



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材

# 无机及分析化学

(第三版)

浙江大学 编

主 编 鄂建敏  
副主编 沈 宏 刘 润

高等教育出版社



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材

# 无机及分析化学

(第三版)

浙江大学 编

主 编 邬建敏

副主编 沈 宏 刘 润

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是在浙江大学编“无机及分析化学”第二版基础上修订而成的。本次修订保留了第二版教材的主体内容,但对教材的编排体系作了较大幅度的重组和调整,并对第二版中的一些细节和表述也作了相应的修正。教材前四章为无机化学教学内容,包括物质的聚集状态、化学反应的一般原理、物质结构基础(包含配合物结构),以及溶液中的化学平衡。教材第五至十章主要为分析化学内容,其中定量分析基础包括定量分析基本方法、数据处理和分析方法及四大滴定分析内容,适当扩充了仪器分析的教学内容,将分子光谱分析、原子光谱分析、电位分析、色谱分析单独成章。此外也对采样与试样预处理进行了适当的扩充。为适应互联网时代需求,教材仍保留了化学信息的网络检索一章,并将相关拓展资源以二维码方式编排到教材中。编排体系的调整扩大了本教材的适用面,可满足设置不同化学基础课程体系的高等学校教学需求。

本书是近化类专业的通用型化学基础课教材,适用于生物科学类、化工与制药类、材料类、生物工程类、环境科学与工程类、农学类、医学类、药学类、轻工类、食品科学与工程、动物科学等专业。

## 图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/浙江大学编;邬建敏主编.--3

版.--北京:高等教育出版社,2019.7

ISBN 978-7-04-051408-7

I. ①无… II. ①浙…②邬… III. ①无机化学-高等学校-教材 ②分析化学-高等学校-教材 IV. ①O61  
②O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 036072 号

WUJI JI FENXI HUAXUE

策划编辑 殷英 责任编辑 殷英 封面设计 王鹏 版式设计 徐艳妮  
插图绘制 于博 责任校对 张薇 责任印制 田甜

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	三河市华润印刷有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	28	版 次	2003 年 7 月第 1 版
字 数	630 千字		2019 年 7 月第 3 版
插 页	1	印 次	2019 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	53.00 元
咨询电话	400-810-0598		

---

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 51408-00

## 第三版前言

本书自 2003 年出版第一版以来,一直深受广大师生好评,第二版于 2012 年入选首批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,许多高校的近化类专业选用本书作为教材或主要教学参考书。

为适应当前高校近化类专业教学体系改革需要,本教材编写组于 2017 年启动了本次修订工作。此次修订依然坚持通用性、适用性、实用性和先进性有机结合的原则,在保持原有体系基础上对第二版的内容进行了一定的重组和修正,具体如下:

(1) 将原第七章“物质结构基础”前移为第三章,原第八章“配位化合物与配位滴定”中有关配位化合物结构的内容并入第三章。将第二版中分散在多个章节的溶液平衡知识合并为第四章“溶液中的化学平衡”,以便学生了解四大溶液平衡的共性和个性,综合掌握复杂溶液平衡的处理方法。电化学基础知识也列在第四章中一并讲述。调整后的第一至第四章为传统意义的无机化学知识。

(2) 将第二版中分散在多个章节的滴定分析方法及原第三章合并为第五章“定量分析基础”,内容包括定量分析的基本方法、数据分析统计与表达、滴定分析的基本原理及方法与应用。调整后的该章为传统意义的化学分析知识。

(3) 由于仪器分析在分析与测量科学中占有越来越重要的地位,故此次修订对原第九章“仪器分析法选介”内容进行较大程度的扩充,用四个单列章节(第六至第九章)分别介绍分子光谱分析、原子光谱分析、电位分析法和色谱分析基础。调整后的该部分内容为传统上的仪器分析知识。

(4) 由于很多高校近化类专业在“无机及分析化学”课程中取消了元素化学的教学,故删除原第十章“元素化学”。原第十一章“复杂物质的分离与富集”在增加了各种试样的采样技术相关内容后,更名为第十章“采样与试样预处理”。由于目前计算机已经普及,且大多数学生的计算机应用能力较强,故将原第十二章“化学信息的网络检索”相关内容作为二维码拓展资源供读者参考。

经过上述调整后,本书既可便于作为“无机及分析化学”课程教材,又可便于作为“普通化学”和“分析化学”课程教材,进一步扩大了本书的适用面。考虑到不同学校和专业的教学要求和学时有所不同,教材中的部分内容可作为选学,用“\*”表示。

为充分利用信息技术,本此修订还增加了相关多媒体资源,通过扫描书中的二维码,可以用手机浏览彩色插图等有助于加深理解和巩固所学知识的素材。与本书配套的《无机及分析化学学习指导》(第三版)也将同步出版。

本书绪论及第四、八、十、十一章由邬建敏负责修订,第一章由岳林海负责修订,第二章由商志才负责修订,第三章由刘润负责修订,第五章由曾秀琼研究员负责修订,第六、七、九章由沈宏负责编写。全书由邬建敏负责统稿,沈宏、刘润两位副主编协助统稿。

本书在编写过程中得到了高等教育出版社的支持和指导,在修订过程中得到了浙

江大学“国家人才培养和基础课程教学基地”课程建设项目和浙江大学本科教学大类课程建设项目的资助,在此表示衷心的感谢。本书是在第二版基础上修订的,在此也由衷感谢《无机及分析化学》第二版的所有编者,特别是第二版主编贾之慎教授对本书编写做出的重要贡献。

限于编者水平,书中仍会有疏漏甚至错误之处,恳请读者和专家批评指正。

编者

2018年12月于浙江大学

## 第一版前言

在我国非化学专业化学基础课教学内容和课程体系的改革中,把无机化学和分析化学两门课程合并成无机及分析化学一门课程是一种有益的尝试。通过知识和理论体系的重组,达到了删繁就简、避免重复、减少学时的目的,经过近 20 年的改革实践,这一课程已逐步得到了认可,且适用于理、工、农、医等专业的各类无机及分析化学课程的教材先后问世。

近年来,我国高等教育的结构发生了巨大的变革。一些大学通过合并使专业、学科更为齐全,成为真正意义上的综合性大学;许多单科性学院也发展成了多科性的大学。同时,高等教育应该是宽口径的专业基础教育的新型高教理念已逐步深入人心。在这种形势下,一些基础课若仍按理、工、农、医分门别类采用不同的教材进行教学,既不利于巩固高等教育结构改革的成果,也不利于对学生的培养。因此适时地编写一些适用于不同专业的通用公共基础课教材,是 21 世纪初我国高等教育教学改革的一个重要内容。

在新浙江大学化学基础课的教学实践中,我们认识到编写非化学类理、工、农、医等相关专业本科生通用的无机及分析化学教材,符合当前综合性大学和多科性院校的化学基础课教学的需要。在化学系领导的指导和支持下,抽调了具有多年教学经验的教师成立了编写小组。编写者中有些曾主编或参编过工、农、医科的《无机及分析化学》教材。为了使教材具有更广泛的适用性,特邀请浙江工业大学的倪哲明老师参加本书的编写工作。经过多次的研讨,我们认为理、工、农、医有关专业对化学的要求是基本相同的,对人才的素质和能力的培养要求是一致的,通用教材的编写应以培养创新型人才为目标,贯彻本科教学素质、知识、能力并重和少而精的原则。本教材的编写指导思想得到了高等教育出版社的认可和支持。

本教材的主要目的是使非化学类专业的学生在学习无机及分析化学课程后,能掌握最基本的化学原理和定量化学分析的方法,并能用这些原理和方法来观察、思考和处理实际问题,为今后的专业学习、科学研究和生产实践打下基础。因此,本教材首先从宏观上介绍分散体系(稀溶液,胶体)的基本性质和化学反应的基本原理(能量变化,反应速率,反应方向,反应的平衡移动),进而从微观上介绍物质结构(原子,分子,晶体)的基本知识。然后简述定量化学分析的基础知识,论述溶液中各种类型的化学平衡以及在滴定分析中的应用,并对最常用的几种仪器分析法做了简介。最后介绍重要的元素和复杂物质的分离和富集。本教材突破原有无机及分析化学教材中无机化学、分析化学理论分段编排的体系,将无机化学中的化学平衡原理和定量(滴定)分析有机地结合,减少不必要的重复或脱节。各类滴定分析不单独设章后,特设定量分析基础一章,以加强分析化学中量的概念。同时增加了仪器分析的内容,以适应当前分析化学的发展趋势。另外,为了突出基础知识和基本理论的内在联系,本教材将原子结构和分子结构合并成物质结构一章;化学热力学、化学动力学和化学平衡合并成化

学反应基本原理一章。合并相关章节后,突出了主题,减少了篇幅,能适应一个学期内完成本课程的学时需求。各专业对化学的要求侧重面会有所不同,教师可以根据实际情况对教材进行适当的取舍,部分内容可安排学生自学。

我们认为作为公共基础课教材,应该具有科学性、完整性和系统性,同时应拓宽教材覆盖的知识面。在教材的编排形式上应力求有所创新,强调概念准确,重在对知识的掌握,精简繁琐的数学推导,理论阐述简明扼要。同时注意教材的易读性,以便于学生自学。在例题和习题的选编上兼顾到理、工、农、医各专业的需要,内容尽量结合实际,增加学生的学习兴趣。在每章后都编有“化学视窗”,介绍一些诸如“离子溶液”、“绿色化学”等能反映化学科学的新进展以及和相关学科联系的内容,目的在于拓宽学生的视野,提高学习兴趣,并为课外阅读提供窗口。书中每章前有学习要求,章后有数量较多的思考题和习题,以加深读者对基本概念、原理的理解和灵活应用。部分习题附有答案。

为适应高等教育与国际接轨发展趋势,本教材中的绝大部分专业术语以中英文两种文字给出。部分“化学视窗”和习题也用英文编写。希望这种编写方式能为本课程的“双语教学”提供方便。

本教材贯彻中华人民共和国国家法定计量单位,采用国家标准(GB3102.8—93)所规定的符号和单位。

参加本书编写工作的有贾之慎(绪论、第一章、第五章、第八章)、张仕勇(第二章、第七章)、何巧红(第三章、第十二章)、倪哲明(第四章、第六章)、宣贵达(第九章、第十一章)、陈恒武(第十章)。全书由贾之慎主编,张仕勇收集整理了附录的数据。

本书承张孙玮审阅,提出了宝贵的修改意见,在此深表谢意。

限于编者水平,书中定会有诸多不尽如人意甚至错误之处,敬希读者和专家不吝指正。

编者

2002年6月于杭州

## 第二版前言

《无机及分析化学》是一本近化类专业通用型的化学基础课教材,适用于生命科学、化工、材料、生物工程、环境科学、农学、医学、药学、轻工、食品、动物科学等专业,自2003年问世以来得到许多高校的关注和使用,并取得了良好的教学效果。2006年《无机及分析化学》第二版被列入了教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材<sup>①</sup>,为了更好地修订教材,我们向全国30余所院校发出了修订意见征求表。2006年8月在杭州召开的全国无机及分析化学课程建设与教学研讨会上,我们又和来自全国40所院校的代表交流了无机及分析化学教材建设的经验与体会。浙江工业大学、南昌大学、南京林业大学、宁波大学、华中农业大学、重庆工商大学、西安科技大学、桂林工学院、嘉兴学院等院校教师对教材的修订提出了许多宝贵的建议和修改意见,在此表示衷心的感谢。

在总结了近年来课程改革和教材建设经验的基础上,《无机及分析化学》第二版根据通用性、适用性和先进性有机结合的原则进行修订。为优化课程内容结构,在保持原课程体系的基础上对教学内容进行一定的补充、删除和重组。第一章补充物质的聚集状态、理想气体状态方程、分压定律。第二章删除用燃烧焓求反应焓变的方法,补充简单反应级数反应的半衰期、浓度与速率常数的计算。第三章对分析方法的分类做了修改。第四章删除活度系数的计算,增强了质子平衡式的内容,增加酸碱电子理论简介。第五章删除了重量分析法。第六章删除了条件电极电势的计算。第七章删除了原子的组成、离子键强弱的库仑定律判断式、晶格能理论计算式、原子轨道和分子轨道的中心对称与反对称、键矩的概念;对核外电子的运动状态的内容进行了重组;增加了大 $\pi$ 键的内容。第八章增加了配位化合物的分类和异构现象。第九章紫外-可见分光光度法和第十章现代仪器分析法选介合并为仪器分析法选介。第十章元素化学增加了f区元素,介绍了元素化学的新进展。第十一章简化了共沉淀分离法,新增常用的生化沉淀分离法,简单介绍了盐析法和等电点沉淀分离法;薄层色谱分离法改为层析分离法,介绍了柱层析、纸层析和薄层层析三种方法。考虑到互联网上丰富的信息资源已成为人们获取信息的重要来源之一,增加了第十二章化学信息的网络检索。介绍了利用互联网搜索专业化学网站和化学数据的方法,为学生提供更便捷的检索化学文献的手段。附录中的部分数据也进行了更新。在修订过程中注意更新理论、概念、内容及方法,同时将化学现代科技成果恰当地融入基础课的教学之中,用新的科技发展的内容去改造、替代和充实旧的教学内容。修改、补充了部分例题和习题,突出理论、规律的研究过程及其应用。将习题分为基本题和提高题,基本题表达了课程的基本要求,提高题则要求学生进一步应用化学知识,以适应不同学校和专业的需要。在无机化学部分的例题和习题中强调有效数字的运算法则,使全书统一。为便于教师开

<sup>①</sup> 本书2012年入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。



展多媒体教学和学生的主动性学习,本教材还提供《无机及分析化学》电子教案。该电子教案配合本教材,参考其他同类教材,用优秀的教本、简单的平台提供给教师一个教授的基本素材,并为教师留下可以各自充分发挥特色的空间。考虑到不同学校和专业的教学要求和学时有所不同,教材中的部分内容可作为选学,用\*表示。我们还将修订《无机及分析化学学习指导》,使其与《无机及分析化学》(第二版)相配套。

本书绪论及第一、五、八、十二章由贾之慎(主编,浙江大学)编写,第二、七章由张仕勇(副主编,浙江大学)编写,第三、十一章由何巧红(浙江大学)编写,第四、六章由倪哲明(浙江工业大学)编写,第十章由宣贵达(浙江大学城市学院)编写,第九章由陈恒武(浙江大学)、宣贵达编写。

本教材在普通高等教育“十一五”国家级教材立项过程中得到高等教育出版社的支持和指导,在修订过程中得到了浙江大学“国家人才培养和基础课程教学基地”课程建设项目和浙江大学本科教学大类课程建设项目的资助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中仍会有疏漏甚至错误之处,恳请读者和专家批评指正。

编者

2007年10月于浙江大学

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

### 防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

# 元素周期

族	1											
	IA											
周期	1	1 H 1.008 1s <sup>1</sup>	2									
			II A									
2	3 Li 6.94 2s <sup>1</sup>	4 Be 9.0122 2s <sup>2</sup>										
3	11 Na 22.990 3s <sup>1</sup>	12 Mg 24.305 3s <sup>2</sup>	3	4	5	6	7	8	9			
			III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII				
4	19 K 39.098 4s <sup>1</sup>	20 Ca 40.078(4) 4s <sup>2</sup>	21 Sc 44.956 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	22 Ti 47.867 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 V 50.942 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 Cr 51.996 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 Mn 54.938 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 Fe 55.845(2) 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 Co 58.933 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	28 Ni 58.69 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>		
5	37 Rb 85.468 5s <sup>1</sup>	38 Sr 87.62 5s <sup>2</sup>	39 Y 88.906 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 Zr 91.224(2) 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 Nb 92.906 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 Mo 95.95 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 Tc (98) 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>	44 Ru 101.07(2) 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	45 Rh 102.91 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	46 Pd 106.4 4d <sup>10</sup>		
6	55 Cs 132.91 6s <sup>1</sup>	56 Ba 137.33 6s <sup>2</sup>	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 178.49(2) 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	73 Ta 180.95 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	74 W 183.84 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	75 Re 186.21 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	76 Os 190.23(3) 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	77 Ir 192.22 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	78 Pt 195.0 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>		
7	87 Fr (223) 7s <sup>1</sup>	88 Ra (226) 7s <sup>2</sup>	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf (267) 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	105 Db (270) 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup>	106 Sg (269) 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup>	107 Bh (270) 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	108 Hs (270) 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	109 Mt (278) 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	110 Ds (281) 6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup>		

原子序数  
元素符号  
元素名称  
(标\*的为  
人造元素)

19  
K  
钾  
39.098

同位素的质量数  
(加底线的是天然丰度  
最大的同位素, 红色  
指放射性同位素)

39  
40  
41

4s<sup>1</sup>  
外层电子构型

相对原子质量(加括号的是放射性  
元素最长寿命同位素的质量数)

金属

稀有气体

非金属

过渡元素

注:

1. 相对原子质量  
会(IUPAC)相  
五位有效数字  
括号内。

2. 稳定元素列有  
量数; 放射性的  
选列参考自

镧系	57 La 138 139 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 138.91	58 Ce 136 142 138 140 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 140.12	59 Pr 141 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 140.91	60 Nd 142 146 143 148 144 150 145 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 144.24	61 Pm 145 146 147 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> (145)	62 Sm 144 150 147 152 148 154 149 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 150.36(2)	63 Eu 151 153 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 151.96	64 Gd 152 157 154 159 155 160 156 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 157.25(3)
锕系	89 Ac 225 227 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> (227)	90 Th 230 232 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 232.04	91 Pa 231 233 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 231.04	92 U 233 236 234 238 235 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 238.03	93 Np 236 237 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> (237)	94 Pu 238 241 239 242 240 244 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> (244)	95 Am 241 243 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> (243)	96 Cm 243 244 244 247 245 248 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> (247)

# 表

国际纯粹与应用化学联合会  
原子质量表(2013), 删节至  
尾数的准确度加注在其后

自然界存在的同位素的质  
、人造元素同位素质量数  
文献。

							18	电子层	18族 电子数	
							0			
		13	14	15	16	17	<b>2</b> He 氦 4.0026 <small><sup>3</sup><sub>4</sub> 1s<sup>2</sup></small>	K	2	
		III A	IV A	V A	VI A	VII A				
		<b>5</b> B 硼 10.81 <small><sup>10</sup><sub>11</sub> 2s<sup>2</sup>2p<sup>1</sup></small>	<b>6</b> C 碳 12.011 <small><sup>12</sup><sub>13</sub> <sup>14</sup> 2s<sup>2</sup>2p<sup>2</sup></small>	<b>7</b> N 氮 14.007 <small><sup>14</sup><sub>15</sub> 2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup></small>	<b>8</b> O 氧 15.999 <small><sup>16</sup><sub>17</sub> <sup>18</sup> 2s<sup>2</sup>2p<sup>4</sup></small>	<b>9</b> F 氟 18.998 <small><sup>19</sup> 2s<sup>2</sup>2p<sup>5</sup></small>	<b>10</b> Ne 氖 20.180 <small><sup>20</sup><sub>21</sub> <sup>22</sup> 2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup></small>	L K	8 2	
	11	12	<b>13</b> Al 铝 26.982 <small><sup>27</sup> 3s<sup>2</sup>3p<sup>1</sup></small>	<b>14</b> Si 硅 28.085 <small><sup>28</sup><sub>29</sub> <sup>30</sup> 3s<sup>2</sup>3p<sup>2</sup></small>	<b>15</b> P 磷 30.974 <small><sup>31</sup> 3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup></small>	<b>16</b> S 硫 32.06 <small><sup>32</sup><sub>33</sub> <sup>34</sup> 3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup></small>	<b>17</b> Cl 氯 35.45 <small><sup>35</sup><sub>37 3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup></sub></small>	<b>18</b> Ar 氩 39.948 <small><sup>36</sup><sub>38</sub> <sup>40</sup> 3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup></small>	M L K	8 8 2
	I B	II B								
<sup>62</sup> <sub>64</sub>	<b>29</b> Cu 铜 63.546(3) <small><sup>63</sup><sub>65</sub> 3d<sup>10</sup>4s<sup>1</sup></small>	<b>30</b> Zn 锌 65.38(2) <small><sup>64</sup><sub>66</sub> <sup>68</sup><sub>70</sub> 3d<sup>10</sup>4s<sup>2</sup></small>	<b>31</b> Ga 镓 69.723 <small><sup>69</sup><sub>71</sub> 4s<sup>2</sup>4p<sup>1</sup></small>	<b>32</b> Ge 锗 72.630(8) <small><sup>70</sup><sub>72</sub> <sup>74</sup><sub>76</sub> 4s<sup>2</sup>4p<sup>2</sup></small>	<b>33</b> As 砷 74.922 <small><sup>75</sup> 4s<sup>2</sup>4p<sup>3</sup></small>	<b>34</b> Se 硒 78.971(8) <small><sup>74</sup><sub>76</sub> <sup>78</sup> 4s<sup>2</sup>4p<sup>4</sup></small>	<b>35</b> Br 溴 79.904 <small><sup>79</sup><sub>81 4s<sup>2</sup>4p<sup>5</sup></sub></small>	<b>36</b> Kr 氪 83.798(2) <small><sup>78</sup><sub>80</sub> <sup>83</sup><sub>84</sub> <sup>82</sup><sub>86</sub> 4s<sup>2</sup>4p<sup>6</sup></small>	N M L K	8 18 8 2
<sup>106</sup> <sub>108</sub> <sup>110</sup>	<b>47</b> Ag 银 107.87 <small><sup>107</sup><sub>109</sub> 4d<sup>10</sup>5s<sup>1</sup></small>	<b>48</b> Cd 镉 112.41 <small><sup>106</sup><sub>108</sub> <sup>112</sup> 4d<sup>10</sup>5s<sup>2</sup></small>	<b>49</b> In 铟 114.82 <small><sup>113</sup> <sup>115</sup> 5s<sup>2</sup>5p<sup>1</sup></small>	<b>50</b> Sn 锡 118.71 <small><sup>112</sup><sub>114</sub> <sup>118</sup> 5s<sup>2</sup>5p<sup>2</sup></small>	<b>51</b> Sb 锑 121.76 <small><sup>121</sup><sub>123</sub> 5s<sup>2</sup>5p<sup>3</sup></small>	<b>52</b> Te 碲 127.60(3) <small><sup>120</sup><sub>122</sub> <sup>125</sup> 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup></small>	<b>53</b> I 碘 126.90 <small><sup>127</sup> 5s<sup>2</sup>5p<sup>5</sup></small>	<b>54</b> Xe 氙 131.29 <small><sup>124</sup><sub>126</sub> <sup>131</sup> 5s<sup>2</sup>5p<sup>6</sup></small>	O N M L K	8 18 18 8 2
<sup>195</sup> <sup>196</sup> <sup>198</sup>	<b>79</b> Au 金 196.97 <small><sup>197</sup> 5d<sup>10</sup>6s<sup>1</sup></small>	<b>80</b> Hg 汞 200.59 <small><sup>196</sup><sub>198</sub> <sup>201</sup> 5d<sup>10</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>81</b> Tl 铊 204.38 <small><sup>203</sup> <sup>205</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>1</sup></small>	<b>82</b> Pb 铅 207.2 <small><sup>204</sup><sub>206</sub> <sup>208</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>2</sup></small>	<b>83</b> Bi 铋 208.98 <small><sup>209</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>3</sup></small>	<b>84</b> Po 钋 (209) <small><sup>208</sup><sub>209</sub> <sup>210</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>4</sup></small>	<b>85</b> At 砹 (210) <small><sup>210</sup> <sup>211</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>5</sup></small>	<b>86</b> Rn 氡 (222) <small><sup>211</sup> <sup>220</sup> <sup>222</sup> 6s<sup>2</sup>6p<sup>6</sup></small>	P O N M L K	8 18 32 18 8 2
<sup>112</sup> <sup>114</sup>	<b>111</b> Rg 钿* (281) <small><sup>281</sup> <sup>282</sup> 6d<sup>10</sup>7s<sup>1</sup></small>	<b>112</b> Cn 鎶* (285) <small><sup>283</sup> <sup>285</sup> 6d<sup>10</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>113</b> Nh 鉨* (286) <small><sup>285</sup> <sup>286</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>1</sup></small>	<b>114</b> Fl 𨭉* (289) <small><sup>287</sup> <sup>288</sup> <sup>289</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>2</sup></small>	<b>115</b> Mc 镆* (289) <small><sup>288</sup> <sup>289</sup> <sup>290</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>3</sup></small>	<b>116</b> Lv 𨭎* (293) <small><sup>291</sup> <sup>292</sup> <sup>293</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>4</sup></small>	<b>117</b> Ts 𨭏* (293) <small><sup>293</sup> <sup>294</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>5</sup></small>	<b>118</b> Og 𨭐* (294) <small><sup>294</sup> 7s<sup>2</sup>7p<sup>6</sup></small>	Q P O N M L K	8 18 32 32 18 8 2

<b>55</b> Tb 铽 8.93 <small><sup>159</sup> 4f<sup>9</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>66</b> Dy 镝 162.50 <small><sup>156</sup><sub>158</sub> <sup>162</sup> 4f<sup>10</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>67</b> Ho 铈 164.93 <small><sup>165</sup> 4f<sup>11</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>68</b> Er 铈 167.26 <small><sup>162</sup><sub>164</sub> <sup>168</sup> 4f<sup>12</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>69</b> Tm 铈 168.93 <small><sup>169</sup> 4f<sup>13</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>70</b> Yb 镱 173.05- <small><sup>168</sup><sub>170</sub> <sup>173</sup> 4f<sup>14</sup>6s<sup>2</sup></small>	<b>71</b> Lu 铈 174.97 <small><sup>175</sup> <sup>176</sup> 5d<sup>1</sup>6s<sup>2</sup></small>
<b>97</b> Bk 锫* (47) <small><sup>247</sup> <sup>249</sup> 5f<sup>9</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>98</b> Cf 锫* (251) <small><sup>249</sup><sub>250</sub> <sup>252</sup> 5f<sup>10</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>99</b> Es 铈* (252) <small><sup>252</sup> <sup>254</sup> 5f<sup>11</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>100</b> Fm 镆* (257) <small><sup>253</sup> <sup>257</sup> 5f<sup>12</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>101</b> Md 钷* (258) <small><sup>258</sup> <sup>260</sup> 5f<sup>13</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>102</b> No 锫* (259) <small><sup>255</sup> <sup>259</sup> 5f<sup>14</sup>7s<sup>2</sup></small>	<b>103</b> Lr 铈* (262) <small><sup>261</sup> <sup>262</sup> 6d<sup>1</sup>7s<sup>2</sup></small>

高等教育出版社印制  
(2018A)

绪论 .....	1	2.1.4 过程与途径 .....	29
第一章 物质的聚集状态 .....	4	2.1.5 热和功 .....	29
1.1 分散系 .....	4	2.1.6 热力学能与热力学 第一定律 .....	30
1.2 气体 .....	5	2.2 热化学 .....	31
1.2.1 理想气体状态方程 .....	5	2.2.1 化学反应热效应 .....	31
1.2.2 分压定律 .....	6	2.2.2 盖斯定律 .....	33
1.3 溶液浓度的表示方法 .....	7	2.2.3 反应焓变的计算 .....	34
1.3.1 物质的量浓度 .....	8	2.3 化学反应的方向与限度 .....	37
1.3.2 质量摩尔浓度 .....	8	2.3.1 化学反应的自发性 .....	37
1.3.3 质量分数 .....	8	2.3.2 熵 .....	39
1.3.4 几种溶液浓度之间的关系 .....	9	2.3.3 化学反应方向的判据 .....	40
1.4 稀溶液的通性 .....	9	2.3.4 标准摩尔生成吉布斯函数与反 应的标准摩尔吉布斯函数变 .....	41
1.4.1 溶液蒸气压下降 .....	10	2.4 化学平衡 .....	42
1.4.2 溶液沸点升高和凝固点 降低 .....	10	2.4.1 可逆反应与化学平衡 .....	42
1.4.3 溶液的渗透压 .....	12	2.4.2 平衡常数 .....	43
1.5 胶体溶液 .....	15	2.4.3 标准平衡常数与反应的标准 摩尔吉布斯函数变 .....	47
1.5.1 分散度和表面吸附 .....	15	2.4.4 影响化学平衡的因素—— 平衡移动原理 .....	49
1.5.2 胶团的结构 .....	16	2.5 化学反应速率 .....	52
1.5.3 胶体溶液的性质 .....	16	2.5.1 化学反应速率的概念 .....	52
1.5.4 溶胶的稳定性和聚沉 .....	18	2.5.2 反应历程与基元反应 .....	54
1.6 高分子溶液和乳状液 .....	20	2.5.3 简单反应级数的反应 .....	56
1.6.1 高分子溶液 .....	20	2.5.4 反应速率理论 .....	60
1.6.2 乳状液 .....	21	2.5.5 影响化学反应速率的因素 .....	62
思考题 .....	22	2.6 化学反应一般原理的应用 .....	65
习题 .....	23	思考题 .....	66
第二章 化学反应的一般原理 .....	26	习题 .....	67
2.1 基本概念 .....	26	第三章 物质结构基础 .....	72
2.1.1 化学反应进度 .....	26	3.1 核外电子的运动状态 .....	72
2.1.2 系统和环境 .....	28	3.1.1 微观粒子(电子)的	
2.1.3 状态和状态函数 .....	29		

运动特征·····	72	4.2.2 酸碱的相对强弱·····	164
3.1.2 核外电子运动状态描述·····	78	4.2.3 酸碱电子理论·····	167
3.1.3 原子轨道和电子云的图像·····	81	4.2.4 溶液酸度的计算·····	168
3.2 多电子原子结构·····	85	4.2.5 酸碱平衡的移动·····	173
3.2.1 核外电子排布规则·····	86	4.2.6 溶液酸度的测试·····	174
3.2.2 电子层结构与元素周期律·····	89	4.2.7 缓冲溶液·····	178
3.2.3 原子性质的周期性·····	92	4.2.8 弱酸(碱)溶液中各型体的分布·····	180
3.3 化学键理论·····	99	4.3 沉淀溶解平衡·····	183
3.3.1 离子键理论·····	100	4.3.1 溶度积原理·····	183
3.3.2 价键理论·····	102	4.3.2 沉淀溶解平衡的移动·····	185
3.3.3 分子轨道理论·····	104	4.3.3 多种沉淀之间的平衡·····	188
3.3.4 共价键的类型·····	108	4.4 配位化合物在溶液中的解离平衡·····	190
3.3.5 共价键参数·····	110	4.4.1 配位平衡常数·····	191
3.4 多原子分子的空间构型·····	113	4.4.2 配位平衡的移动·····	192
3.4.1 价层电子对互斥理论·····	113	4.4.3 多元配位剂乙二胺四乙酸在溶液中的解离平衡·····	196
3.4.2 杂化轨道理论·····	116	4.4.4 乙二胺四乙酸与金属离子的配位平衡·····	197
3.5 晶体结构·····	119	4.4.5 配合物的条件平衡常数·····	197
3.5.1 晶体的类型·····	120	4.5 氧化还原平衡·····	200
3.5.2 金属晶体·····	122	4.5.1 氧化还原反应的基本概念·····	200
3.5.3 分子晶体·····	124	4.5.2 电极电势·····	202
3.6 离子型晶体·····	130	4.5.3 电极电势的应用·····	210
3.6.1 离子的电子层结构·····	130	4.5.4 元素电势图及其应用·····	214
3.6.2 离子晶体·····	130	4.5.5 氧化还原反应的速率及其影响因素·····	216
3.6.3 离子极化作用·····	133	习题·····	219
3.7 多键型晶体·····	136	<b>第五章 定量分析基础·····</b>	<b>226</b>
3.8 配位化合物·····	137	5.1 分析化学的任务和作用·····	226
3.8.1 配位化合物的组成和命名·····	137	5.2 定量分析方法的分类·····	227
3.8.2 配位化合物的类型和异构化·····	140	5.2.1 化学分析方法·····	227
3.8.3 配位化合物的化学键理论·····	144	5.2.2 仪器分析方法·····	227
思考题·····	151	5.3 定量分析的一般过程·····	228
习题·····	153	5.3.1 定量分析的一般过程·····	228
<b>第四章 溶液中的化学平衡·····</b>	<b>160</b>	5.3.2 分析结果的表示方法·····	229
4.1 电解质溶液·····	160	5.4 定量分析中的误差·····	229
4.1.1 强电解质与弱电解质·····	160		
4.1.2 活度与活度系数·····	161		
4.2 酸碱理论·····	162		
4.2.1 酸碱质子理论·····	162		

5.4.1	误差和偏差的表示方法	229	5.11.1	配位滴定法的特点	270
5.4.2	定量分析误差产生的原因	231	5.11.2	配位滴定所允许的最低 pH 和酸效应曲线	272
5.4.3	提高分析结果准确度的 方法	232	5.11.3	金属指示剂	273
5.5	分析结果的数据处理	233	5.11.4	配合滴定的应用	276
5.5.1	平均偏差和标准偏差	233	思考题		278
5.5.2	平均值的置信区间	235	习题		279
5.5.3	可疑数据的取舍	236	<b>第六章 分子光谱分析</b>		<b>285</b>
5.5.4	分析结果的数据处理与 报告	237	6.1	光谱分析法概述	285
5.6	有效数字及运算规则	238	6.1.1	光学分析	285
5.6.1	有效数字	238	6.1.2	光能量与能级跃迁的关系	286
5.6.2	有效数字的运算规则	238	6.1.3	光谱分类及光谱分析法	286
5.6.3	实验报告中有效数字的 实例	240	6.1.4	物质的颜色与光的关系	289
5.7	滴定分析法概述	241	6.2	光的吸收定律:朗伯-比尔定律	290
5.7.1	基本概念	241	6.2.1	朗伯-比尔定律	290
5.7.2	基准物质和标准溶液	241	6.2.2	偏离朗伯-比尔定律的 原因	292
5.7.3	滴定分析法的分类	243	6.3	紫外-可见吸收光谱分析	293
5.7.4	滴定分析法对化学反应的 要求和滴定方式	243	6.3.1	紫外-可见吸收与 分子结构	293
5.7.5	滴定分析中的计算	244	6.3.2	紫外-可见吸收光谱仪	295
5.8	酸碱滴定法	245	6.3.3	分光光度测定的方法	298
5.8.1	酸碱滴定曲线	245	6.3.4	显色反应及其影响因素	299
5.8.2	酸碱标准溶液的配制与 标定	251	6.3.5	测量条件的选择	299
5.8.3	酸碱滴定应用示例	253	6.3.6	紫外-可见光谱分析的 应用	300
5.9	沉淀滴定法	254	6.4	红外光谱分析	301
5.9.1	莫尔法	255	6.4.1	红外吸收与分子结构	301
5.9.2	福尔哈德法	256	6.4.2	红外吸收光谱仪	304
5.9.3	法扬斯法	257	6.4.3	红外吸收光谱分析应用	306
5.10	氧化还原滴定法	258	6.5	荧光光谱分析	307
5.10.1	氧化还原滴定曲线	258	6.5.1	荧光光谱分析基本原理	307
5.10.2	氧化还原指示剂	260	6.5.2	荧光光谱仪	311
5.10.3	氧化还原滴定前的 预处理	261	6.5.3	荧光分析法的特点及应用	311
5.10.4	常用氧化还原滴定方法	262	思考题		312
5.10.5	氧化还原滴定结果的计算	269	习题		313
5.11	配位滴定法	270	<b>第七章 原子光谱分析</b>		<b>316</b>
			7.1	原子光谱分析概述	316

7.2 原子吸收光谱的形成机理和特征 .....	317	第九章 色谱分析基础 .....	346
7.2.1 原子光谱的特征与共振线 .....	317	9.1 色谱分析基本概念和分类 .....	346
7.2.2 吸收谱线轮廓和变宽 .....	318	9.2 色谱分析的理论基础 .....	347
7.3 原子吸收分光光度分析 .....	319	9.2.1 色谱流出曲线和色谱参数 .....	348
7.3.1 光源问题及解决办法 .....	319	9.2.2 经典色谱理论 .....	350
7.3.2 原子蒸气中基态原子占比 .....	321	9.2.3 分离度及色谱分离方程式 .....	355
7.4 原子吸收光谱仪 .....	321	9.3 气相色谱分析仪器及特点 .....	356
7.4.1 原子吸收光谱仪的结构和类型 .....	321	9.3.1 气相色谱仪 .....	357
7.4.2 原子吸收光谱仪的主要部件 .....	322	9.3.2 气相色谱分析法的特点和应用 .....	361
7.5 定量分析方法 .....	326	9.4 高效液相色谱分析的仪器及特点 .....	361
7.5.1 分析方法 .....	326	9.4.1 影响高效液相色谱分离的因素 .....	362
7.5.2 灵敏度和检测限 .....	327	9.4.2 高效液相色谱仪 .....	363
7.6 干扰和消除 .....	328	9.5 色谱定性定量分析方法 .....	367
7.6.1 光谱干扰 .....	328	9.5.1 定性分析方法 .....	368
7.6.2 化学干扰 .....	329	9.5.2 定量分析方法 .....	368
7.6.3 物理干扰 .....	330	思考题 .....	369
思考题 .....	330	习题 .....	370
习题 .....	330	第十章 采样与试样预处理 .....	373
第八章 电位分析法 .....	332	10.1 试样分析流程 .....	373
8.1 概述 .....	332	10.1.1 样本采样方法 .....	373
8.1.1 电位分析法的基本原理和分类 .....	332	10.1.2 试样预处理 .....	376
8.1.2 指示电极和参比电极 .....	333	10.1.3 检测 .....	376
8.2 离子选择性电极 .....	334	10.1.4 数据处理 .....	377
8.2.1 离子选择性电极和膜电势 .....	334	10.1.5 分析结果报告 .....	377
8.2.2 pH 玻璃电极 .....	334	10.2 沉淀分离法 .....	377
8.2.3 氟离子选择性电极 .....	337	10.2.1 无机沉淀剂沉淀分离法 .....	377
8.3 直接电势法 .....	338	10.2.2 有机沉淀剂沉淀分离法 .....	378
8.3.1 溶液 pH 的测定 .....	338	10.2.3 共沉淀分离和富集 .....	378
8.3.2 离子浓度的测定 .....	339	10.2.4 常用的生化沉淀分离法 .....	378
8.4 电位滴定法 .....	341	10.3 液-液萃取分离法 .....	379
8.4.1 电位滴定终点的确定 .....	341	10.3.1 萃取分离的基本原理 .....	379
8.4.2 电位滴定法的特点及应用 .....	344	10.3.2 重要的萃取体系 .....	381
习题 .....	344	10.4 离子交换分离法 .....	382
		10.4.1 离子交换树脂的种类和	



性质 .....	382	专业网站 .....	397
10.4.2 离子交换亲和力 .....	384	11.2.3 和化学学科相关的网站 .....	397
10.4.3 离子交换分离操作过程 .....	384	11.3 Internet 上的化学信息资源 .....	398
10.4.4 离子交换分离法的应用 .....	385	11.3.1 科技文献的检索 .....	398
10.5 色谱分离法 .....	386	11.3.2 专利信息 .....	400
10.5.1 柱色谱法 .....	386	11.3.3 化学信息数据库 .....	401
10.5.2 纸色谱法 .....	386	11.3.4 图书馆网站 .....	401
10.5.3 薄层色谱法 .....	387	附录 .....	403
10.6 新的分离和富集方法简介 .....	388	附录 I 本书采用的法定计量单位 .....	403
10.6.1 超临界萃取分离法 .....	388	附录 II 基本物理常量和本书使用的	
10.6.2 膜分离法 .....	390	一些常用量的符号与名称 .....	404
10.6.3 固相萃取法 .....	392	附录 III 一些常见单质、离子及	
思考题 .....	393	化合物的热力学函数 .....	405
习题 .....	394	附录 IV 一些弱电解质的解离	
<b>第十一章 化学信息的网络检索 ... 396</b>		常数(25 ℃) .....	417
11.1 Internet 信息资源搜索		附录 V 一些配位化合物的稳定常数	
引擎 .....	396	与金属离子的羟合效应系数 ...	420
11.2 专业化学化工网站 .....	396	附录 VI 溶度积常数(18~25 ℃) .....	425
11.2.1 国内专业化学化工网站 .....	397	附录 VII 标准电极电势(298.15 K) .....	427
11.2.2 国外主要的化学		附录 VIII 条件电极电势 .....	431