

普通无机化学

严宣申 王长富

北京大学出版社

北京大学教材



普通无机化学

严宣申 王长富 编著

541/79/31



内 容 简 介

本书按元素在元素周期表中的位置共分十章。书中注重元素化学的实际内容，在叙述元素及其化合物的基本性质和反应规律时，注意到某些化学理论的应用。这不仅有利于培养学生的自学能力，也为深入学习高等无机化学打下了基础。

本书适宜于综合大学、师范院校化学系一年级学生使用，也可供工科、师专等院校的无机化学教师参考。

普通无机化学

严宣申 王长富 编著

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京印刷三厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

850×1168毫米 32开本 14.625印张 340千字

1987年2月第一版 1989年5月第二次印刷

印数：12,001—15,000册

ISBN 7-301-00188-6/O·019 定价：3.50元

编 者 的 话

本书是为大学化学系一年级学生编写的无机化学课程教科书。它的内容和《普通化学原理》(华彤文、杨骏英编,北京大学出版社)相衔接,构成一套普通化学教材。

全书按元素(除氢、稀有气体、铜系元素)在元素周期表中的位置分为十章,各章内容均侧重于叙述元素及其重要化合物的基本性质及反应规律。为加深学生对元素性质的理解并培养学生的自学能力,书中注重酸碱反应、沉淀反应、氧化还原反应及配位反应在元素性质部分的应用,同时也兼顾到化学热力学和物质结构等理论在元素性质部分的应用。一些离子的分离和鉴定附在有关章节之后,阳离子系统分析的内容附在书末。

本书在编写过程中曾得到我校化学系普通化学教研室许多同志及南京大学甘兰若、武汉大学张毓蕙、兰州大学张淑民、山东大学蒋本杲、华东师范大学武佛衡、科学出版社赵世雄、高等教育出版社王世显等同志的关心和支持,也得到了北京大学出版社赵学范、李彦奇同志的热情帮助,谨向他们表示谢意。

限于我们的水平及成书时间仓促,书中一定有不少疏漏,望读者批评指正。

严宣申 王长富

于北京大学化学系

目 录

第一章 元素概论

1.1 地壳的组成	(1)
1.2 元素的存在和单质的提取	(3)
1.机械分离法和热分解法	(4)
2.电解法	(5)
3.化学还原法	(5)
1.3 周期表中的主、副族	(10)
1.主、副族元素的划分和典型元素	(10)
2.氢在元素周期表中的位置	(11)
3.主族元素的某些性质	(12)
习题	(15)

第二章 碱族和碱土族

2.1 单质的性质	(16)
2.2 单质的制备	(21)
2.3 氧化物、过氧化物、超氧化物	(24)
1.氧化物	(24)
2.过氧化物	(24)
3.超氧化物	(25)
2.4 氢氧化物	(26)
2.5 盐类	(29)
1. Na^+ 盐和 K^+ 盐在性质上的差别	(30)
2.如何从铯、钡矿中提取铯、钡	(30)
3.水解	(31)
4.含氧酸盐的热稳定性	(32)
5.硬水	(32)

2.6 锂、铍的特性	(33)
1. 锂、铍的某些特性	(33)
2. 锂和镁的相似性	(34)
3. 铍和铝的相似性	(34)
2.7 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 混合溶液 中离子的分离和鉴定	(35)
1. 溶液的酸度	(36)
2. 反应的温度	(37)
3. 溶液的浓度	(37)
2.8 焰色反应	(37)
习题	(38)

第三章 卤族元素

3.1 卤素的物理性质	(41)
3.2 卤素的化学性质	(43)
1. 卤素和其他单质间化学反应的倾向	(44)
2. 均裂和异裂	(46)
3.3 卤素的制备	(47)
1. 氟的制备	(47)
2. 氯的制备	(48)
3. 溴的制备	(50)
4. 碘的制备	(50)
3.4 卤化氢的制备和性质 氢卤酸	(51)
1. 卤化氢的制备	(51)
2. 卤化氢的性质	(52)
3. 卤化氢的水溶液——氢卤酸	(53)
3.5 金属卤化物和拟卤化物	(56)
1. 金属卤化物	(56)
2. 金属卤化物的溶解度	(57)
3. 形成配(络)离子	(58)
4. 拟卤素	(58)

5. 金属卤化物的制法	(59)
3.6 卤素的含氧酸及其盐	(61)
1. 不同氧化态含氧酸的命名法	(61)
2. 次卤酸及其盐	(62)
3. 卤酸及其盐	(63)
4. 高卤酸及其盐	(66)
5. 卤素含氧酸根的结构	(68)
3.7 其他卤素化合物简介	(69)
1. 互卤化物	(69)
2. 多卤化物	(70)
3.8 卤离子的分离和鉴定	(71)
1. Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的鉴定	(71)
2. 卤化银溶于 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的计算	(72)
3. 计算 Zn 还原 AgBr 、 AgI 的电动势	(74)
习题	(75)

第四章 氧族元素

4.1 氧分子的结构	(78)
4.2 氧、过氧化氢、臭氧	(79)
1. 氧的性质	(79)
2. 氧化物	(82)
3. 过氧化氢	(84)
4. 臭氧	(87)
4.3 硫的存在和同素异形体	(89)
1. 存在	(89)
2. 同素异形体	(89)
4.4 硫化氢和金属硫化物	(90)
1. 硫化氢和氢硫酸	(90)
2. 金属硫化物	(92)
3. 多硫化氢和多硫化物	(96)
4.5 二氧化硫、亚硫酸及其盐	(98)

1. 二氧化硫	(98)
2. 亚硫酸及亚硫酸盐	(100)
4.6 三氧化硫、硫酸及硫酸盐	(102)
1. 三氧化硫	(102)
2. 硫酸	(102)
3. 硫酸盐	(103)
4. 焦硫酸及焦硫酸盐	(107)
5. 过硫酸及其盐	(107)
4.7 硫的其他含氧酸及其盐	(108)
1. 硫代硫酸及其盐	(108)
2. 连二亚硫酸及其盐	(110)
3. 连二硫酸及其盐	(111)
4.8 硫的卤化物	(113)
4.9 硒、碲	(114)
1. 硒化氢和碲化氢	(114)
2. 二氧化硒、二氧化碲、亚硒酸、亚碲酸	(115)
3. 三氧化硒、三氧化碲、硒酸、碲酸	(116)
4.10 S^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 $S_2O_3^{2-}$ 的分离和鉴定	(118)
习题	(119)

第五章 氮族元素

5.1 氮	(122)
1. 氮在自然界的存在和制法	(122)
2. 氮分子的结构和性质	(123)
3. 氮在形成化合物时的特征	(124)
5.2 氨及铵盐	(125)
1. 氨	(125)
2. 铵盐的热分解	(129)
3. 铵的鉴定	(129)
5.3 氮的氧化物、含氧酸及其盐	(130)
1. 氮的氧化物	(130)

2. 亚硝酸及其盐	(132)
3. 硝酸及其盐	(133)
5.4 磷	(138)
1. 同素异形体	(138)
2. 制备	(139)
3. 化学性质	(139)
4. 氢化物	(140)
5. 毒性	(141)
5.5 磷的氧化物、含氧酸及其盐	(141)
1. 磷的氧化物	(141)
2. 磷的含氧酸	(143)
3. 次磷酸及其盐	(144)
4. 亚磷酸及其盐	(144)
5. 磷酸及其盐	(145)
6. 偏磷酸盐、焦磷酸盐及聚磷酸盐	(148)
7. 磷酸和磷酸根的结构	(149)
8. 磷酸根的鉴定	(151)
5.6 卤化磷和硫化磷	(151)
1. 三卤化磷	(151)
2. 五卤化磷	(152)
3. 硫化磷	(153)
5.7 砷、锑、铋	(155)
1. 存在和冶炼	(155)
2. 性质	(155)
3. 氢化物	(156)
4. 氧化物及其水合物	(157)
5. 卤化物	(162)
6. 硫化物	(163)
7. 砷、铋的鉴定	(164)
8. p 区元素最高氧化态含氧酸的酸性和氧化性小结	(164)

习题	(165)
----------	---------

第六章 碳族元素

6.1 碳	(168)
1.同素异形体	(169)
2.活性炭的吸附性	(170)
6.2 碳的氧化物、碳酸及其盐	(171)
1.一氧化碳	(171)
2.二氧化碳	(173)
3.“碳酸”	(175)
4.碳酸的盐类——正盐和酸式盐	(175)
5.碳酸根的鉴定	(181)
6.3 碳的卤化物和硫化物	(181)
1.四卤化碳	(181)
2.二硫化碳	(182)
6.4 硅	(182)
1.性质	(183)
2.制备	(184)
6.5 硅的氢化物和卤化物	(184)
1.硅烷	(184)
2.卤化硅	(185)
6.6 二氧化硅和硅酸盐	(187)
1.二氧化硅	(187)
2.硅酸及其盐	(188)
6.7 锗、锡、铅	(192)
1.存在和冶炼	(193)
2.性质	(194)
6.8 锡、铅的化合物	(196)
1.氧化物和氢氧化物	(196)
2.硫化物	(198)
3.卤化物	(199)

4. 铅(Ⅱ)的其他盐	(200)
5. 有机化合物	(201)
习题	(202)

第七章 硼族元素

7.1 硼	(205)
1. 制备	(206)
2. 性质	(207)
3. 氧化硼、硼酸和硼砂	(209)
4. 硼酸盐的结构	(213)
5. 卤化硼	(213)
6. 硼氢化物	(215)
7.2 铝	(219)
1. 提取	(219)
2. 性质	(220)
3. 氢氧化物和氧化物	(221)
4. 卤化铝	(223)
7.3 铝盐和铝的配(络)合物	(224)
1. 磷酸铝	(224)
2. 易溶铝盐	(225)
3. 复盐和配合物	(225)
7.4 镓、铟、铊	(226)
1. 性质	(226)
2. 氢氧化物和氧化物	(227)
3. 卤化物	(228)
4. 其他盐	(229)
习题	(229)

第八章 铜族元素和锌族元素

8.1 铜族、锌族元素的存在、提取和性质	(231)
1. 从黄铜矿制精铜, 从闪锌矿制锌及由粗汞中提纯汞	(232)

2.物理性质	(234)
3.化学性质	(235)
8.2 氢氧化物、氧化物及硫化物	(239)
1.氢氧化物	(239)
2.氧化物	(243)
3.硫化物	(244)
8.3 卤化物	(246)
1.卤化亚铜	(246)
2.卤化铜	(247)
3.卤化银	(248)
4.卤化锌	(251)
5.卤化亚汞	(252)
6.卤化汞	(254)
8.4 其他重要化合物	(256)
1.铜(Ⅰ)化合物	(257)
2.银(Ⅰ)化合物	(260)
3.汞(Ⅰ)化合物	(261)
4.汞(Ⅱ)化合物	(261)
8.5 配合物	(262)
1.铜(Ⅰ)配合物	(263)
2.铜(Ⅱ)配合物	(264)
3.银(Ⅰ)配合物	(266)
4.锌配合物	(267)
5.汞(Ⅱ)配合物	(268)
8.6 铜(Ⅰ)和铜(Ⅱ),汞(Ⅰ)和汞(Ⅱ)相互间转化	(269)
1.铜(Ⅰ)和铜(Ⅱ)相互间转化	(269)
2.汞(Ⅰ)和汞(Ⅱ)相互间转化	(273)
8.7 Cu^{2+} 、 Ag^{+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Bi^{3+} 、 Pb^{2+} 离子混合溶 液的分离和鉴定	(275)
8.8 化学反应系统化	(277)

习题	(280)
----------	---------

第九章 过渡元素

9.1 过渡元素的通性	(282)
1. 物理性质	(282)
2. 化学性质	(283)
3. 配合物	(289)
4. 离子半径和阳离子的水解作用	(296)
9.2 钛	(301)
1. 存在和提炼	(302)
2. 性质和用途	(303)
3. 二氧化钛	(303)
4. 卤化物	(304)
9.3 钒	(305)
1. 五氧化二钒	(305)
2. 钒酸的缩合	(307)
9.4 铬	(307)
1. 提炼、性质和用途	(308)
2. 铬(Ⅲ)化合物	(309)
3. 铬(Ⅵ)化合物	(311)
4. 铬(Ⅲ)和铬(Ⅵ)的相互转化	(317)
9.5 钼、钨	(319)
1. 资源及冶炼原理	(319)
2. 性质和用途	(320)
3. 钼酸、钨酸、同多酸、杂多酸	(322)
4. 过氧钼酸盐、过氧钨酸盐	(325)
9.6 锰	(327)
1. 制备和性质	(327)
2. 锰(Ⅱ)化合物	(328)
3. 锰(Ⅲ)化合物	(331)
4. 锰(Ⅳ)化合物	(333)

5. 锰(VI)化合物	(333)
6. 锰(VII)化合物	(334)
7. VB—VII B 族元素最高氧化态氧化物、含氧酸(盐)性质	
小结	(336)
9.7 铁、钴、镍、铂系	(337)
1. 性质和用途	(338)
2. 氧化物和氢氧化物	(338)
3. 铁(II)化合物	(340)
4. 铁(III)化合物	(341)
5. 钴化合物	(348)
6. 镍化合物	(351)
7. 铁、钴、镍化合物性质比较	(353)
8. 铁(II)、锰(II)、镁(II)化合物性质比较	(357)
9. 铁(III)、铬(III)、铝(III)化合物性质比较及离子分离	
.....	(358)
10. Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Al^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 的分离和鉴定	
.....	(359)
11. 铂系元素简介	(360)
12. 羰基化合物	(363)
9.8 非整比化合物	(365)
1. 氢化物	(365)
2. 碳化物、硼化物、氮化物	(368)
习题	(370)

第十章 镧系元素

10.1 镧系元素的电子排布	(374)
10.2 镧系元素的性质	(375)
1. 镧系元素的半径和密度	(375)
2. 化合价、离子的颜色	(376)
3. 镧系元素的电离能和电极电势	(378)
10.3 镧系元素的化合物	(379)

1. 氢氧化物和氧化物	(379)
2. 难溶盐	(381)
3. 易溶盐	(386)
10.4 镧系元素的分离	(388)
1. 化学法	(388)
2. 离子交换法	(390)
3. 萃取法	(391)
10.5 镧系金属的制备	(392)
1. 电解法	(392)
2. 金属还原法	(392)
10.6 镧系元素的用途	(393)
习题	(394)
附录一 无机化学命名简介	(395)
附录二 反应平衡常数的某些运用	(398)
附录三 常见阳离子的基本性质和鉴定	(410)
附录四 缩写和符号	(416)
附录五 数据表	
表 1 弱酸、弱碱的电离常数(25°C)	(422)
表 2 难溶化合物的溶度积 K_{sp} (室温)	(423)
表 3 标准电势表(25°C)	(425)
表 4 配(络)离子稳定常数	(430)
表 5 某些单质、化合物的 ΔH_f° (kJ/mol)、 ΔG_f° (kJ/mol) 及 S° (J/K·mol)	(432)
表 6 某些水合离子的 ΔH_f° (kJ/mol)、 ΔG_f° (kJ/mol) 及 S° (J/K·mol)	(442)
附录六 键长和键能	(445)
附录七 习题答案	(448)

第一章 元素概论

本章简要介绍地壳的组成，元素的存在和提取，元素周期表中主副族元素的划分，氢在元素周期表中的位置及主族元素的某些性质。

1.1 地壳的组成

地壳是指围绕地球的大气圈 (Atmosphere)，水圈 (Hydrosphere) 及地面以下16km深度以内的岩石圈 (Lithosphere)。大气圈重 5.1×10^{18} kg，占地壳总重量的 0.03 %；水圈重 1.2×10^{21} kg，占地壳总重量的 6.91 %；岩石圈重 1.6×10^{22} kg，占地壳总重量的 93.06 %。

大气圈中主要是 O_2 、 N_2 、 CO_2 及稀有气体 (表1-1)。

表1-1 大气的平均组成

气 体	重量(%)	体积(%)	气 体	重量(%)	体积(%)
N_2	75.51	78.09	He	0.000072	0.00052
O_2	23.15	20.95	CH_4	0.00012	0.00022
Ar	1.28	0.93	Kr	0.00029	0.001
CO_2	0.046	0.03	H_2O	0.000003	0.00005
Ne	0.00125	0.0018	O_3	0.000036	0.000001

水圈中含有O、H、Cl、Na、Mg等60余种元素，其中O的重量占85.89%，H占10.82%。虽然某些元素在水圈中的含量极少，如U只占 1.5×10^{-7} %，但由于水圈的总重量大，所以U在

水圈中的总重量还是很大的，约有 2×10^{10} kg。近年来许多国家开展了从海水中提取U的工作。

表1-2 地壳中元素的质量Clarke值(%)

元素	质量Clarke值	元素	质量Clarke值	元素	质量Clarke值
O	48.6	Nd	0.0024	Tl	3×10^{-5}
Si	26.3	Nb	0.002	I	3×10^{-5}
Al	7.73	La	0.0018	Tm	2×10^{-5}
Fe	4.75	Pb	0.0016	Bi	2×10^{-5}
Ca	3.45	Th	0.0015	Cd	1.8×10^{-5}
Na	2.74	Ga	0.0015	In	1×10^{-5}
K	2.47	B	0.001	Ag	1×10^{-5}
Mg	2.00	W	0.001(?)	Se	9×10^{-6}
H	0.76	Mo	7.5×10^{-4}	Pd	1×10^{-6}
Ti	0.42	Ge	7×10^{-4}	Pt	5×10^{-7}
Cl	0.14	Sm	6.5×10^{-4}	Ne	5×10^{-7}
P	0.11	Gd	6.5×10^{-4}	Au	5×10^{-7}
C	0.087	Be	6×10^{-4}	He	3×10^{-7}
Mn	0.085	Pr	5.5×10^{-4}	Te	2×10^{-7}
F	0.072	Sc	5×10^{-4}	Ir	1×10^{-7}
S	0.048	As	5×10^{-4}	Rh	1×10^{-7}
Ba	0.040	Hf	4.5×10^{-4}	Ru	1×10^{-7}
N	0.030	Dy	4.5×10^{-4}	Os	$1 \times 10^{-7}?$
Rb	0.028	U	4×10^{-4}	Re	$1 \times 10^{-7}?$
Zr	0.020	Ar	3.6×10^{-4}	Kr	2×10^{-8}
Cr	0.018	Cs	3.2×10^{-4}	Xe	2.4×10^{-9}
Sr	0.015	Yb	2.7×10^{-4}	Ra	1.3×10^{-10}
V	0.015	Er	2.5×10^{-4}	Pa	8×10^{-11}
Ni	0.010	Br	2.5×10^{-4}	Ac	3×10^{-14}
Zn	0.008	Ta	2×10^{-4}	Po	3×10^{-14}
Cu	0.007	Ho	1.1×10^{-4}	Rn	6×10^{-16}
Li	0.0065	Eu	1×10^{-4}	Np	4×10^{-17}
Ce	0.004	Sb	1×10^{-4}	Pu	2×10^{-19}
Sn	0.004	Tb	9×10^{-5}	Fr	7×10^{-23}
Co	0.004	Lu	7.5×10^{-5}	At	4×10^{-23}
Y	0.0028	Hg	5×10^{-5}		