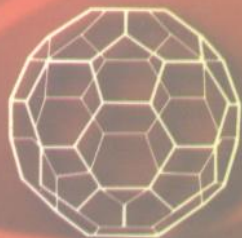
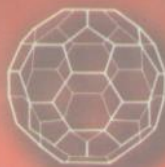


# 无机化学 简明教程

原理·结构·元素·实验



- 杨宏孝 主编
- 天津大学出版社



404402

高等学校教材

# 无机化学简明教程

(原理·结构·元素·实验)

杨宏孝 主编

戎谊梅 颜秀茹 张金铃 编



天津大学出版社

05/1/30

## 本书简介

为了适应培养跨世纪人才的需要,本书以邓小平同志提出的教育要“面向现代化,面向世界,面向未来”为指导,参考国家教委 1995 年颁布的“工科本科无机化学课程教学基本要求”的精神,结合我们几十年的教学经验编写而成。

全书分原理、结构、元素、实验四篇共 17 章。主要特点为:(1)简明实用,深浅适中;(2)知识面宽,适用面广;(3)联系实际,应用性强;(4)理论教学与实验教学合璧。本书可作为高等学校化工、化学、轻工、冶金、地质、纺织等类专业大专教材和大学本科无机化学课程少学时类型教材。



天津大学出版社出版  
(天津大学内)  
邮编:300072  
河北省昌黎印刷厂印刷  
新华书店天津发行所发行

\*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:17 字数:398 千

1997 年 7 月第一版 1997 年 7 月第一次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-5618-0928-X  
0·88 定价:20.00 元

# 序 言

近几年来各高等学校积极开展教育、教学改革,在多层次办学方面招收了一批大专生,由于没有合用的无机化学大专教材,多数借用大学本科教材,经删繁就简组织教学。另外,即使是本科教学,也因面向廿一世纪,强调素质教育与能力的培养,原无机化学课程的学时数普遍有所削减,使用原大本无机化学教材也深感不适。

为了适应培养跨世纪人才的需要,本书以邓小平同志提出的教育要“面向现代化,面向世界,面向未来”为指导,参考国家教委1995年经修订后颁布的“工科本科无机化学课程教学基本要求”,结合我们几十年的教学经验编写而成。编写时充分考虑到教材应具备基础性、先进性、实践性及适用性的要求,采取了精选内容、削枝强干、控制深度、确保基础;更新内容、反映前沿,联系实际、突出应用,拓宽知识面等作法,力求处理好继承与改革、经典与现代、基础与前沿、理论与应用、知识与能力、课程分立与学科交叉渗透、理论教学与实验教学、少而精与博而通的关系,以期达到简明实用、适用面广、应用性强、推陈出新、提高质量的目的。另外,本书采用了国家技术监督局1993年发布的国标。

全书分为原理、结构、元素、实验四篇共17章。原理部分以化学反应为主线,介绍化学反应的原理及规律。结构部分介绍了原子、分子、固体及配合物结构与性质。元素部分介绍了元素的自然资源 and s、p、d、f 区重要元素及其化合物,无机合成的方法,无机物与人类健康的关系。实验部分编入了无机化学实验基本知识、基本操作,无机物制备及性能测定,计算机模拟实验,综合和设计性实验等20个实验。另外,每章后都附有阅读材料,介绍与无机化学有关的元素资源、化工生产、环境、材料、能源、生命等知识和我国无

机化学发展现状及战略目标,使本书成为读者了解科技发展和人类社会生活的一个窗口。

全书由杨宏孝主编,戎谊梅为副主编。参加编写工作的有杨宏孝(5、6章),戎谊梅(第1、4、7、12、13、15章及第2章2—1节),颜秀茹(第3、8、9、10、11、14章及第2章2—2—2—4节),张金铃(第16、17章),附录由戎谊梅、颜秀茹编制。由于本书的基本内容与教研室使用多年的《无机化学》、《实验无机化学》有关,因此本书实为天津大学化学系无机化学教研室全体同志的劳动成果。

**编 者**

1996年7月于津大园

# 目 录

## 第一篇 原 理

<b>第一章 化学反应中的质量关系和能量关系</b> .....	(1)
1-1 化学中的计量 .....	(1)
1-1-1 相对原子质量和相对分子质量 .....	(1)
1-1-2 物质的量及其单位 .....	(2)
1-1-3 摩尔质量和摩尔体积 .....	(3)
1-1-4 物质的量浓度 .....	(3)
1-1-5 气体的计量 .....	(4)
1-1-6 化学计量化合物和非计量化合物 .....	(7)
1-2 化学反应中的质量关系 .....	(8)
1-2-1 应用化学反应方程式的计算 .....	(8)
1-2-2 化学计量数与反应进度 .....	(10)
1-3 化学反应中的能量关系 .....	(12)
1-3-1 基本概念和术语 .....	(12)
1-3-2 反应热和反应焓变 .....	(15)
1-3-3 应用标准摩尔生成焓计算标准摩尔反应焓变 .....	(18)
[阅读材料] SI 制和我国法定计量单位及国家标准 .....	(20)
复习、思考题 .....	(22)
习题 .....	(23)
<b>第二章 化学反应的方向、速率和限度</b> .....	(26)
2-1 化学反应速率 .....	(26)
2-1-1 反应速率定义 .....	(26)
2-1-2 化学反应的活化能 .....	(28)
2-1-3 影响化学反应速率的因素 .....	(29)

2-2	化学反应方向 .....	(32)
2-2-1	化学反应的自发过程 .....	(32)
2-2-2	自发过程和熵变 .....	(34)
2-2-3	吉布斯自由能变和化学反应的方向 .....	(35)
2-3	化学反应的限度 .....	(39)
2-3-1	可逆反应与化学平衡 .....	(39)
2-3-2	平衡常数 .....	(40)
2-3-3	化学平衡的计算 .....	(44)
2-4	化学平衡的移动 .....	(47)
2-4-1	浓度对化学平衡的影响 .....	(47)
2-4-2	压力对化学平衡的影响 .....	(49)
2-4-3	温度对化学平衡的影响 .....	(51)
2-4-4	催化剂和化学平衡 .....	(54)
	[阅读材料] 化学反应速率与化学平衡原理的综合应用 ...	(54)
	复习、思考题 .....	(55)
	习题 .....	(57)
<b>第三章</b>	<b>电解质溶液中的离子反应 .....</b>	<b>(60)</b>
3-1	弱电解质的单相离子平衡 .....	(60)
3-1-1	弱电解质的解离平衡 .....	(60)
3-1-2	水的解离和溶液的酸碱性 .....	(62)
3-1-3	弱酸或弱碱溶液中离子浓度的计算 .....	(64)
3-1-4	多元弱酸的分步解离 .....	(66)
3-1-5	解离平衡的移动 同离子效应 .....	(68)
3-1-6	缓冲溶液 .....	(69)
3-1-7	盐类的水解 .....	(71)
3-2	溶液中的多相离子平衡 .....	(76)
3-2-1	溶度积和溶解度 .....	(76)
3-2-2	沉淀与溶解 .....	(80)
3-2-3	沉淀的转化 .....	(85)
	[阅读材料] 近代酸碱理论 .....	(86)
	复习、思考题 .....	(87)

习题 .....	(89)
<b>第四章 氧化还原反应</b> .....	(91)
4—1 氧化还原方程式的配平 .....	(91)
4—1—1 氧化值法 .....	(91)
4—1—2 离子—电子法 .....	(93)
4—2 电极电势 .....	(95)
4—2—1 原电池 .....	(95)
4—2—2 电极电势的产生 .....	(97)
4—2—3 电极电势的测定 .....	(97)
4—2—4 浓度对电极电势的影响 .....	(99)
4—3 氧化还原反应的方向和限度 .....	(101)
4—3—1 氧化还原反应的方向 .....	(101)
4—3—2 氧化还原反应的限度 .....	(102)
[阅读材料] 燃料电池 .....	(103)
复习、思考题 .....	(104)
习题 .....	(105)

## 第二篇 结 构

<b>第五章 原子、分子的结构与性质</b> .....	(108)
5—1 原子的组成与能级 .....	(108)
5—1—1 原子的组成 .....	(108)
5—1—2 原子轨道能级 .....	(109)
5—2 原子结构的近代概念 .....	(111)
5—2—1 电子的波粒二象性 .....	(111)
5—2—2 几率 .....	(112)
5—2—3 原子轨道 .....	(112)
5—2—4 电子云 .....	(114)
5—2—5 量子数 .....	(116)
5—3 原子中电子的分布 .....	(117)
5—3—1 基态原子中电子分布原理 .....	(117)
5—3—2 多电子原子轨道的能级 .....	(118)



5-3-3	基态原子中电子的分布	(120)
5-3-4	简单基态阳离子的电子分布	(125)
5-3-5	元素周期系与核外电子分布的关系	(125)
5-4	原子性质的周期性	(127)
5-4-1	原子半径	(127)
5-4-2	电离能和电子亲合能	(128)
5-4-3	电负性( $x$ )	(130)
5-4-4	元素的氧化值	(131)
5-4-5	元素的金属性和非金属性	(132)
5-5	价键理论	(133)
5-5-1	键参数	(133)
5-5-2	共价键理论	(135)
5-5-3	离子键及键型过渡	(142)
5-6	分子的几何构型	(143)
5-6-1	价键理论的局限性	(143)
5-6-2	杂化轨道理论的要点	(145)
5-6-3	杂化类型与分子几何构型	(146)
5-7	分子轨道理论	(152)
5-7-1	分子轨道的基本概念	(153)
5-7-2	分子轨道的形成	(154)
5-7-3	分子轨道的能级	(156)
5-7-4	分子轨道理论的应用	(159)
5-8	分子间力和氢键	(162)
5-8-1	分子的极性和变形性	(162)
5-8-2	分子间力	(167)
5-8-3	氢键	(170)
	[阅读材料] 价层电子对互斥理论	(173)
	复习、思考题	(174)
	习题	(176)
<b>第六章</b>	<b>固体结构与性质</b>	<b>(180)</b>
6-1	晶体及其内部结构	(180)

6-1-1	晶体的特征	(180)
6-1-2	晶体的内部结构	(182)
6-1-3	单晶体和多晶体	(183)
6-2	离子晶体及其性质	(184)
6-2-1	离子晶体的特征和性质	(184)
6-2-2	离子晶体中最简单的结构类型	(184)
6-2-3	离子晶体的稳定性	(186)
6-3	原子晶体和分子晶体	(187)
6-3-1	原子晶体	(187)
6-3-2	分子晶体	(187)
6-4	金属晶体	(188)
6-4-1	金属晶体的内部结构	(188)
6-4-2	金属键	(189)
6-4-3	金属键的能带理论	(189)
6-5	混合型晶体和晶体的缺陷	(193)
6-5-1	混合型晶体	(193)
6-5-2	实际晶体的缺陷及其影响	(194)
6-5-3	实际晶体的键型变异	(195)
6-6	离子极化对物质性质的影响	(196)
6-6-1	离子的电子构型	(196)
6-6-2	离子极化的概念	(197)
6-6-3	离子极化对物质结构和性质的影响	(200)
	[阅读材料] 纳米技术与纳米材料	(203)
	复习、思考题	(203)
	习题	(204)
<b>第七章</b>	<b>配位化合物</b>	(206)
7-1	配合物的基本概念	(206)
7-1-1	配合物的组成	(206)
7-1-2	配合物的化学式及命名	(209)
7-2	配合物的价键理论	(210)
7-3	配合物在水溶液中的稳定性	(213)

7-3-1 配位平衡及其平衡常数	(213)
7-3-2 影响配位平衡的因素	(215)
7-4 螯合物	(217)
7-4-1 螯合物的形成	(217)
7-4-2 螯合物的特性	(218)
[阅读材料] 配合物的应用	(218)
复习、思考题	(221)
习题	(222)

### 第三篇 元 素

<b>第八章 元素化学概论</b>	(225)
8-1 元素的自然资源	(225)
8-2 元素的分类和存在形态	(227)
8-2-1 元素的分类	(227)
8-2-2 元素在自然界中的存在形态	(228)
8-3 单质的晶体结构和物理性质	(230)
8-4 主族元素单质的化学性质	(233)
8-4-1 主族金属的化学性质	(233)
8-4-2 主族非金属单质的化学性质	(233)
8-5 单质的制取方法	(234)
8-5-1 物理分离法	(234)
8-5-2 热分解法	(235)
8-5-3 电解法	(235)
8-5-4 热还原法	(235)
8-5-5 氧化法	(236)
8-6 稀有元素	(236)
8-6-1 稀有气体	(236)
8-6-2 稀有气体化合物	(237)
[阅读材料] 我国元素的自然资源	(238)
复习、思考题	(239)

习题	(239)
<b>第九章 s 区元素</b>	<b>(240)</b>
9—1 氢	(240)
9—1—1 氢的制备、性质和用途	(240)
9—1—2 氢化物	(242)
9—1—3 氢能源	(245)
9—2 碱金属与碱土金属元素的通性	(246)
9—3 氧化物	(247)
9—3—1 氧化物	(247)
9—3—2 过氧化物和超氧化物	(248)
9—4 氢氧化物	(248)
9—4—1 R—O—H 规则	(249)
9—4—2 碱金属和碱土金属的氢氧化物	(250)
9—5 盐类	(251)
9—6 锂与镁、铍与铝的相似性	(253)
9—6—1 锂与镁的相似性	(253)
9—6—2 铍与铝的相似性	(253)
[阅读材料] 侯德榜制碱法	(254)
复习、思考题	(254)
习题	(255)
<b>第十章 p 区元素(一)</b>	<b>(256)</b>
10—1 p 区元素通性	(256)
10—2 卤素	(257)
10—2—1 概述	(257)
10—2—2 卤素单质	(258)
10—2—3 卤化氢、氢卤酸和卤化物	(262)
10—2—4 卤素的含氧酸及其盐	(266)
10—3 氧族元素	(269)
10—3—1 氧、臭氧、过氧化氢	(270)
10—3—2 硫及其重要化合物	(275)

复习、思考题.....	(283)
习题.....	(285)
<b>第十一章 p 区元素(二)</b> .....	(288)
11-1 氮族元素 .....	(288)
11-1-1 氮及其重要化合物 .....	(289)
11-1-2 磷及其重要化合物 .....	(296)
11-1-3 砷、锑、铋的重要化合物 .....	(299)
11-2 碳族元素 .....	(303)
11-2-1 碳的重要化合物 .....	(304)
11-2-2 硅的重要化合物 .....	(306)
11-2-3 锡、铅及其重要化合物 .....	(308)
11-3 硼族元素 .....	(313)
11-3-1 硼的化合物 .....	(316)
11-3-2 铝的重要化合物 .....	(318)
[阅读材料] 一种重要的富勒烯—— $C_{60}$ .....	(321)
复习、思考题.....	(322)
习题.....	(323)
<b>第十二章 d 区元素</b> .....	(326)
12-1 过渡元素通论 .....	(326)
12-1-1 单质的物理性质 .....	(326)
12-1-2 金属活泼性 .....	(327)
12-1-3 氧化值 .....	(327)
12-1-4 离子的颜色 .....	(328)
12-1-5 配位性 .....	(328)
12-2 钛与钒 .....	(329)
12-2-1 金属钛 .....	(329)
12-2-2 钛的重要化合物 .....	(329)
12-2-3 金属钒 .....	(330)
12-2-4 钒的重要化合物 .....	(330)
12-3 铬与锰 .....	(331)

12-3-1	金属铬 .....	(331)
12-3-2	铬的重要化合物 .....	(332)
12-3-3	金属锰 .....	(334)
12-3-4	锰的重要化合物 .....	(335)
12-4	铁、钴、镍 .....	(337)
12-4-1	铁、钴、镍单质 .....	(337)
12-4-2	铁、钴、镍的化合物 .....	(338)
12-5	铜与银 .....	(341)
12-5-1	金属铜 .....	(341)
12-5-2	铜的重要化合物 .....	(341)
12-5-3	金属银 .....	(344)
12-5-4	银的重要化合物 .....	(344)
12-6	锌与汞 .....	(345)
12-6-1	金属锌 .....	(345)
12-6-2	锌的重要化合物 .....	(346)
12-6-3	金属汞 .....	(347)
12-6-4	汞的重要化合物 .....	(347)
	[阅读材料] 合金 .....	(350)
	复习、思考题 .....	(351)
	习题 .....	(352)
<b>第十三章</b>	<b>f 区元素</b> .....	<b>(354)</b>
13-1	镧系元素的通性 .....	(354)
13-1-1	价层电子结构 .....	(354)
13-1-2	氧化值 .....	(355)
13-1-3	原子半径、离子半径和镧系收缩 .....	(356)
13-1-4	离子的颜色 .....	(357)
13-1-5	金属活泼性 .....	(357)
13-1-6	氢氧化物的碱性与难溶性 .....	(358)
13-1-7	盐类的溶解性 .....	(358)
13-2	稀土元素 .....	(358)
13-2-1	稀土元素的资源 .....	(358)

13—2—2	稀土元素的提取 .....	(359)
13—2—3	稀土元素的应用 .....	(361)
13—3	镧系元素的通性 .....	(362)
13—4	核反应和超铀元素的合成 .....	(363)
13—4—1	放射性衰变 .....	(363)
13—4—2	粒子轰击原子核 .....	(364)
13—4—3	核裂变 .....	(365)
13—4—4	核聚变 .....	(365)
13—5	放射性的危害及其防护 .....	(366)
13—5—1	放射性的危害 .....	(366)
13—5—2	辐射安全和防护 .....	(367)
	[阅读材料]放射性的应用 .....	(368)
	复习、思考题 .....	(369)

## 第十四章 无机合成 .....

14—1	合成方法 .....	(370)
14—1—1	高温合成 .....	(370)
14—1—2	低温合成 .....	(371)
14—1—3	水热合成 .....	(372)
14—1—4	高压合成 .....	(373)
14—1—5	化学气相沉积 .....	(373)
14—1—6	等离子合成 .....	(375)
14—2	分离方法 .....	(376)
14—2—1	物理法 .....	(376)
14—2—2	化学法 .....	(378)
14—3	不溶物的分离 .....	(380)
14—4	无机化合物合成工艺举例 .....	(382)
14—4—1	氧化物的合成 .....	(382)
14—4—2	氯化物的合成 .....	(383)
14—4—3	磷酸盐的合成 .....	(385)
14—5	化学工业“三废”治理 .....	(386)
14—5—1	化学工业“三废”的来源 .....	(386)

14—5—2 化工污染的防治 .....	(386)
[阅读材料] 化学元素家族喜增新成员 .....	(389)
复习、思考题 .....	(390)
<b>第十五章 无机化学与人类健康 .....</b>	<b>(391)</b>
15—1 生命必需元素及其生物功能 .....	(391)
15—1—1 生物必需元素的存在形态 .....	(393)
15—1—2 元素在人体中的生物功能 .....	(393)
15—1—3 污染元素对人体健康的危害 .....	(396)
15—2 生物无机化学在医疗上的应用 .....	(396)
15—2—1 生命必需元素的补充 .....	(397)
15—2—2 有毒金属元素的促排 .....	(397)
15—2—3 防癌元素与金属抗癌药物 .....	(398)
15—3 环境污染及其防治 .....	(398)
15—3—1 大气污染及其防治 .....	(398)
15—3—2 水污染及其防治 .....	(403)
15—3—3 土壤污染及其防治 .....	(406)
[阅读材料] 有害物质的排放标准 .....	(408)
复习、思考题 .....	(409)

## 第四篇 实 验

<b>第十六章 无机化学实验基本知识、操作及仪器的使用 ..</b>	<b>(411)</b>
16—1 基本知识 .....	(411)
16—2 基本操作 .....	(417)
16—3 基本仪器的使用 .....	(439)
<b>第十七章 无机化学实验 .....</b>	<b>(446)</b>
17—1 电光天平的使用及摩尔气体常数的测定 .....	(446)
17—2 氯化铵生成焓的测定 .....	(449)
17—3 醋酸解离常数的测定 .....	(452)
17—4 单、多相离子平衡 .....	(456)
17—5 氯化铅活度积的测定 .....	(458)



17—6	氧化还原电化学 .....	(466)
17—7	物质结构与性质的关系 .....	(469)
17—8	硫酸亚铁铵的制备 .....	(474)
17—9	硝酸钾的制备及其溶解度的测定 .....	(477)
17—10	五水合硫酸铜的制备 .....	(480)
17—11	硫酸铜中结晶水及其脱水温度的测定 (计算机模拟实验) .....	(482)
17—12	离子交换法净化水 .....	(485)
17—13	铈、铋、锡、铅 .....	(490)
17—14	铁、钴、镍 .....	(492)
17—15	铜、银、锌、镉、汞 .....	(495)
17—16	常见离子的分离与鉴别 .....	(498)
17—17	综合实验(一) .....	(507)
17—18	综合实验(二) .....	(508)
17—19	设计性实验(一):从废定影液中回收金属银 .....	(509)
17—20	设计性实验(二):硫代硫酸钠的制备 .....	(509)
	[阅读材料]我国无机化学的现状和战略目标(摘要) .....	(511)
	<b>习题答案</b> .....	(513)
	<b>附录</b> .....	(517)
附录 1	本书常用量的符号 .....	(517)
附录 2	一些基本的物理常数 .....	(519)
附录 3	标准热力学数据(298.15K) .....	(519)
附录 4	解离常数(298.15K) .....	(522)
附录 5	溶度积常数(298.15K) .....	(522)
附录 6	标准电极电势(298.15K) .....	(524)

元素周期表