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

修订者

1992年2月

第一版编写说明

普通化学是一门关于物质及其变化规律的基础课，是培养又红又专高级工程技术人材所必需的课程，其教学内容应当在学生实际的水平上，运用辩证唯物主义和历史唯物主义观点阐明物质及其化学变化的规律，贯彻理论联系实际的原则，反映高等工业学校的特点。

本书是参考 1980 年 5 月高等学校工科化学教材编审委员会扩大会议审订的《高等工业学校普通化学教学大纲（80 学时，四年制试用草案）》编写的。本书沿用了编者 1962 年主编的《普通化学》（人民教育出版社出版）的体系，即理论部分宏观在前，微观在后，元素及化合物部分参照周期系分章叙述，通性与个性兼顾。

编写时，以马列主义、毛泽东思想为指导，努力贯彻理论联系实际的原则。在保证教学大纲基本要求的前提下，内容力求精简，由浅入深，文字通顺易懂，便于自学。

本书编写的起点力求与全日制、十年制学校高中化学课本相衔接（同时也考虑到全日制十年制学校高中物理课本内容），对于中学课本中大字部分有些内容，为了承上启下，作了扼要叙述；中学课本中的小字部分，本书仍作为基本要求。

本书的理论部分，采取大集中、小分散。从一般化学平衡理论开始，讨论化学热力学的基础知识，以阐明化学反应中能量转化关系，化学反应进行的方向和进行的程度。在物质结构理论中量子力学基本概念部分，既注意到与大学普通物理学课程的分工，又考虑到对化学键本质及分子结构等方面的理解所必需的基本知识。

某些打 * 号的理论内容分散在元素及化合物部分。譬如，由

氧分子结构引出分子轨道理论概念;由卤化银的溶解度、颜色引出离子极化作用。理论与叙述互相穿插,这也有助于了解对理论深广度的要求。

叙述部分力求应用理论知识来解释某些物质的一些性质,以巩固理论。理论来自事实,反过来又为事实服务,进而适当地结合工程实际。此外对能源(氢能源、燃料电池、太阳能电池等),环境保护、生物高分子等等作了扼要的介绍。

教学大纲中打*号的内容,除有一部分未选入本书外,基本上列入小字部分。某些章节如价层电子对互斥理论,几种特殊的配合物,生物高分子化合物和化学与环境保护等可作为阅读资料。

为了培养读者自学能力,本书自第七章起,不再写出“本章小结”。

本书初稿于1981年秋季曾在华东交通大学、西南交通大学、天津大学、浙江大学等四校由邱金法、曹鑑秋、戎谊梅、王瑞英、胡宗烈、孙义毛等同志试用。

本书初稿由孙震涛、周志浩同志初审,周昕同志复审。审稿后,根据审稿和试用同志的意见,作了修改。不少兄弟学校及同志们对初稿也提出了珍贵意见。又胡宗烈同志为本书收集习题并作答案,在此一并致谢。

由于高等工业学校各类专业不同,学生的程度亦有差异,因此,使用本书时,对讲授内容希结合学生实际与专业类别灵活掌握。有些内容可不在课堂讲授而由学生自学。

由于编写人水平有限,缺点、错误及不当之处在所难免,希读者批评指正。

编 者

1982年6月

目 录

绪言	1
第 1 章 化学反应中的能量变化规律	3
1.1 化学反应的热效应	3
1.1.1 焓与焓变	3
1.1.2 盖斯定律	5
1.1.3 标准生成热(生成焓)	7
1.1.4 键能	10
1.2 热力学第一定律	11
1.2.1 基本概念	12
1.2.2 热力学第一定律	13
1.2.3 恒容与恒压条件下的化学反应热	15
本章小结	18
复习思考题	19
习题	19
第 2 章 化学反应速率与化学平衡	22
2.1 化学反应速率	23
2.1.1 化学反应速率的表示法	23
2.1.2 反应速率与浓度的关系	26
2.1.3 反应速率与温度的关系	31
2.1.4 反应速率与催化剂	33
2.1.5 影响多相反应速率的因素	34
2.2 化学平衡	35
2.2.1 化学反应的可逆性	35
2.2.2 化学平衡的建立和特征	36

2.2.3 化学平衡常数	37
2.2.4 化学平衡的移动	46
2.2.5 温度改变对化学平衡的影响	49
本章小结	51
复习思考题	52
习题	53
第3章 吉布斯自由能与化学反应	57
3.1 化学反应方向与焓变	57
3.1.1 自发过程的方向性	57
3.1.2 焓变与反应的方向	60
3.2 化学反应方向与熵变	60
3.2.1 混乱度与熵	60
3.2.2 熵变	63
*3.2.3 熵变与变化方向	65
3.3 化学反应推动力——吉布斯自由能变	66
3.3.1 吉布斯自由能 G	66
3.3.2 吉布斯自由能变与反应方向	67
3.4 吉布斯自由能变的计算	70
3.5 吉布斯自由能变与平衡常数	74
3.5.1 吉布斯自由能变与浓度(分压)的关系	74
3.5.2 吉布斯自由能变与平衡常数	75
*3.5.3 温度与平衡常数的关系	76
本章小结	78
复习思考题	79
习题	79
第4章 溶液	82
4.1 溶液浓度的表示法	82
4.2 稀溶液的通性	84
4.2.1 溶液的蒸气压下降	84

4.2.2 溶液的沸点上升与凝固点下降	87
4.2.3 溶液的渗透压	91
4.3 电解质溶液	93
4.3.1 阿仑尼乌斯电离理论	95
4.3.2 强电解质溶液理论的概念	96
*4.3.3 酸碱质子理论与电子理论的概念	99
本章小结	102
复习思考题	103
习题	104
第5章 溶液中的离子平衡	106
5.1 离子平衡	106
5.1.1 弱酸、弱碱的电离平衡	106
5.1.2 同离子效应与缓冲溶液	111
5.2 多相离子平衡	114
5.2.1 溶度积	114
5.2.2 溶度积规则	117
5.2.3 沉淀的生成	118
5.2.4 分步沉淀	119
5.2.5 沉淀的溶解与转化	120
本章小结	123
复习思考题	124
习题	125
第6章 电化学	128
6.1 原电池	128
6.1.1 原电池的作用原理	128
6.1.2 电池的符号与电极的种类	130
6.2 电极电势	132
6.2.1 双电层理论	132
6.2.2 标准电极电势	134

6.2.3 浓度对电极电势的影响——Nernst方程式	137
6.3 吉布斯自由能变与原电池的电动势	140
6.4 氧化还原反应的方向与程度	141
6.4.1 比较氧化剂、还原剂的相对强弱	141
6.4.2 氧化还原反应的方向	142
6.4.3 氧化还原反应的程度	144
6.5 电解	145
6.5.1 电解池与电解原理	145
6.5.2 分解电压与超电压	147
6.5.3 电极上放电的一般规律	150
6.6 化学电源	152
6.6.1 干电池	153
6.6.2 蓄电池	154
6.6.3 燃料电池	158
本章小结	159
复习思考题	162
习题	163
第7章 原子结构与元素周期系	167
7.1 原子结构理论的初期发展	167
7.2 玻尔的氢原子结构理论	169
7.2.1 氢光谱	169
7.2.2 玻尔理论	170
7.3 原子结构的近代概念	174
7.3.1 四个量子数	174
7.3.2 微观粒子的运动特性	177
7.3.3 波函数与原子轨道	179
7.3.4 几率密度与电子云	182
7.4 原子轨道的能级	188
7.4.1 屏蔽效应	188
7.4.2 钻穿效应	189

7.5 核外电子分布规律与元素周期系	190
7.5.1 核外电子分布法则	190
7.5.2 电子层结构与元素周期系	192
7.6 元素的基本性质与原子结构的关系	200
7.6.1 原子半径	200
7.6.2 电离能	203
7.6.3 电子亲合能	207
复习思考题	209
习题	210
第8章 化学键、分子结构与晶体结构	215
8.1 离子键与离子晶体	216
8.2 共价键理论	222
8.2.1 共价数、共价键的极性与元素的电负性	222
8.2.2 价键理论要点	226
8.2.3 杂化轨道理论	228
8.2.4 σ 键与 π 键	234
*8.2.5 价层电子对互斥理论	237
8.3 共价型物质的结构与性质	241
8.3.1 分子的极性	241
8.3.2 分子间力与氢键	242
8.3.3 原子晶体与分子晶体	246
复习思考题	247
习题	248
第9章 非金属元素	252
9.1 非金属元素通论	252
9.1.1 非金属元素的氧化数	253
9.1.2 非金属单质的结构	255
9.1.3 非金属元素的存在与制备	257
9.2 氢与稀有气体	259
9.2.1 氢	259

9.2.2 稀有气体	263
9.3 卤素	264
9.3.1 单质	264
9.3.2 氢卤酸	265
9.3.3 卤化物	268
9.3.4 卤素的含氧酸及其盐	273
9.4 氧与硫	274
9.4.1 氧分子结构与分子轨道理论概念	274
9.4.2 氧化物及其水合物	278
9.4.3 过氧化氢	285
9.4.4 硫化氢与硫化物	287
9.4.5 亚硫酸及其盐	290
9.5 氮、碳、硅、硼	291
9.5.1 氮、碳、硅、硼的价键	291
9.5.2 氮化硼	296
9.5.3 半导体与*太阳能电池	297
9.5.4 硅酸及硅酸盐	300
复习思考题	302
习题	303
第10章 金属元素	306
10.1 金属通论	307
10.1.1 金属的存在	307
10.1.2 金属的提取	308
10.1.3 金属晶体与金属键	313
10.1.4 金属的腐蚀及其防护	317
10.2 碱金属与碱土金属	322
10.2.1 单质	323
10.2.2 化合物	324
10.3 锡、铅、铋、铊	326
10.3.1 单质	326
10.3.2 化合物	327

10.4 过渡金属元素通性	329
10.4.1 物理性质	330
10.4.2 化学性质	333
10.5 钛、铬、锰、钼、钨	334
10.5.1 钛及其主要化合物	334
10.5.2 铬及其主要化合物	335
10.5.3 锰及其主要化合物	337
10.5.4 常用的氧化剂与还原剂	339
10.5.5 钼、钨	343
10.6 镧系元素	344
10.6.1 价电子层结构与氧化数	344
10.6.2 离子的颜色	345
10.6.3 原子半径与离子半径	346
10.6.4 存在、*提取与*分离	348
10.6.5 用途	349
10.7 锕系元素	351
10.7.1 通性	351
10.7.2 超铀元素的合成	352
10.7.3 原子能核燃料	353
10.7.4 放射性同位素的应用	355
复习思考题	357
习题	358
第11章 配位化合物	362
11.1 配合物的组成与命名	362
11.2 配合物中的化学键与空间构型	363
11.2.1 价键理论	364
*11.2.2 晶体场理论的基本要点	369
11.3 配合物在溶液中的状况	373
11.3.1 配离子的平衡	373
11.3.2 配离子平衡的移动	376

11.4 螯合物	380
11.4.1 形成与定义	380
11.4.2 多基配位体	381
11.5 几种特殊的配合物	384
11.5.1 羧基配合物	384
11.5.2 其它特殊配合物	385
11.6 配合物的应用	386
复习思考题	389
习题	390
第12章 有机化合物	393
12.1 有机化合物概述	393
12.1.1 概述	393
12.1.2 有机化合物的特征	395
12.1.3 有机化合物的分类	396
12.2 有机反应	400
12.2.1 裂化反应	401
12.2.2 取代反应	402
12.2.3 氧化还原反应	404
12.2.4 加成反应与加聚反应	406
12.2.5 缩合反应与缩聚反应	410
12.3 工程高分子化合物	413
12.3.1 高分子化合物概述	413
12.3.2 某些重要的高分子化合物	414
*12.4 生物高分子化合物	422
12.4.1 蛋白质	422
12.4.2 核酸	424
12.4.3 腺苷三磷酸(ATP)	432
复习思考题	433
习题	433

第 13 章 化学与环境保护	437
13.1 基本概念.....	437
13.1.1 什么是环境.....	437
13.1.2 环境的污染.....	437
13.1.3 环境保护的重要性.....	438
13.2 大气污染的防治.....	440
13.2.1 大气的组成.....	440
13.2.2 大气的污染物.....	441
13.2.3 大气污染的防治.....	447
13.2.4 大气污染的控制.....	449
13.3 水体的污染及其防治.....	451
13.3.1 水体与水体污染.....	451
13.3.2 水体污染的防治.....	456
复习思考题.....	462
习题.....	462
附表 1 常用的单位换算和 常数	464
附表 2 一些物质的标准生成热、标准生成吉布斯自由能 和标准熵的数据*	465
附表 3 一些水合离子的标准生成热、标准生成吉布斯自 由能和标准熵的数据	469
附表 4 国际原子量表	470
部分习题答案	472
索引	475
元素周期表	

绪 言

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。它是人类在生活实践和生产活动中，日渐发展起来的。随着科学技术和生产的日益发展，化学的作用越来越重要。

例如：运用物质的组成和性质方面的知识，可以选择和合理的使用原材料；运用物质变化规律方面的知识，可以制备各式各样的产品。又 70 年代以来，在人类所面临的五大问题（能源、粮食、环境、人口与资源）中，诸如新能源的开发，环境的保护，肥料、农药的制造等等，都离不开化学这门学科。

又由于各学科之间的相互渗透日益增强，化学已经渗透到每个工程技术领域。工程技术上所面临的课题需要化学知识越来越深广。为此，高级工程技术人员必需掌握一定的化学知识。

化学这门学科由于研究的着重面不同，传统上分成四大分支，即无机化学、分析化学、有机化学和物理化学。随着科学的发展，化学又衍生出边缘科学，如光化学、生物化学、环境化学等等。

普通化学是整个化学学科的导言，它概括扼要地讲授化学的基本理论与基本知识。

在高等工业学校教学计划中，普通化学是一门关于物质及其变化规律的基础课，是培养又红又专高级工程技术人员所必需的课程。

本课程的教学目的是，使学生进一步掌握必需的化学基本理论、基本知识和基本技能，了解这些理论和知识在工程上的应用，

培养辩证唯物主义和历史唯物主义观点,培养用化学观点来分析和解决一些问题的能力,为今后学习和工作打下一定的化学基础,以适应建设社会主义祖国的需要。

本课程讲课内容包括理论部分和叙述部分。前者主要是溶液、化学平衡、化学热力学、电化学、物质结构等;后者主要是元素及化合物,并相应地联系工程实际。

在内容安排上,基本理论是先宏观后微观,从一般化学平衡理论开始,进而讨论化学热力学的基础知识;物质结构理论联系周期系,并反映近代结构理论的基本知识。叙述部分仍参照周期系安排,并相应地穿插一些理论。

化学是一门实验科学。实验是普通化学课程不可缺少的一个重要环节。通过实验课,巩固、加深、扩大所学的基本理论和基本知识,培养正确的基本实验技能,培养观察现象、分析现象和作出结论的能力以及培养严谨的科学工作态度。

现代科学技术的蓬勃发展,使科学知识在短时间内迅猛增长。就化学来说,按全世界化学文献计算,1970年为7975篇,而1977年达410137篇。面对这一现实,任何人即使日夜攻读,也难读完和记住现有的知识。至于将来从事工作所必需的很多知识,有待进一步学习。在学校所学习的,肯定是不够的,不能满足需要的。

为此,通过学习,除掌握知识外,更重要的是提高自学能力。掌握知识和提高自学能力是相互促进的。掌握知识是提高自学能力的基础,提高自学能力是掌握知识的重要条件。我们要培养“去分析怎样从不知到知,怎样从不完全的不确切的知识到比较完全比较确切的知识”(“列宁选集”人民出版社,2卷,100页,1960年)的主动活泼的学习风气。中国科学院前院长郭沫若曾经说过“教育的目的是养成自己学习,自己研究,用自己的头脑来想,用自己的眼睛来看,用自己的手来做的这种精神”。