

应用型本科高等院校“十二五”规划教材

无机化学

主 编 史苏华
副主编 吕亚臻 杨金田 张建会



科学出版社

013055937

061-43
67

应用型本科高等院校“十二五”规划教材

无机化学

主 编 史苏华

副主编 吕亚臻 杨金田 张建业



科学出版社



北航

C1661980

061-43
67

0130222037

内 容 简 介

本书是科学出版社组织出版的应用型本科高等院校“十二五”规划教材之一。

本书包括无机化学的基础理论(1~8章)和元素化学(9~12章)两大部分。基础理论部分包括气体和稀溶液、化学热力学初步、化学反应速率、化学平衡(四大平衡)、原子结构与元素周期律、化学键和分子结构、配位化合物和氧化还原反应;元素化学部分包括非金属元素选述、主族金属元素选述、过渡元素选述、ds区元素。每章中附有思考题和应用题。

本书可供应用型本科院校化学、化工、生物、医药卫生、环境科学、食品科学、材料科学等专业的无机化学课堂教学使用,也可作为辅助教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/史苏华主编. —北京:科学出版社,2013.6

应用型本科高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-037712-8

I. ①无… II. ①史… III. ①无机化学-高等学校-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 120327 号

责任编辑:陈雅娴 杨向萍 / 责任校对:邹慧卿

责任印制:阎磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张:20 插页:1

字数:512 000

定价:44.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

本书是根据科学出版社组织出版的应用型本科高等院校“十二五”规划教材的编写要求和《无机化学》教学大纲要求而编写的。鉴于应用型本科院校课程体系改革的趋势及“学为所用”、“基础为专业服务”的指导思想,我们组织有多年无机化学教学经验的老师编写本书。编写定位在应用型本科的培养层次,针对该层次生源的特点,突出基础理论、基本知识、基本技能;突出工科特点,力求实用、适用、够用、简明、精炼;加强应用性、实践性。为此我们在编写过程中着重突出以下几点。

(1) 围绕本科生所要掌握的基础理论、基本知识展开,注意与高中化学教学内容的衔接,在处理无机化学与后续课程的关系时,力求做到既要为后续课程打好基础,又要避免与其有过多不必要的重复。

(2) 提高教材的可读性。根据应用型本科院校学生的特点,真正做到清晰、易懂,可通过教材引导学生学会自主学习。先易后难,使学生自学的时候能够感到教材引人入胜,易于理解。

(3) 进一步加强对应用能力的培养,坚持理论性和实践性的有机结合,增加案例教学,使其符合应用型本科院校培养应用型人才的需要。

(4) 合理编排,控制教材篇幅适当。注意贯彻“少而精”的原则,精简繁多而复杂的数学推导,只讲述一些重要结论及其运用,做到简明而不弱化基本理论,使教材重点突出、主次分明。例如,删去溶液依数性的定量描述、强电解质(离子强度、活度、活度系数)、理论性较强的原子结构中核外电子的描述(坐标变换和分离变量等)、分子轨道理论、配合物的晶体场理论、电势-pH图、自由焓-氧化态图等。另外,重新整合了四大平衡,将酸碱平衡、沉淀溶解平衡、配合平衡作为平衡常数的应用,即水溶液中的化学平衡列入化学平衡一章介绍,不单列章节,同时降低计算题难度。

(5) 介绍元素化学时注意基础理论在元素及其化合物各章节中的应用与渗透,并对物质的某些性质规律加以适当的总结;注意渗透工程意识,不仅介绍重要无机物的实验室制法,还适当介绍工业制法(生产);注重介绍元素化学在生产、生活中的实际应用。

(6) 思考题、应用题的选择以全面掌握课堂学习内容为原则,体现教学的基本要求,注意对学生分析问题、解决问题能力的培养。

(7) 本书使用的数据主要摘自 CRC handbook of Chemistry and Physics(Lide D R, CRC Press Inc., 90th ed., 2009-2010)和《兰氏化学手册》(Dean J A, 科学出版社, 2版, 2003)。

本书的执笔者:史苏华(第2、4章,附表),吕亚臻(第8章),杨金田(第5、6章),王莉(第3、11、12章),张建会(第7、9章),张晓明(第1、10章)。思考题及应用题由张建会修改。全书由史苏华负责统一整理、补充、修改和定稿。郑如龙、谢鹏、郭秀芬、邓永砚、杨璐、魏驰宇、霍锐、伍振铭、朱锡宇、陈家峰、张丁鹏等参加了部分图表的绘制以及文字、数据的校对等工作。在此对他们诚表感谢。

本书编写工作得到了吉林大学、吉林大学珠海学院、太原科技大学、湖州师范学院、科学出版社自始至终的关心和支持,在此表示谢意。还要特别感谢国家级教学名师、吉林大学宋天佑

教授在本书的编写过程中自始至终给予的关心和具体指导。

我们意在把本书编写成一本应用型本科院校教学第一线教师用着顺手、学生爱读的全新的教材,但限于编者水平,疏漏和不妥之处在所难免,恳请读者和同行指出,以求今后修订时参考,不断完善教材内容。

如何学好无机化学

一、无机化学简介

基础化学包括四大化学：无机化学、有机化学、分析化学、物理化学。无机化学是化学学科发展最早的一个分支，可以说化学发展史就是无机化学发展史。现代无机化学运用量子力学理论和光学、电学、磁学等测试技术建立了现代化学键理论，确定了原子、分子的微观结构，使物质的微观结构与其宏观性质联系起来。无机化学正从描述性科学到推理性科学过渡，从定性向定量过渡，从宏观到微观深入，逐渐形成一个比较完整的、理论化、定量化、微观化、现代化的无机化学新体系。

无机化学研究的对象：所有元素的单质及其化合物（碳氢化合物及其衍生物除外）的组成、结构、性质和反应的变化规律。

无机化学研究的内容：原子结构、分子结构和晶体结构，化学平衡的理论，元素性质及其周期律，各种元素的单质及其化合物的组成、结构、性质、制备和应用。

无机化学研究的方法：依靠现代物理技术如 X 射线衍射、中子衍射、电子衍射、核磁共振、光谱、质谱、色谱、电子能谱等方法的应用，对新化合物的键型、空间结构、对称性等进行表征；对化学反应性质、热力学、动力学参数进行测定。对测得的数据进行理论分析，促使理论的建立和发展。

无机化学的重要分支学科和边缘学科分别有如下几种。

分支学科 普通元素化学、配位化学、现代无机合成、稀土元素化学、同位素化学、核化学、固体无机化学等。

边缘学科 生物无机化学、金属酶化学、金属螯合药物、金属有机化学、元素医学等。

二、无机化学课程基本内容

1. 理论部分

气体和稀溶液、热力学初步、动力学初步、结构理论（原子结构、分子结构、晶体结构简介、配合物化学键理论）、四大平衡（酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配合平衡）。

2. 元素部分

主族金属元素、主族非金属元素、过渡系元素。

三、如何学好无机化学

科学的学习方法对刚入大学的新生来讲尤为重要。虽然科学的学习方法因人而异，但是有一点是共同的——只有付出辛勤的劳动，才能获得丰硕的果实。

无机化学是化学类和近化学类专业（如化工、材料、石油、地质、矿冶、轻工、环境、生物、医学、药学、农学、食品、海洋等）本科生的第一门基础化学课。

无机化学课的一个重要特点是：它既无机化学学科自身丰富的知识内容，又承担着为后继课程做好必要准备的特殊任务。另外，从中学到大学在学习方法和思维方式上的过渡，也将在学习无机化学阶段得以完成。在学习无机化学过程中，应处理好下面一些问题。

1. 热爱化学科学是学好化学的前提

化学是一门研究物质的化学变化和能量变化的基础科学。现代化农业、现代化工业、现代化科学技术、现代化国防和人类的衣、食、住、行等都与化学密切相关。无机化学是化学的基础,基础化学好比树木的根,根基固本才能凝聚向上的力量。化学专业及与化学相关专业的学生应该明白这些道理,明确所学专业在国家经济建设中的地位和作用,从而激发热爱专业、学好专业的热情,立志成为化学相关专业人才。

2. 注意学习方法

讲究学习方法是学习效率的重要保证。中学阶段的学习是以学习知识为主的,大学本科是一个重要的承前启后的阶段。要注意在全面、广泛地接受知识的同时,培养良好的思维方法,以形成有效的自学能力,并逐渐锻炼自己独立的科研、工作能力及创新能力。

学习化学不单靠记忆,还要理解,经常运用。要学好无机化学理论应该:课前做好预习—课堂认真听讲、记好课堂笔记—重视课后复习—认真解答习题。

课前预习 在学习新课以前要先自学一遍,这样能对本节课要讲授的内容有所了解,听课时要特别注意预习时未理解的部分。

课堂听讲 课堂认真听讲,记好笔记。课堂认真听讲十分重要。听讲时要紧跟老师的思路,积极思考,积极与老师互动。听课时适当做笔记,有利于课后复习,也有利于在课堂集中注意力。

课后复习 课后的复习是消化和掌握所学知识的重要过程。本课程的特点是理论性较强,有些概念比较抽象,不能期待一听就懂、一看就会,一定要通过反复自学和思考,才能逐渐加深理解并掌握其实质。掌握理论最好的途径是经常运用,记住元素性质最有效的方法是找到它和理论部分的联系。例如,从原子结构变化的本质去学习和认识元素及其化合物性质的变化规律。

解答习题 课后完成一定量的习题有助于深入理解课堂内容,也有助于培养独立思考和自学能力。

查阅资料 除预习、复习、练习外,阅读参考书和利用网络资源扩展知识内容是一个重要环节,也是培养独立思考和自学能力的有效方法。

3. 重视实验,认真做好实验

实践出真知。许多科学知识要想真正懂得,非亲自动手不可。不做,“难于上青天”;做,豁然开朗,奥妙尽在其中。做与不做有天壤之别。和其他学科相比,化学对实验的依赖性更强,任何的化学原理无一不是从实验中得出的结论。离开实验就没有发现,同时细致观察严谨实验才能成功。实践是认识世界的基础,是衡量真理的最高标准。因此要求学生除了学好课本的内容,还必须重视无机化学实验,实验不仅能验证课本中的内容,有助于加深对所学知识的理解,而且能锻炼学生的动手能力、实践能力、分析问题、解决问题和综合运用所学知识的能力。

化学作为一门自然科学,不断经历从假设到验证再由验证到假设的循环。学习概念和原理应把握形成概念和原理的基础和目的,否则容易钻牛角尖。尊重客观事实是第一位的,任何对客观事实的解释都是第二位的。尽管正确的理论解释可以解释客观事实的本质,但不能用理论解释代替客观事实。客观事实总是随着人类的实践活动不断地扩展,由局部事实归纳分类成概念、原理和理论。在学习化学的过程中,应努力学习前人是如何进行观察和实验的,是如何形成分类法,归纳成概念、原理、理论的,并不断体会、理解创造的过程,形成创新意识,努力去尝试创新。

符号表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
A	电子亲和能	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	n	物质的量	mol
A	指前因子	$\text{dm}^3(n-1) \cdot \text{mol}^{-(n-1)} \cdot \text{s}^{-1}$	n	主量子数	—
b_B (或 m_B)	溶质 B 的质量 摩尔浓度	$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$	p	压强	Pa
c_B	溶质 B 的物质 量浓度	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	p_0	饱和蒸气压(或蒸 气压)	Pa 或 kPa
$c^\ominus$	标准浓度	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	$p^\ominus$	标准压强	Pa
$D(r)$	径向概率分布 函数	—	Q	反应热(简称热)	kJ
E_a	活化能	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	Q	反应商	与 $K_c, K_p, K^\ominus$ 对应一致
G	吉布斯自由能	kJ	Q_i	离子积	与 $K_c, K_p, K^\ominus$ 对应一致
H	焓	kJ	Q_p	恒压反应热	kJ
I	电离能	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	Q_V	恒容反应热	kJ
k	速率常数	$\text{dm}^3(n-1) \cdot \text{mol}^{-(n-1)} \cdot \text{s}^{-1}$	$R_{n,l}(r)$	径向波函数	—
$K^\ominus$	标准平衡常数	—	s	溶解度	$\text{g} \cdot (100 \text{ g 水})^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
$K_a^\ominus$	弱酸的解离常数	—	$S_m^\ominus$	标准摩尔熵	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
$K_b^\ominus$	弱碱的解离常数	—	T	热力学温度	K
K_c	浓度平衡常数	$(\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^\Delta$	U	晶格能	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
$K_d^\ominus$	不稳定常数	—	U	热力学能	kJ
$K_f^\ominus$	稳定常数	—	v	化学反应速率	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
K_p	分压平衡常数	Pa^Δ	V	体积	dm^3 或 L
$K_{sp}^\ominus$	溶度积常数	—	w_B	溶质 B 的质量分 数	—
$K_w^\ominus$	水的离子积常数	—	W	体积功(简称功)	kJ
l	角量子数	—	x_i	摩尔分数	—
m	磁量子数	—	$Y_{l,m}(\theta, \phi)$	角度波函数	—
m_B	溶质 B 的质量	g 或 kg	Z^*	有效核电荷	—
m_s	自旋量子数	—	Z	核电荷	—
M	摩尔质量	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	α	解离度	—
M_r	相对分子质量	—			

续表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
$\Delta_c H_m^\ominus$	标准摩尔燃烧 焓变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\Delta_r U$	反应热力学能变	kJ
$\Delta_f G_m^\ominus$	标准摩尔生成自由 能变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	ΔT_b	沸点升高值	K
$\Delta_f H_m^\ominus$	标准摩尔生成 焓变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	ΔT_f	凝固点下降值	K
Δn	生成物与反应物的 物质的量之差	mol	ΔU	热力学能变	kJ
$\Delta_r G_m^\ominus$	标准摩尔反应自由 能变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\Delta \nu$	生成物与反应物 的计量数之差	—
$\Delta_r S_m^\ominus$	标准摩尔反应熵变	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	μ	偶极矩	$\text{C} \cdot \text{m}$
$\Delta_r U_m^\ominus$	标准摩尔反应热力 学能变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	ν_i	i 物质的计量数	—
$\Delta_r U_m$	摩尔反应热力学能 变	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	ξ	反应进度	mol
			ρ	密度	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
			σ	屏蔽常数	—
			ψ	波函数	—
			Ψ	波函数(原子轨 道)	—
			$ \Psi ^2$	概率密度(电 子云)	—

注:①由于本书所用平衡常数绝大多数是标准平衡常数,因此“标准”二字省略;② R (摩尔气体常量)、 h (普朗克常量)等附表可查的不列入。

目 录

前言

如何学好无机化学

符号表

第 1 章 气体和稀溶液	1
1.1 理想气体的状态方程	1
1.1.1 理想气体模型	1
1.1.2 理想气体状态方程	1
1.2 混合气体的分压定律	2
1.2.1 分体积定律与摩尔分数	2
1.2.2 道尔顿分压定律	3
1.2.3 分体积、分压与组成的关系	3
1.3 溶液	4
1.3.1 溶液浓度的表示方法	4
1.3.2 稀溶液的依数性	5
思考题	10
应用题	10
第 2 章 化学热力学初步	11
2.1 热力学的基本概念	11
2.1.1 体系和环境	11
2.1.2 状态和状态函数	11
2.1.3 过程和途径	12
2.1.4 热和体积功	13
2.1.5 热力学能	15
2.1.6 相和界面	15
2.1.7 热力学标准态	16
2.2 热力学第一定律	16
2.3 热化学	17
2.3.1 化学反应的热效应	17
2.3.2 热化学方程式	21
2.3.3 反应热的求算	22
2.4 化学反应的方向	25
2.4.1 焓变对反应方向的影响	25
2.4.2 熵变对反应方向的影响	26
2.4.3 吉布斯自由能	28
思考题	30

应用题	31
第3章 化学反应速率	33
3.1 化学反应速率和速率方程	33
3.1.1 反应速率的定义	33
3.1.2 平均速率和瞬时速率	33
3.1.3 化学反应的速率方程	35
3.1.4 反应级数和反应速率常数	35
3.2 浓度对化学反应速率的影响	37
3.2.1 基元反应和非基元反应	37
3.2.2 质量作用定律和反应分子数	37
3.3 温度对化学反应速率的影响	38
3.3.1 范特霍夫规则	38
3.3.2 阿伦尼乌斯方程	38
3.3.3 活化能	39
3.4 反应速率理论简介	41
3.4.1 碰撞理论	41
3.4.2 过渡态理论	42
3.4.3 反应的活化能与反应热效应的关系	43
3.5 催化反应简介	43
思考题	45
应用题	45
第4章 化学平衡	47
4.1 可逆反应和化学平衡	47
4.2 平衡常数	47
4.2.1 实验平衡常数	47
4.2.2 标准平衡常数	50
4.3 化学平衡的移动	53
4.3.1 平衡移动的概念	53
4.3.2 浓度对化学平衡的影响	54
4.3.3 压强对化学平衡的影响	54
4.3.4 温度对化学平衡的影响	55
4.4 水溶液中的化学平衡	56
4.4.1 酸碱平衡	56
4.4.2 沉淀溶解平衡	65
4.4.3 配合解离平衡	69
思考题	72
应用题	72
第5章 原子结构与元素周期律	75
5.1 核外电子的运动状态	75
5.1.1 微观粒子(电子)的运动特征	75

5.1.2 核外电子运动状态的描述	77
5.2 多电子原子结构	81
5.2.1 多电子原子的能级	81
5.2.2 原子核外电子的排布	83
5.3 元素周期表	86
5.3.1 元素的周期	87
5.3.2 元素的族	87
5.3.3 元素的分区	88
5.4 元素基本性质的周期性	89
5.4.1 原子半径	89
5.4.2 电离能	90
5.4.3 电子亲和能	92
5.4.4 电负性	93
思考题	94
应用题	94
第6章 化学键和分子结构	96
6.1 离子键理论	96
6.1.1 离子键的形成与特征	96
6.1.2 离子的特征	97
6.2 共价键理论	98
6.2.1 路易斯理论	98
6.2.2 价键理论	98
6.2.3 价层电子对互斥理论	103
6.2.4 杂化轨道理论	105
6.3 金属键理论	109
6.3.1 自由电子理论	109
6.3.2 能带理论	110
6.4 分子间作用力和氢键	110
6.4.1 分子的极性	110
6.4.2 分子间作用力	110
6.4.3 氢键	112
6.5 晶体结构	114
6.5.1 晶体的宏观特征	114
6.5.2 晶体的常见类型	115
思考题	121
应用题	122
第7章 配位化合物	123
7.1 配合物的基本概念	123
7.1.1 配合物的定义和组成	123
7.1.2 配合物的分类	125

7.1.3	配合物的命名	126
7.1.4	配合物的异构现象	127
7.2	配合物的价键理论	130
7.2.1	配合物价键理论的基本要点	131
7.2.2	中心离子轨道杂化的类型	132
7.2.3	价键理论的应用	134
7.3	配合物的稳定性	135
7.3.1	软硬酸碱理论	135
7.3.2	配合物的稳定性	136
7.4	配合物的应用	137
7.4.1	在分析化学中的应用	137
7.4.2	在工业生产中的应用	137
7.4.3	在化妆品中的应用	138
7.4.4	在生命科学中的应用	138
	思考题	139
	应用题	139
第8章	氧化还原反应	141
8.1	基本概念	141
8.1.1	元素的氧化数	141
8.1.2	氧化剂、还原剂与氧化、还原半反应	142
8.1.3	氧化还原反应方程式的配平	143
8.2	原电池与电极电势	144
8.2.1	原电池	144
8.2.2	电动势与电极电势	145
8.3	氧化还原反应的方向和限度	152
8.3.1	电池电动势 E 和电池反应的自由能变 ΔG 的关系	152
8.3.2	标准电动势 $E^\ominus$ 和电池反应的标准平衡常数 $K^\ominus$ 的关系	153
8.4	电极电势的应用	153
8.4.1	判断氧化剂和还原剂的相对强弱	153
8.4.2	判断氧化还原反应进行的方向	154
8.4.3	判断反应进行的限度	155
8.4.4	确定非氧化还原反应的标准平衡常数	155
8.5	元素电势图及其应用	155
8.5.1	元素电势图	155
8.5.2	元素电势图的应用	156
	思考题	159
	应用题	159
第9章	非金属元素选述	161
9.1	卤素	161
9.1.1	卤素的性质	161

9.1.2 卤素单质	162
9.1.3 卤化氢和氢卤酸	165
9.1.4 卤化物	167
9.1.5 拟卤素	169
9.1.6 卤素的含氧酸及其盐	170
9.2 氧和硫	175
9.2.1 氧族元素的性质	175
9.2.2 氧及其化合物	175
9.2.3 硫及其化合物	178
9.3 氮和磷	190
9.3.1 氮族元素的性质	190
9.3.2 氮及其化合物	191
9.3.3 磷及其化合物	199
9.4 碳、硅、硼	205
9.4.1 碳、硅、硼通性	205
9.4.2 碳及其化合物	206
9.4.3 硅及其化合物	210
9.4.4 硼及其化合物	212
思考题	216
应用题	216
第10章 主族金属元素选述	218
10.1 碱金属及其化合物	218
10.1.1 碱金属通性	218
10.1.2 碱金属单质	219
10.1.3 碱金属氧化物和氢氧化物	220
10.1.4 碱金属盐类	222
10.2 碱土金属及其化合物	225
10.2.1 碱土金属通性	225
10.2.2 碱土金属单质	226
10.2.3 碱土金属的氧化物和氢氧化物	227
10.2.4 碱土金属盐类	228
10.3 铝及其化合物	230
10.3.1 铝单质	230
10.3.2 铝的化合物	230
10.4 锡、铅及其重要化合物	232
10.4.1 锡、铅单质	232
10.4.2 锡、铅的氧化物	233
10.4.3 锡、铅的氢氧化物	233
10.4.4 锡、铅的盐类	234
10.4.5 锡、铅的硫化物	235

10.5 砷分族的重要化合物	235
10.5.1 砷、锑、铋单质	236
10.5.2 砷、锑、铋的氢化物	236
10.5.3 砷、锑、铋的含氧化合物	236
10.5.4 砷、锑、铋的盐	238
思考题	239
应用题	240
第11章 过渡元素选述	241
11.1 d区元素的特性	241
11.1.1 单质的物理性质	241
11.1.2 可变的氧化数	242
11.1.3 化合物和水合离子的颜色	242
11.1.4 易形成配位化合物	243
11.2 钛	243
11.2.1 钛的性质与用途	243
11.2.2 钛的重要化合物	244
11.3 钒	244
11.3.1 钒的性质与用途	244
11.3.2 钒的重要化合物	245
11.4 铬	246
11.4.1 铬的性质与用途	246
11.4.2 铬的重要化合物	246
11.4.3 铬污染	248
11.5 锰	249
11.5.1 锰的性质与用途	249
11.5.2 锰的重要化合物	249
11.6 铁系和铂系元素	252
11.6.1 铁系元素	252
11.6.2 铂系元素	257
11.7 稀土元素	258
11.7.1 镧系收缩	258
11.7.2 稀土元素的性质与用途	259
思考题	260
应用题	260
第12章 ds区元素	262
12.1 铜副族元素	262
12.1.1 铜副族元素通性	262
12.1.2 单质的性质	262
12.1.3 铜的化合物	263
12.1.4 银的化合物	266

12.1.5 配位化合物	267
12.2 锌副族元素	268
12.2.1 锌副族元素通性	268
12.2.2 单质的性质	268
12.2.3 锌的重要化合物	269
12.2.4 汞的化合物	270
12.2.5 配位化合物	272
思考题	273
应用题	273
主要参考文献	275
附表	276
附表 1 国际单位制的基本单位	276
附表 2 常用物理化学常数	276
附表 3 常用换算关系	276
附表 4 常见弱酸、弱碱在水中的解离常数	277
附表 5 常见难溶化合物的溶度积(298.15 K)	278
附表 6 常见配离子的稳定常数	279
附表 7 标准电极电势表(298.15 K)	280
附表 8 水在不同温度下的饱和蒸气压	284
附表 9 常用元素国际相对原子质量表	285
附表 10 一些单质和化合物的热力学数据(298.15 K, 100 kPa)	286
附表 11 一些物质的标准燃烧热(298.15 K, 1.013×10^5 Pa)	296
索引	298

第1章 气体和稀溶液

在自然界,物质通常以气、液、固三种状态存在。这是因为在自然条件下,不同物质的分子之间相互作用不同。在特定条件下,物质还可以以等离子态存在。气态、液态、固态这三种状态在一定条件下可以相互转化。例如,液态水可以蒸发为水蒸气,水蒸气也可以冷凝成液态水;在低温下,液态水可以凝聚成固态冰,温度升高,固态冰也可以融化成液态水。这种液体的气化、气体的液化、液体的凝固和固体的熔化等物质状态的变化统称为相变。本章重点介绍气体和稀溶液。

1.1 理想气体的状态方程

气体的基本特征是扩散性和可压缩性。它没有固定的形状和体积,如将一定量的气体放入容器中,不管容器的大小、形状如何,气体都能均匀地充满整个容器,它的形状与体积随容器而定,这说明气体的体积实际上指的是它所在容器的体积,也说明气体分子是处于不断运动变化中的。在常温常压下,气体的分子间距离较大,分子本身所占的体积很小,当增大压强或降低温度时,分子间距离减小,因此气体的体积也随之减小。所以温度及压强对气体的体积均产生较大的影响。

由于气体分子永远处于无规则的运动中,气体分子在无规则运动中相互碰撞,同时也碰撞容器壁,气体分子对容器壁的碰撞力就形成了气体的压强,温度升高,气体分子的无规则运动加剧,气体的压强和体积也会发生变化。所以气体的压强(p)、温度(T)、体积(V)以及气体的物质的量(n)是描述气体状态的四个重要的物理量。

1.1.1 理想气体模型

理想气体是人们为了使问题简化而建立的一种人为的气体模型,按照这一模型把气体分子作了两点假定:

- (1) 气体分子是一种质点(有质量的几何点),只有质量而忽略其自身的体积。
- (2) 忽略分子之间的相互作用力,分子与分子之间的碰撞以及分子与器壁之间的碰撞视为完全弹性碰撞,无动能损失。

只有满足以上两点假定的真实气体可以称为理想气体。

1.1.2 理想气体状态方程

在17~18世纪,科学家在比较温和的条件下(如常温常压)探求气体体积的变化规律,并通过归纳总结出几条关于气体的定律:

波义耳(Boyle)定律 当 n 和 T 一定时,气体的 V 与 p 成反比,即 $V \propto 1/p$ ($\propto$ 表示正比于)。

查理·盖·吕萨克(Charles-Gay Lussac)定律 当 n 和 p 一定时,气体的 V 与 T 成正比,即 $V \propto T$ 。