



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

无机化学与化学分析

(第三版)

史启祯 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

无机化学与化学分析

Wuji Huaxue yu Huaxue Fenxi

(第三版)

史启祯 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是为应用化学专业编写的一本基础课教材,是在普通高等教育“十一五”国家级规划教材《无机化学与化学分析》(2005年第二版)的基础上修订而成的。

本书分为主篇和副篇。主篇内容包括原子结构和元素周期表、化学键与分子结构、化学热力学的初步概念与化学平衡、化学反应速率与反应动力学的初步概念、酸碱和酸碱反应、氧化还原反应与电化学、金属配位化合物、溶液的物理性质、酸碱平衡和酸碱滴定、沉淀-溶解平衡和沉淀滴定、络合平衡和络合滴定、条件电势和氧化还原滴定、s区元素、p区元素、d区元素、f区元素、氢、核化学简介。副篇按“化学原理”和“化学应用”两部分编排,共编写了156个条目。

本书除作为应用化学专业(或应用性化学专业)的基础课教材外,还可供化学、化工、环境类专业作参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学与化学分析 / 史启祯主编. —3版. —北京: 高等教育出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-04-031691-9

I. ①无… II. ①史… III. ①无机化学-高等学校-教材②化学分析-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第084233号

策划编辑 鲍浩波
责任校对 杨雪莲

责任编辑 沈晚晴
责任印制 朱学忠

封面设计 赵阳

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 涿州市星河印刷有限公司
开本 787×960 1/16
印张 35.5
字数 660 000
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 1998年5月第1版
2011年7月第3版
印 次 2011年7月第1次印刷
定 价 51.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 31691-00

第三版前言

1991年嘉峪关会议上,应用化学专业教材建设组决定编写这本教材,并将其列入国家“八五”规划重点教材。从那时算起,已经过去了整整20年。第一版1998年与读者见面,后来入选“面向21世纪课程教材”时做了修改;2005年推出第二版,并被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。第三版是在第二版的基础上修订的。根据高教社朱仁先生的建议,新版将前两版的《前言》一并付印,以完整反映这段历史。

《无机化学与化学分析》如何定位,是编写和修订过程中无法回避、颇费思量而又必须努力把握的问题。20年前开始编写时,应用化学专业教材建设组的想法只是粗线条的:将大一“无机化学”和大二“分析化学”有机地合并为一门课,不乏减少内容重复和节约学时的动机。为了适应教学改革发展的新形势,我个人和教学团队的同事们现在则倾向于将其看做一门“导论”性教材。

本书具有以下两个特点:

● 铺就一个基础知识平台,后续专业基础课将从该平台出发,引导学生较深入地了解化学科学的方方面面。换句话说,将其看做引导学生“走进化学”的一门课程。

教材“主篇”体现了这一定位,它是内容相对稳定的部分。尽管修订中对各章文字都有删减或增补,但重大变化仅涉及三个部分:撤销了第0章“某些预备性知识”;重写了第3章“化学热力学的初步概念与化学平衡”;增编了以“溶液的物理性质”为标题的第8章。

● 培养学生专业学习兴趣,是首门专业课义不容辞的职责。为此,需要引导学生从化学传统边界之外观察他们选定(或被选定)的这个专业,从而了解化学在探索自然和服务社会中的重大作用。从这个意义上,倒是有点引导学生“走近化学”的味道。

该定位主要通过“副篇”体现,它是培养学生专业学习兴趣的一个重要平台。本版对“副篇”做了大篇幅修改,不少条目直指低碳经济,它是关乎国民经济可持续发展和结构转型的重大科学技术问题。学生们带着神秘感、好奇心和众多问



质疑是科学发展最本质的要素,求知则是质疑与顿悟交替出现的过程。

号走进大学的校门,“副篇”将会部分满足这种好奇心,读后会产生“顿悟”的感觉。这里难免会联想 CCTV《走近科学》这一著名栏目,栏目的标志性符号(见图)暗示,满足好奇心是吸引听众的着力点之一。

参加第三版修订工作的有西北大学的高胜利教授、王尧宇教授、吴彪教授、陈三平教授、谢钢副教授和西安电子科技大学的梁燕萍教授。除了第二版前言列出的参考资料外,本版还参考了 Baird C 和 Cann M 合编的 *Environmental Chemistry*(2008 年第 4 版),引用了 *Science*(《科学》),*Journal of the American Chemical Society*(《美国化学会志》),*Chemical Society Reviews*(《皇家化学会评论》)和 *Physical Review Letters*(《物理评论快报》)等著名学术杂志上发表的最新研究成果。主编在此表达对参编者、参考教材和论文作者的谢意。这次修订是在国家级教学团队经费和西北大学配套经费以及国家自然科学基金委人才基地建设项目(编号为 J0630427)的支持下完成的,一并致谢。最后还要感谢高等教育出版社沈晚晴老师对书稿完善做出的贡献。

史启祯
西北大学,西安
2011 年 1 月

第二版前言

致授课教师

这里首先要感谢各位的支持,感谢大家对这本教材的关照。自本书第一版发行以来,印数逐年上升,这是我原先期盼但却未曾指望达到的结果。不过,各方的反馈并不总是顺耳的。某科技大学的学生问他们的授课教师:“书中介绍的这些知识有啥用?”我从教几十年,从来没有从理科大学化学专业学生那里听到过这样的问题。我还注意到,原来使用这本教材的某个学校后来停用了。授课教师告诉我,教材内容很新,但有点偏难偏多,特别是对学时少的课程而言。我意识到,这本书还需要进一步解决“适应性”的问题:适应应化专业培养人才的基本要求,适应不同学时的化学课程,当然还要适应1998年第一版发行以来教学改革形势发生的巨大变化。

“我希望您在熟悉了本教材之后能够喜欢它。不过,是好是坏的最终评判不取决于我和您是否喜欢,而取决于它能在多大程度上让学生受益。我希望我们之间在认识上取得某种程度的‘共振’,很乐意从您那里得到实践效果的反馈。”这是第一版前言中致授课教师的一段话,本教材有机会再版,为我向大家反馈提供了一个机会。

这次修订的第一个重要变化是,将原来的“四大块”框架改为“主篇-副篇”框架,或者叫“两大块”框架。主篇内容是基础,是对学生的基本要求,篇幅较第一版有所减少;副篇内容是延伸,是供学生选读和教师选用的。

修订前(四大块结构)	修订后(两大块结构)
第一篇 结构与反应	主篇 基本要求
第二篇 水溶液中的平衡与滴定分析	
第三篇 重要元素及化合物	副篇 选用、选读内容
第四篇 选读材料	

我想对副篇说几句话。为了扩大学生的知识面,许多教材作者已经习惯将课文分为大字和小字表达。我感觉,这种方式具有很大的局限性,难以“形成气候”,起不到太大的作用。以副篇方式编写则不同,其内容与对应的主篇仅保持

相对松散的关系,对教材作者来说,意味着扩大了取材范围,为突出应化专业教材特色余留了更大的空间。本书在“学习辅导/学术背景/科学方法”、“资源/环境/生命”和“化学应用”三个栏目下介绍了 159 个条目,通过“小字”方式是无法实现这种规模的。此外,由于与主篇剥离排版,让老师和学生产生一种感觉,这部分内容“真正”是让他们选用、选读的。

这次修订的另一个重要变化是,书末提供了各章的英语词汇和词汇的英语解释,习题也采用英文表达。这些年大学提倡双语教学,但当前大部分学校看来难以直接使用外文版教材。修订版想要提供一种现实可行的方式,如果您想要制作英文 Power Point,章末的英语词汇也许有帮助。

这次修改花费了整整一年的时间,作为教师,您肯定能体会到我在完成这件事之后既放松、又兴奋的心情。如果说我不满意刚刚完成的书稿,那肯定是假的;如果说我无法判断新框架可能带来哪些新问题,那倒是真的。还是第一版前言中那段话,我期待着您的反馈。

致学生

作为进入大学后学习的第一门专业基础课,我希望您把它学好。需要提醒的是学习方法,大学的教学方法与中学有很大区别。在中学,老师可能把化学当做语文讲,课文的每句话、每个词都要讲清楚。大学则不同,老师往往是按照问题阐述的,给您的第一感觉可能是进度特快,一节课跨越教材的几个页码。您要迅速适应新的学习环境,改变您中学 6 年养成的、并已习惯了的那一套学习方法。

本篇是对您的基本要求。您可能觉得内容很多,不过您不了解,大约在几年以前,这些内容是用 130 多万字的教材表达的。希望您能将主篇的内容融会贯通。打个比方:两个生活习惯不同的人,其中一人一开始花了较大气力将自己的房间收拾得既干净又有条理,此后每天只需花费少量精力,就能享受一个幽雅的环境;另一人每天都花时间收拾,但每次都潦草从事。尽管两人花费的总精力相同,但享受迥然不同:前者始终有一个舒畅的生活或工作空间,后者则邈邈度日。学习也是这样,切忌夹生!学好了前面的章节,后续章节的学习会显得容易。同样,学好了第一门专业基础课,后续课程的学习也会轻松得多。

副篇的内容大体分三类。一类帮助您加深对主篇课文的理解,帮助您掌握某些难以理解的概念。例如,有一个题目(S-1-7)是:既然 p 轨道的两个波瓣间有一个电子概率为零的节面,那么电子如何从一个波瓣到达另一个波瓣?几乎每届学生都有人提出这样的问题,但相关内容显然不能占用主篇有限的篇幅。第二类是帮助您开拓思维的。例如, C_{60} 的发现和笼状结构的确定曾获得 1996 年诺贝尔化学奖,那么,柯尔等三位教授是怎样确定其结构的?像许多科学家一

样,他们开始也试图利用已有的理论解释发现的新事实。副篇在这里向您介绍,使用路易斯结构进行的描述陷入了何种困境,科学家怎样努力摆脱困境设计新结构,并进而取得实验支持的(S-13-1)。属于第三类的条目最多,目的是扩大您的视野和知识面。内容是通过选择的实例,说明环境、生命、能源和材料科学中的化学问题。副篇内容是供您参考的,没有具体的要求。但我坚信,这些内容会吸引你们当中许多人的兴趣。

致授课教师的一段话中提到本书第一版的发行量。商家追求商品销量(发行量)的动机是追求利润,我们追求发行量(销量)的动机则是追求教材的影响面和使用效果。或者说,是追求受益学生的人数和学生受益的程度。在用或不用本书作教材的问题上你们肯定无能为力,但能在多大程度上受益,不但取决于教材本身和授课教师,也取决于您怎样去读它。我希望这本教材能给你们送去知识,送去科学思维方法,甚至是送去快乐。我也希望从你们那里得到反馈,从中得到第三版出版前进行修订的灵感。

致谢

高等教育出版社岳延陆和郭新华两位老师两次专程来西安讨论了与本书再版有关的问题,也许是由于这种推动,我才花费了整整一年时间进行再版前的修改。西北大学“211工程”教学改革研究项目为这次修订提供了经费支持。作为责任编辑,朱仁先生不但为本书的出版付出了艰辛的劳动,也是内容上尽量减少错误的最后一道防线。参加修订工作的还有西北大学的高胜利教授(第3章和第12章)和王尧宇教授(第4章和第13章),西安电子科技大学的梁燕萍教授(第1章和第2章),陕西科技大学的李仲谨教授(第8章和第9章)和顾玲教授(第10章和第11章)。西北大学的陈三平博士和谢钢博士在修改中提供了许多具体帮助。第二版即将出版之际,难免令人回想起10年前与第一版的合作者们一起经历过的愉快时光。这些合作者是陈兴国教授(兰州大学)、樊行雪教授(华东理工大学)、高忆慈教授(兰州大学)、江林根教授(北京大学)、揭念琴教授(中国农业大学)、李次然教授(山东大学)、孙玲教授(天津大学)、张淑民教授(兰州大学)和曾正志教授(兰州大学)。书稿修改过程中参考了以下国内外教材和资料,并引用了其中的一些图,请允许我在这里一并表示感谢:

1. Shriver D F, Atkins P W. *Inorganic Chemistry*, 3rd ed. Oxford University Press, 1999.

2. Petrucci R H, Harwood W S. *General Chemistry*, 7th ed. Prentice-Hall, Inc., 1997.

3. Brown T L, LeMay H G, Bursten B E. *Chemistry*, 7th ed. Prentice-Hall, Inc., 1997.

4. Housecroft C E, Sharpe A G. *Inorganic Chemistry*, 1st ed. Pearson Education Limited, 2001.
5. King R B(Editor-in-chief). *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*. John Wiley & Sons, 1994.
6. (美)巴索罗著. 从克艾洛村到无机化学. 陈昌南译. 香港: 凌天出版社, 2004.
7. (美)巴索罗著. 无机化学前沿. 高忆慈, 王尧宇, 史启祯编译. 兰州: 兰州大学出版社, 1988.

史启祯

Email: hwws@nwu.edu.cn

西北大学, 西安

2004年8月31日

第一版前言

致授课教师

这里向您介绍编写这本教材的背景和处理某些问题的思路,既是为了供您使用时作为参考,也希望您能根据使用情况对某些重要问题共同做探讨。

1991年在嘉峪关举行的应用化学专业教材建设组第一次工作会议拟定了《高等学校应用化学专业基本培养规范和教学基本要求》(1992年由国家教委颁布实施),将“无机化学与化学分析”列为该专业学生的第一门专业基础课。编写本教材和与之配套的实验课教材的决定也是那次会议上作出的。

编写过程遇到了许多涉及学术观点的问题需要做探讨,由之而产生的许多实际问题也需要恰当地做处理。编委们考虑最多的几个问题以及处理这些问题的思路如下:

1. 在学科迅速发展的新形势下,作为一本基础课教材,本书应向学生介绍哪些基础知识?

这一问题因课程合并和学时减少而变得更突出。可否这样认为:“基础知识”的概念随着学科本身的发展而变化。例如20世纪40—50年代的《无机化学》教材如果未写进接触法制硫酸、路布兰法制碱和高炉炼铁等内容,至少会被看做是严重缺陷。这些内容在20世纪60—80年代的教材中逐渐消失,现在看来则是非常自然的。又如20世纪50—60年代将定性分析化学单独设课被认为天经地义,现在人们已不再过多地非议后来发生的变化了。本教材舍去了目前国内其他教材的某些传统内容,这样处理并不意味着那些被舍去的内容已失去重要性,而是由于某些更重要的内容需要写进篇幅有限的教材中。

2. 如何体现“在基础课教学阶段早期渗入应用意识”这一思想?

面对这一问题,不由得产生“书到用时方恨少”的感觉。尽管作了一些努力和尝试,但效果毕竟受限于编委们自己的知识面。编委们认识上有一点是共同的:应化专业学生同样需要打下坚实的理论基础,以目前使用的同类教材为蓝本简单地压缩基础理论、增添应用性素材的做法无疑是下策。我个人有时在想:这难道是一个找不到某种固定答案的问题,而只是授课教师和教材作者应该具有的一种意识?

3. 如何处理好化学分析本身的内容以及与无机化学内容的结合?

嘉峪关会议决定编写合并教材所依据的两点共识是：无机化学与化学分析的部分教学内容存在着密切的内在联系；专业教学计划不能给这两部分教学内容分配太多的学时，分别设课的方案在实践上面临困难。这里没有涉及合并设课可能带来的好处，因为能否带来和带来多大好处，取决于如何恰当处理合并中可能遇到的问题。

合并所涉及的分析化学内容(主要是滴定分析)在分析化学中地位的下降是一个不争的事实。根据权威统计，近年来世界范围内容量分析方面的学术论文在分析化学论文总数中所占的比例不到2%，即使在我国，这个数字也未达到3%！从一定意义上讲，分析化学也许是几个传统化学分支学科中发展最快，变化最大的一个分支了。一个基本想法是，这部分内容的处理应该努力把握我国目前技术发展的总体水平和分析化学学科发展的总趋势。讨论中有的教师认为第二篇内容少了点，有的则认为可以更少点。考虑到各种因素，统稿时“取乎其中”了。

提到“结合”，往往首先会想到将化学分析内容作为有关无机化学章节的延伸。例如在电离平衡一章延伸讲酸碱滴定，在配合物一章延伸讲配位滴定等。我将其称作“延伸处理”，国内现有的合并教材大都采用这种方式。本书将化学分析单列一篇，原先主要考虑能为更多的教师所接受，以适用于现实中存在的各种教学组织形式(不少院校无机化学与分析化学分设教研室)。编写过程中逐渐意识到，这样做还有利于突出四种滴定原理的内在联系，这也是第二篇篇幅能以大幅度下降、使结构显得简洁明快的主要原因。尽管我们费了一些思考处理“怎样结合”的问题，但它毕竟只是个方式问题，就算是一种尝试吧。

致学生

下面这段文字可能对您阅读本教材有帮助。课程开始之前可浏览一遍，更重要的则是结合各篇内容的学习反复阅读。

第一篇包括7章。第1、2章讨论原子结构和化学键，这两个命题在大学本科和研究生阶段教学中不止一次地出现，区别仅在于讨论的层次和深度。本教材介绍一些基本概念，以便对后续各章列举的无机化学事实做解释。第1章首先介绍化学上最重要的亚原子粒子、波粒二象性和有关原子结构的两种模型，希望您能在教师指导下将这些内容之间的关系理清楚：波的微粒性导致了玻尔模型，微粒的波动性导致了波动力学模型。该章的核心内容是波动力学模型处理原子结构的结果，这种结果包括描述原子中电子运动状态的四个量子数和轨道概念的图形描述。根据四个量子数和建造原理，您不难得到周期表中几乎所有元素原子的电子组态并解释性质变化的周期性；有了轨道图形概念，您就不难理解分子的结构(包括分子的空间结构)了。第2章介绍三种最重要的化学键即离

子键、共价键和金属键。尽管离子键和金属键都涉及中学未曾学过的某些新概念,但学习的难点却是共价键。课文介绍了优点相互补充的两种共价键理论即价键理论(节 2.5)和分子轨道理论(节 2.6)。也许您已经熟悉早期由路易斯提出的“电子对键”的概念(节 2.3)并会用元素符号和小黑点书写简单分子的结构,课文介绍的规范书写程序仍然会对您有帮助。尽管电子对键概念具有很大的局限性,但毕竟给当今化学家留下不少有用的概念。从路易斯结构式入手,还可直接引出作为本章重点之一的价层电子对互斥理论(节 2.4)。第 3、4 两章介绍对无机化学十分重要的化学原理,相关的命题在物理化学课中还将再次出现。将化学反应速率和反应动力学单列一章是为了向您强调一个事实:动力学因素在解决实际化学问题时与热力学因素同样重要。您可通过后续章节多处展示的实例,逐渐认识这种重要性。第 4 章因涉及诸多热力学概念而成为全书的难点之一。如果说这些概念本身需要您费点思考去理解,繁杂的符号则会增加对您的困扰。例如您会遇到焓、焓变、反应焓、标准焓、标准生成焓等与焓相关的多种概念,它们的符号分别为 H , ΔH , $\Delta_r H$, $\Delta_r H_m^\ominus(T)$, $\Delta_f H_m^\ominus(T)$ 。考虑到教学过程阶段性,在不出现概念性错误的前提下,教材回避了对某些术语的严格定义(例如节 4.1.2 对反应焓的定义),建议您在复习时做点简单的整理和归纳,努力将概念理清楚。第 5、6 章分别介绍酸碱反应和氧化还原反应,除自由基反应之外的大多数无机反应都可归入这两类。您手头的其他同类教材大都将有关酸碱的内容分散安排在“电解质溶液”(电离平衡)和“配合物化学”(软硬酸碱)两章中,本教材将其集中起来单独列章,以期有助于您建立起酸碱理论(最重要的无机化学理论之一)的系统概念。这里有必要特别强调路易斯酸碱概念的重要性,多种化学过程(包括许多重要的催化过程)和不少突破性的化学进展(如超强质子的形成,第一次用化学法制得 F_2 , 1994 年诺贝尔化学奖获得者欧拉用以证实碳正离子存在的实验等)都涉及路易斯酸反应。第 6 章重点讨论标准电极电位和用电极电势判断水溶液中氧化还原反应自发性(这是一个热力学范畴的问题),初步了解影响氧化还原反应的动力学因素和氧化还原反应机理对您也不无益处。第 7 章介绍配位化合物。从反应角度,配位反应属于第 5 章讲过的路易斯酸碱反应;关于共价键的第三种理论即晶体场理论也放在这里做介绍。无机立体化学的概念是本章的另一重点。如果认为立体化学仅属于有机化学的一个研究领域,那将是个很大的误解。金属原子能够达到的配位数(最高已达 14)比碳原子(最高通常为 4)高得多,成键涉及的轨道类型(s, p, d 甚至 f 轨道)也比碳原子(仅涉及 s 和 p 轨道)复杂。随着学科的发展,无机立体化学可能比有机立体化学的内容更丰富、更精彩。从配位化学在无机化学中占据的重要地位看,本章的篇幅似乎小了点。考虑到后续章节多处会遇到配位化学问题,在那里介绍比这里扩大篇幅更好些。

第二篇共4章,着重介绍滴定分析和重量分析的原理和方法。把握住几种滴定分析法的内在联系对您的学习会大有帮助。从广义酸碱概念出发,通常意义上的酸碱滴定、配位滴定和沉淀滴定都是广义酸和广义碱的滴定,其滴定原理的叙述方法本质上是共通的。不但滴定曲线具有类似的形式,表示误差的公式甚至也类似。氧化还原滴定依据的反应虽不能归入广义酸碱反应,讨论问题的思路却大同小异。第8,第9两章单独列节介绍了误差和有效数字的初步概念。尽管本课程在这两个方面对学生的要求并不高,但其内容却十分重要。掌握这些概念和规则的最好方法是在完成课外作业、实验记录和实验报告的过程中反复去使用。

第三篇介绍重要元素及化合物,其重要性丝毫不亚于前两篇。这块内容不但向您展示了一些实际应用和应用前景,而且提供了掌握第一篇中那些化学原理的载体。它的重要性还在于:您在大学阶段学习中不会再遇到介绍元素化学的课程了。本篇按周期表中s,p,d,f区分述,内容较多的p区和d区各分两章。p区元素(一)包括硼族、碳族和氮族,p区元素(二)包括氧族、卤素和稀有气体。这样分章固然是为了保持各章篇幅的大体均衡,我们还是对各章包含的那些族归纳出一些共同特征。氢单列一章,既是考虑到它是周期表中尚未找到确切位置的唯一元素(安排在上述任何一区似乎都欠妥),也考虑到氢化学的特殊重要性。周期表对您的学习无疑有重要指导作用,不但要注意总结性质的规律性变化从而使您学到的知识系统化,也要留意对规律性表现出的反常。正是这种反常,在科学上往往导致认识上的深化或者导致重大新发现。学习描述性无机化学时,学生往往会提出“要不要记”的问题,回答只能是肯定的。人脑与电脑类似,能够有效运转的前提之一是储有大量信息。您头脑中储存的信息越多,产生创造灵感的机会就越大。当然存在一个“怎样记”的问题,好在教材的篇幅不大,选用的材料都是经过反复推敲的。

教材将第19、20两章与附录一起安排在另一篇,丝毫无意表明其重要性小一些。它们是供教师选用的,其实也是供您选读的。考虑到无机化学与能源、材料、信息、环境、生命等当代重大科学技术问题越来越密切的关系,如果教师受限于学时而无法在课堂做介绍,建议您自己去阅读。

结束这段文字之前,还想提醒您充分利用手头各种教材之间的互补性。选择阅读其他教材有特色的章节和少量化学文献,对本课程学习无疑有用。养成阅读参考资料的习惯会让您终生受益。毫无疑问,阅读本书的学生人数会比教师多得多,主编十分乐意得到由您反馈的信息,供再版前修改时作参考。

编写分工

本书初稿的执笔人是华东理工大学的樊行雪老师(第1、2、15章)、兰州大学

的高忆慈老师(第3、16章)、西北大学的史启祯老师(第4、5、6、18章)、天津大学的孙玲老师(第7章)、兰州大学的陈兴国老师(第8、11章)、山东大学的揭念琴老师(第9、10章)和李次然老师(第12、13、14章)、兰州大学的曾正志老师(第17章)、北京大学的江林根老师(第19章)。第20章内容经过多次较大变动,先后有张淑民(兰州大学)、曾正志、张逢星(西北大学)和史启祯等多位老师参与。全书由史启祯统稿,限于编者水平,取材欠妥、叙述不清、甚至出现个别错误都在所难免,恳切希望使用本书的老师和学生批评指正。

致谢

本书从开始编写到定稿历经5年。全国高等学校化学教学指导委员会应化专业教材建设组的委员们多次讨论了编写大纲,1994年大连研讨会的数十位代表讨论了部分书稿,如果本书能够有点可取之处,编者首先会想到他们的贡献。清华大学宋心琦教授在审稿中提出许多宝贵意见,特表谢意。编写过程中参考了国内外许多很好的教材和文献,它们被列于书末。主编在统稿过程中与西安武警技术学院的马泰儒老师,天津大学的杨宏秀老师,西北大学的唐宗薰、高胜利、张逢星、过玮、曾克慰等老师做过多次有益的讨论;西北大学科研处、教务处和兰州大学教务处提供了必要的经费支持;西北大学的王尧宇老师、崔斌老师、李恒欣老师帮助主编做了大量具体工作。

史启祯

1996年11月

西安

目 录

三 篇

第1章 原子结构和元素周期表	3
1.1 亚原子粒子	3
1.2 波粒二象性——赖以建立现代原子模型的量子力学概念	4
1.2.1 经典物理学概念面临的窘境	5
1.2.2 波的微粒性	6
1.2.3 微粒的波动性	8
1.3 氢原子结构的量子力学模型:玻尔模型	8
1.4 原子结构的波动力学模型	11
1.4.1 不确定原理和波动力学的轨道概念	11
1.4.2 描述电子运动状态的四个量子数	12
1.4.3 薛定谔方程和波函数	14
1.4.4 波函数的图形描述	15
1.5 多电子原子轨道的能级	16
1.5.1 鲍林近似能级图	17
1.5.2 科顿能级图	18
1.5.3 屏蔽和钻穿	19
1.6 基态原子的核外电子排布	20
1.7 元素周期表	22
1.8 原子参数	24
1.8.1 原子半径	24
1.8.2 电离能	27
1.8.3 电子亲和能	28
1.8.4 电负性	29
第2章 化学键与分子结构	31
2.1 化学键的定义	31

2.2 离子键理论	33
2.2.1 离子键及其特点	33
2.2.2 离子的特征	35
2.3 共价键的概念与路易斯结构式	37
2.3.1 共价键的相关概念	37
2.3.2 路易斯结构式	38
2.4 价层电子对互斥理论	39
2.5 价键理论:原子轨道的重叠	42
2.5.1 共价作用力的本质和共价键的特点	42
2.5.2 杂化轨道	45
2.6 分子轨道理论	47
2.6.1 H_2 和“ He_2 ”中的分子轨道	48
2.6.2 第2周期元素双原子分子的分子轨道	49
2.6.3 第2周期元素同核双原子分子的电子组态	50
2.6.4 用分子轨道理论解释双原子物种的性质	51
2.6.5 分子轨道理论与价键理论比较	52
2.7 金属键理论	53
2.8 分子间作用力和氢键	55
2.8.1 分子间作用力	55
2.8.2 氢键	57
第3章 化学热力学的初步概念与化学平衡	60
3.1 热化学	60
3.1.1 几个基础性概念	61
3.1.2 热量计	64
3.1.3 焓和焓变	66
3.1.4 盖斯定律:利用标准摩尔反应焓进行的计算	70
3.2 化学反应的自发性	73
3.2.1 自发过程和非自发过程	73
3.2.2 熵和熵变	74
3.2.3 吉布斯自由能:反应自发性的最终判据	77
3.3 平衡状态和标准平衡常数	80
3.3.1 平衡状态	80
3.3.2 标准平衡常数	82
3.3.3 平衡移动	84

第 4 章 化学反应速率与化学动力学的初步概念	87
4.1 化学反应的平均速率和瞬时速率	87
4.1.1 反应的平均速率	87
4.1.2 反应的瞬时速率	88
4.2 反应速率理论简介	89
4.2.1 碰撞理论	89
4.2.2 过渡态理论	90
4.2.3 活化能	91
4.3 影响化学反应速率的因素	92
4.3.1 浓度对化学反应速率的影响;元反应的速率方程	92
4.3.2 温度对化学反应速率的影响	94
4.3.3 反应物之间的接触状况对反应速率的影响	95
4.3.4 催化剂对反应速率的影响	96
4.4 化学反应机理及其研究方法	99
4.4.1 反应物(或产物)的浓度-时间图	99
4.4.2 尝试法确定速率方程	99
4.4.3 反应机理的设计	101
第 5 章 酸、碱和酸碱反应	104
5.1 布朗斯特酸碱	105
5.1.1 定义	105
5.1.2 共轭酸碱对	105
5.1.3 布朗斯特平衡	106
5.1.4 酸碱性强弱与分子结构的关系	109
5.2 路易斯酸碱	113
5.2.1 定义及相关概念	113
5.2.2 软硬酸碱	114
5.2.3 有代表性的路易斯酸	116
第 6 章 氧化还原反应与电化学	119
6.1 基本概念	119
6.1.1 氧化与还原	119
6.1.2 确定氧化数的规则	120
6.2 氧化还原反应方程式的配平	121
6.2.1 氧化数法	121
6.2.2 半反应法	123