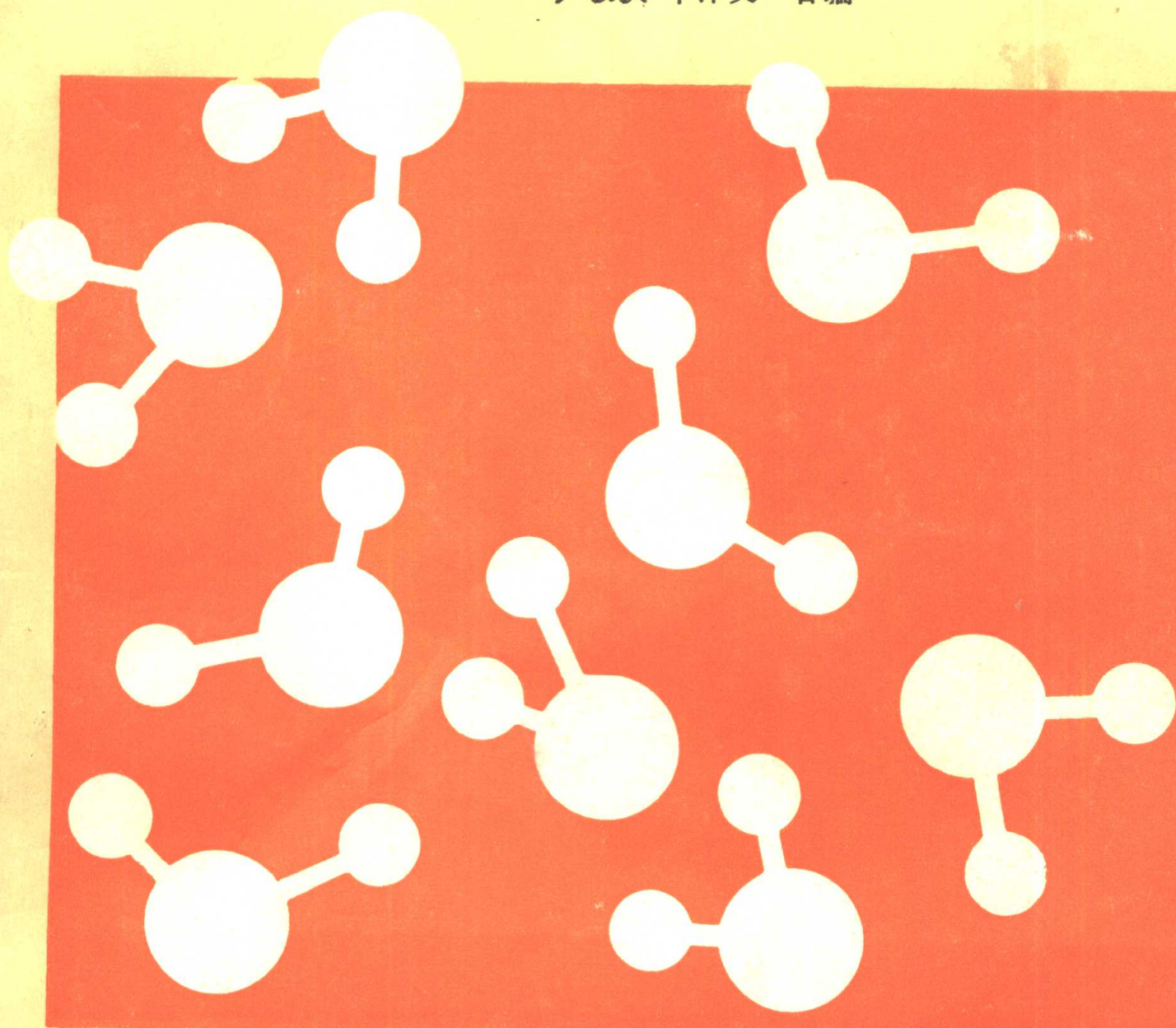


高等学校试用教材

基础无机化学

上册

尹敬执 申泮文 合编



人民教育出版社

061
12/1

高等学校试用教材

基础无机化学

上册

尹敬执 申泮文 合编

人民教育出版社

高等学校试用教材

基础无机化学

下 册

尹敬执 申泮文 合编

人民教育出版社

高等学校试用教材
基础无机化学
上册

尹敬执 申泮文 合编

*

人民教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
河南第一新华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 22.75 插页 1 字数 520,000

1980年1月第1版 1982年2月第2次印刷

印数 52,301—74,300

书号 13012·0426 定价 1.70 元

高等学校试用教材
基础无机化学
下 册

尹敬执 申泮文 合编

*

人民教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 465,000

1980年5月第1版 1980年11月第1次印刷

印数 00,001—29,000

书号 13012·0470 定价 1.50 元

编 者 序

本书是编者在1965年著作《无机化学简明教程》的基础上,根据当前无机化学发展形势和基础课教学的需要,进行了较大幅度的补充和改编而写成的。承人民教育出版社的支持和同意,作为上述著作的修订第二版本而出版,并更名为《基础无机化学》。著者在编写本书时,参阅了多种国外的新教科书,参考书目列在本序言之后,以便读者查考。本书的前半部理论部分中有若干章节和图表是由这些参考书中直接移植的,希望这些材料能起到“洋为中用”的作用。本书后半部分无机化学叙述材料部分的编写形式,则是编者多年教学经验的积累,是按照周期系分区的元素群体而进行讨论的,希望能引起读者的兴趣和评论。

本书的编写目的是作为大学化学系无机化学基础课学生的教材或教师的教学参考书。为了便于学生自学,选编的内容略超过了无机化学基础课教学大纲和教学时数的要求。如果选用本书作为教材,主讲教师应该在课堂教学过程中贯彻少而精的原则,精选讲授内容。要发挥教师的主导作用。最好在课前向学生明确指示,哪些是课堂讲授的内容,哪些是要求学生自学的内容,哪些是不作要求的内容,借以减轻学生的学习负担。本书的编写顺序只为提供参考,对于实际教学没有任何约束性,教师可以按照自己的经验和志趣独立自主地安排教学顺序。自1977年以来历次的无机化学教材讨论会为本书的编写提供了丰富的参考素材,并为本书的写成起到了巨大的推动作用,应该向参加历次教材会议的各兄弟院校无机化学基础课的教师们表示衷心的感谢。本书在编写过程中得到了山西大学殷文娟、王凤仪和南开大学陆秀菁等同志协助整理稿件,并由桂林电器科学研究所陈永明同志绘制了全部草图,谨向他们表示诚挚的感谢。由于编者的水平局限,缺点错误在所难免,恳望读者提出批评指正,以便在再版时加以改正。

尹敬执 申泮文

一九七九年十月

目 录

编者序	(I)
第一章 化学的基本概念	(1)
§1 引言(1) 1.1 化学的研究对象和目的(1) 1.2 化学的发展过程(1) 1.3 化学的分支(3) 1.4 化学发展的趋势(3) 1.5 无机化学课程的任务(4)	
§2 化学的基本定律(4) 1.6 质量守恒定律(4) 1.7 定比定律(5) 1.8 倍比定律(5) 1.9 当量定律(5) 1.10 关于基本定律的简单结语(8)	
§3 原子分子学说(8) 1.11 原子学说(8) 1.12 气体反应体积简比定律(9) 1.13 亚佛加德罗定律(10) 1.14 近代的原子分子学说(11) 1.15 原子量和分子量(12) 1.16 原子和分子的摩尔质量(12) 1.17 化学式、分子式和最简式(13)	
§4 化学中的计量(14) 1.18 化学中常用的计量单位(14) 1.19 国际单位制(SI)的基本单位(16) 1.20 重要单位的换算因数(17) 1.21 重要的物理常数(17)	
第二章 原子的结构	(19)
§1 人们对原子内基本粒子的认识(19) 2.1 电子的发现, 阴极射线(19) 2.2 油滴实验(21) 2.3 阳极射线(22) 2.4 核型原子(22) 2.5 X射线和莫斯莱的工作(24) 2.6 中子(24)	
§2 氢原子光谱和能级的概念(25) 2.7 氢光谱(25) 2.8 玻尔的氢原子模型(26)	
§3 近代原子电子层结构的初步概念(29) 2.9 电子云的概念(29) 2.10 原子轨道(29) 2.11 电子层(30) 2.12 原子轨道的形状(30) 2.13 原子轨道的伸展方向(30) 2.14 包林的原子轨道能级图(31) 2.15 电子的自旋(31) 2.16 电子层最大容量原理(32) 2.17 稀有气体的原子结构(32) 2.18 按能级组排列的元素周期系(32) 2.19 关于元素的原子电子层结构的简单结语(34)	
§4 原子核的组成, 国际原子量(34) 2.20 原子核的组成(34) 2.21 原子核组成的中子-质子理论(35) 2.22 同位素(35) 2.23 元素的国际原子量(35) 2.24 测定原子量的物理方法——质谱测定(36) 2.25 国际原子量表和它的附注(37)	
复习问题和作业(38)	
第三章 化学键	(41)
§1 离子键理论(41) 3.1 离子键的形成(41) 3.2 电离势和电子亲合势(42) 3.3 离子的特征(43) 3.4 离子型化合物(45)	
§2 共价键理论(46) 3.5 电子配对法(46) 3.6 共价键的本性, 氢分子的共价键理论(47) 3.7 共价键的特征(48) 3.8 键参数和物理性质(49) 3.9 共价键的极性, 化学元素的电负性(52) 3.10 极性分子(53) 3.11 原子的共价半径(54) 3.12 氧化数(54) 3.13 化学式的表示方法, 路易斯式(55) 3.14 配位共价键(60)	
§3 分子间作用力(60) 3.15 范德华力(60) 3.16 离子的极化作用(62) 3.17 氢键(64)	
复习问题和作业(66)	
第四章 气体状态	(68)
4.1 体积和压力(68) 4.2 波义尔定律(70) 4.3 查理定律(72) 4.4 道尔顿分压定律(73) 4.5 盖吕萨克定律(74) 4.6 理想气体定律(75) 4.7 格拉罕姆气体扩散定律(77) 4.8 气体扩散的自发性, 混乱度的概念(78) 4.9 气体分子运动论(79) 4.10 分子运动速度的分布规律(82) 4.11 实在气体(83)	
复习问题和作业(84)	

第五章 固体状态.....(87)

5.1 晶状固体(87) 5.2 X射线衍射(87) 5.3 晶格(88) 5.4 七种晶系和十四种晶格(89) 5.5 原子半径和离子半径(91) 5.6 面心立方晶格(92) 5.7 体心立方晶格氯化铯 CsCl 晶格(93) 5.8 离子型晶体的离子半径比定则(93) 5.9 紧密堆积结构(94) 5.10 晶体的类型(95) 5.11 金属键和金属晶体(96) 5.12 金属的原子半径(97) 5.13 四种类型晶体性质的对比(98) 5.14 晶体中的缺陷(98)

复习问题和作业(99)

第六章 液体和状态变化.....(101)

6.1 液体的一般性质(101) 6.2 蒸发热和焓(103) 6.3 蒸气压(104) 6.4 液体的沸点(107) 6.5 液体的凝固点(108) 6.6 状态变化: 加热曲线和冷却曲线(109) 6.7 状态变化和混乱度, 熵的概念(111)

复习问题和作业(112)

第七章 水、溶液和胶体.....(114)

§1 水(114) 7.1 水的性质(114) 7.2 水在自然界中的作用(117) 7.3 水的污染问题(118) 7.4 水的净化(119)

§2 溶液(122) 7.5 关于溶液的一般概念(122) 7.6 溶液浓度的表示方法和互相换算(123)

§3 溶解度(128) 7.7 为什么物质能够溶解(128) 7.8 固体在水中的溶解度(131) 7.9 气体在水中的溶解度(133)

§4 稀溶液的通性(133) 7.10 蒸气压下降(133) 7.11 沸点的上升(135) 7.12 凝固点下降(136) 7.13 渗透压(137)

§5 胶体(139) 7.14 分散体系(139) 7.15 溶胶(139) 7.16 高分子溶液(141) 7.17 溶胶的稳定性和聚沉(141) 7.18 高分子溶液对溶胶的保护作用和敏化作用(142)

复习问题和作业(142)

第八章 电解质溶液.....(145)

8.1 电解质溶液的依数性(145) 8.2 电解质溶液的电导和当量电导(146) 8.3 阿累尼乌斯电离理论(147) 8.4 强电解质和弱电解质(150) 8.5 强电解质的活度和活度系数(152) 8.6 强电解质溶液理论(155)

复习问题和作业(157)

第九章 热化学和化学热力学.....(159)

§1 热力学第一定律和热化学(159) 9.1 热力学中的一些常用术语(159) 9.2 热力学第一定律(160) 9.3 体积不变(恒容)情况下的化学反应热(162) 9.4 恒压条件下的化学反应热(164) 9.5 盖斯定律(166) 9.6 生成热(167) 9.7 标准状态(168) 9.8 燃烧热(169)

§2 键能、晶格能和电负性(170) 9.9 化学键的键能(170) 9.10 晶格焓(173) 9.11 电负性(174)

§3 化学反应的自发性(175) 9.12 最低能量和最大混乱度的概念(175) 9.13 自由能的概念, 热力学第二定律(176) 9.14 绝对熵和标准自由能, 热力学第三定律(178) 9.15 温度对自由能变化的影响(181) 9.16 简短的结语(182) 9.17 热力学原理的应用(183)

复习问题和作业(186)

第十章 化学动力学.....(189)

10.1 分子碰撞和反应速度(189) 10.2 温度和反应速度, 活化能(190) 10.3 催化剂(192) 10.4 多相反应(196) 10.5 浓度和反应速度(196) 10.6 反应的级数(199) 10.7 速度方程式和温度(200) 10.8 反应机理和速度方程式, 光化学(202)

复习问题和作业(205)

第十一章 化学平衡.....(208)

11.1 可逆反应和化学平衡(208) 11.2 自由能和化学平衡, 化学平衡常数(209) 11.3 平衡常数的物理意义

(212) 11.4 K_p 和 K_c 的关系 (214) 11.5 书写化学平衡表示式应注意的事项 (215) 11.6 化学平衡的移动, 吕·查德里原理 (218) 11.7 关于合成氨过程中化学平衡的讨论 (225)

复习问题和作业 (228)

第十二章 酸、碱和酸碱平衡 (231)

§1 经典的酸碱概念 (231) 12.1 水的电离和 pH 标度 (231) 12.2 一元弱酸和一元弱碱的电离平衡 (235) 12.3 电离度 (240) 12.4 同离子效应 (241) 12.5 多元弱酸的电离平衡 (243) 12.6 水解反应 (245)

§2 酸碱概念的新发展 (251) 12.7 布朗斯特酸碱概念 (251) 12.8 路易斯的酸碱概念 (254)

复习问题和作业 (255)

第十三章 沉淀反应 (257)

§1 难溶电解质的溶度积 (257) 13.1 溶度积常数 (257) 13.2 同离子效应 (261) 13.3 沉淀的生成 (261) 13.4 沉淀的溶解 (263) 13.5 分步沉淀 (265)

§2 沉淀反应的某些应用 (266) 13.6 利用沉淀反应除去溶液中的 Fe^{3+} 离子 (266) 13.7 利用沉淀反应除去 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 离子等杂质 (269)

复习问题和作业 (269)

第十四章 氧化还原反应和电化学 (271)

§1 氧化还原反应的基本概念 (271) 14.1 氧化剂和还原剂 (271) 14.2 氧化还原当量 (271)

§2 氧化还原反应的配平 (272) 14.3 氧化数法 (272) 14.4 离子-电子法 (274)

§3 氧化还原反应和电化学 (275) 14.5 电化学 (275) 14.6 原电池 (276) 14.7 电极电势 (277) 14.8 电池的电动势和化学反应自由能之间的关系 (281) 14.9 原电池的热力学平衡常数 (282) 14.10 影响电池电动势的因素 (283)

§4 电极电势和原电池的应用 (284) 14.11 判断氧化还原反应进行的方向 (284) 14.12 判断氧化还原反应进行的程度 (287) 14.13 选择氧化剂和还原剂 (288) 14.14 元素标准电极电势图及其应用 (289) 14.15 利用原电池测定溶度积常数 (292) 14.16 利用原电池测定溶液的 pH 值 (293)

§5 电解和化学电源 (293) 14.17 电解 (293) 14.18 化学电源 (296)

复习问题和作业 (297)

第十五章 原子电子层结构和周期系 (300)

§1 关于原子电子层结构的进一步讨论 (300) 15.1 电子的二重性——粒子和波 (300) 15.2 海森堡测不准原理 (300) 15.3 薛定格波动方程式和它的解 (301) 15.4 径向函数和角度函数 (303) 15.5 泡利不相容原理 (305) 15.6 屏蔽和穿透 (306) 15.7 电中性原子中原子轨道能量的变迁 (308)

§2 轨道电子充填和元素周期系 (309) 15.8 元素的周期律、周期系和周期表 (309) 15.9 周期系中各元素的电子层结构 (312) 15.10 原子电子层结构和元素周期律的关系 (313)

复习问题和作业 (318)

第十六章 分子轨道理论和分子的结构 (320)

§1 分子轨道理论 (320) 16.1 分子轨道理论的基本论点 (320) 16.2 $s-s$ 原子轨道的线性组合 (321) 16.3 $s-p$ 重叠 (322) 16.4 $p-p$ 重叠 (323) 16.5 原子轨道的 $p-d$ 组合 (324) 16.6 原子轨道的 $d-d$ 组合 (324) 16.7 原子轨道的非键组合 (324) 16.8 原子轨道线性组合的一些规则 (324) 16.9 分子轨道法处理的实例, 同核双原子分子的分子轨道能级图 (326) 16.10 异核双原子分子的分子轨道能级图 (327) 16.11 形成分子时的能量变化 (328) 16.12 键级 (330) 16.13 分子轨道理论在金属键理论中的应用——能带理论 (330)

§2 轨道杂化理论 (333) 16.14 甲烷分子的结构 (333) 16.15 三氟化硼 BF_3 的分子结构 (334) 16.16 二氯化铍 BeCl_2 气态分子的结构 (335) 16.17 轨道杂化理论的基本论点 (335) 16.18 π 键 (337) 16.19 不定域 π 键 (大 π 键) (338) 16.20 等电子系列 (339) 16.21 各类型 sp 杂化的可能路易斯结构式 (341) 16.22 包括 d 轨道的杂化结构

(341) 16.23 包括 d 轨道杂化结构的等电子体 (343)

§ 3 电子对互斥理论 (344) 16.24 电子对互斥理论的基本论点 (344) 16.25 多于 2 对电子 (或多于 2 组电子对) 的分子结构 (345) 16.26 用电子对互斥理论判断共价分子结构的一般规则 (348) 16.27 判断分子结构的实例—— ClF_3 的分子结构 (349) 16.28 简短的结论 (350)

§ 4 共价分子的外形 (351) 16.29 范德华半径和分子的外形 (351)

复习问题和作业 (352)

目 录

第十七章 s 组元素——氢、碱金属和碱土金属元素.....(355)

- § 1 氢(355) 17.1 氢原子和单质(355) 17.2 氢原子的成键特征(356) 17.3 发生氢气的方法(356)
17.4 氢的化合物(357) 17.5 离子型氢化物和复合氢化物(358) 17.6 氢能源和过渡金属氢化物(359)
§ 2 碱金属和碱土金属元素通论(362) 17.7 碱金属和碱土金属元素的氧化态表现(362) 17.8 第 IA
族和 IIA 族元素的原子半径和离子半径(362) 17.9 第 IA 族和 IIA 族元素形成化合物时的成键特征(363) 17.10
碱金属和碱土金属单质的物理性质和化学性质(363) 17.11 碱金属和碱土金属元素的氧化物(364) 17.12
碱金属和碱土金属元素的氢氧化物(366) 17.13 苛性碱的化学作用(367) 17.14 碱金属和碱土金属的盐和
它们在水中的溶解度(369) 17.15 碱金属元素卤化物的晶格焓(370) 17.16 碱金属元素卤化物的生成热(371)
17.17 碱金属和碱土金属的一般制备方法(374)

复习问题和作业(375)

第十八章 非金属元素的通性.....(377)

- 18.1 非金属元素的氧化态表现(377) 18.2 非金属元素的原子半径和离子半径(378) 18.3 含氧酸和
碱的电离(380) 18.4 非金属元素的电离势、电子亲合势和电负性(382) 18.5 非金属元素在形成化合物时的
成键特征(383) 18.6 非金属元素的存在状况和单质的物理性质(384) 18.7 非金属单质的结构(385) 18.8
非金属单质的一般制备方法(387) 18.9 非金属元素的氢化物(389)

复习问题和作业(391)

第十九章 非金属元素分论(一) 稀有气体和卤族元素.....(392)

- § 1 稀有气体(392) 19.1 稀有气体的发现史(392) 19.2 稀有气体在自然界中的分布(392) 19.3 从
空气中分离稀有气体的方法(393) 19.4 稀有气体的原子结构和性质(393) 19.5 稀有气体的用途(393)
19.6 稀有气体的化合物(394) 19.7 在水溶液中 Xe 系统的标准氧化还原电势(395) 19.8 稀有气体化合物
的价键结构(396) 19.9 稀有气体化合物的实际应用(397) 19.10 大气的组成和大气污染问题(397)

复习问题和作业(400)

- § 2 卤族元素(400) 19.11 卤族元素的成键特征(400) 19.12 卤素在自然界中的分布(401) 19.13 单
质的制备和用途(401) 19.14 卤素单质的物理性质(402) 19.15 卤素单质的化学性质(403) 19.16 卤化氢
和氢卤酸(404) 19.17 卤化物(408) 19.18 卤族元素的含氧化合物(410) 19.19* 卤素互化物(419)
19.20* 多卤化物和多卤离子(419) 19.21* 卤素在化合物中的价键结构(420) 19.22 卤族元素的分析化学
性质(420)

复习问题和作业(421)

第二十章 非金属元素分论(二) 氧和硫.....(422)

- § 1 氧和氧化物(422) 20.1 氧原子和单质分子的结构(422) 20.2 氧在形成化合物时的价键特征(423)
20.3 氧在自然界中的分布和性质(425) 20.4 氧化物(427) 20.5 过氧化氢和过氧化物(429) 20.6 氧系统
的氧化还原电势图(432)

- § 2 硫和它的化合物(433) 20.7 单质硫的分子结构(433) 20.8 硫在形成化合物时的成键特征和价键
结构(434) 20.9 单质硫的制取、性质和用途(435) 20.10 硫化氢和硫化物(436) 20.11 硫的含氧化合物
(440) 20.12 硫的其他含氧酸(445) 20.13 硫、硫化物、硫含氧酸及其盐系统的氧化还原电势图(448)

* 加星号的,系小字教材。

20.14 硫的卤化物(448) 20.15 硒和碲(449)

复习问题和作业(450)

第二十一章 非金属元素分论(三)氮和磷.....(452)

§1 氮和它的化合物(452) 21.1 氮的成键特征和价键结构(452) 21.2 氮在自然界中的分布和单质氮(453) 21.3 氨(455) 21.4 氮肥料(459) 21.5* 氮化物(461) 21.6 氮的含氧化合物(462) 21.7 氮在化合物溶液系统中的氧化还原电势图(466) 21.8 氮的卤化物(467)

§2 磷和它的化合物(467) 21.9 磷原子在形成化合物时的成键特征和价键结构(467) 21.10 磷在自然界的分布和单质磷(468) 21.11 磷的含氧化合物(470) 21.12 磷的硫化物(477) 21.13 磷化氢(477) 21.14 磷化物(478) 21.15 磷的卤化物(478)

复习问题和作业(480)

第二十二章 非金属元素分论(四)碳、硅和硼.....(482)

§1 碳和它的一些化合物(482) 22.1 碳单质和它们的结构(482) 22.2 碳在形成化合物时的成键特征和价键结构(483) 22.3 二氧化碳和碳酸盐(483) 22.4 一氧化碳(487) 22.5 四氯化碳和二硫化碳(488) 22.6 氰化物和硫氰化物(489) 22.7 碳化物(489)

§2 硅和它的化合物(490) 22.8 硅在自然界中的存在形式(490) 22.9 硅在形成化合物时的成键特征和价键结构(491) 22.10 单质硅(491) 22.11 二氧化硅(492) 22.12 硅酸、胶态二氧化硅和二氧化硅凝胶(492) 22.13 硅酸盐(493) 22.14 四卤化硅(494) 22.15 氟硅酸钠(495) 22.16 分子筛(495)

§3 硼和它的化合物(495) 22.17 硼的原子特征(495) 22.18 乙硼烷的结构(496) 22.19 三中心键(497) 22.20 单质硼和它们的结构(498) 22.21 硼在形成化合物时的成键特征(499) 22.22 简短的结论(508)

复习问题和作业(508)

第二十三章 铝 配位化合物的初步概念.....(510)

§1 铝(510) 23.1 铝原子的电子层结构和化学特征(510) 23.2 金属铝(510) 23.3 氧化铝和氢氧化铝(511) 23.4 铝盐(511) 23.5 铝的卤化物(511) 23.6 金属铝的冶炼原理(512) 23.7 对角关系(铝和铍的类似性)(512)

复习问题和作业(513)

§2 配位化合物化学的初步概念(514) 23.8 配位化合物的形成(514) 23.9 配位化合物各组成部分的名称(515) 23.10 配位化合物的命名法(515) 23.11 配位化合物价键力的本性(516) 23.12 配位化合物的结构体系(519) 23.13 内络盐(519) 23.14 配位化合物在溶液中的离解平衡(521)

复习问题和作业(523)

第二十四章 低熔合金元素通论(锌族、镓族、锗族和砷族元素).....(524)

24.1 原子的电子层结构(524) 24.2 形成化合物时的氧化态表现(524) 24.3 单质的一些物理性质和化学性质(525) 24.4 重要化合物的一般性质(527) 24.5 化合物的颜色和键的共价性(529) 24.6 本区域元素不同氧化态之间的氧化还原性(530) 24.7 本区域金属的冶炼(534) 24.8 本区域元素的环境化学(537)

复习问题和作业(539)

第二十五章 过渡元素.....(542)

§1 过渡元素的通性(542) 25.1 过渡元素的电离能(542) 25.2 过渡元素的氧化态表现(543) 25.3 过渡元素的原子半径和单质的物理性质(545) 25.4 过渡金属的化学性质(546) 25.5 过渡元素形成化合物时的价键特征(547) 25.6 过渡元素在各氧化态化合物中的离子半径(547) 25.7 过渡元素化合物的一般性质(548) 25.8 过渡金属和化合物的磁性(549) 25.9 过渡金属的一般制备方法(551)

§2 过渡元素的氧化还原性(552) 25.10 钛族元素(552) 25.11 钒族元素(553) 25.12 铬族元素(554)

25.13 锰(556) 25.14 铁系元素(558) 25.15 铂系元素(560) 25.16 铜族元素(561)

复习问题和作业(565)

第二十六章 过渡元素的配位化学.....(567)

26.1 关于配位体(567) 26.2 配位化合物的异构现象(570) 26.3 过渡元素配位化合物中的化学键本性——电子配对法(574) 26.4 晶体势场理论(577) 26.5 过渡元素配位化合物的分子轨道理论(582) 26.6 配位化学的应用(583)

复习问题和作业(584)

第二十七章 镧系元素和锕系元素.....(586)

§1 镧系元素的通性(586) 27.1 价电子层结构(586) 27.2 氧化态表现(588) 27.3 原子半径和离子半径(589) 27.4 离子的颜色(590) 27.5 标准电极电势(591)

§2 镧系元素的重要化合物(592) 27.6 三价化合物(592) 27.7 四价化合物(594) 27.8 络合物(595)

§3 稀土元素氯化物的热力学(595) 27.9 稀土元素氯化物的标准水合焓(595) 27.10 水合稀土元素氯化物的标准生成焓(597) 27.11 无水稀土元素氯化物的晶格能(597)

§4 锕系元素的通性(599)

§5 钍和铀的化合物(601) 27.12 钍的重要化合物(601) 27.13 铀的重要化合物(601)

复习问题和作业(602)

第二十八章 化学元素的周期性.....(603)

§1 单质(603) 28.1 周期系中元素单质的存在状况(603) 28.2 单质的物理性质(604)

§2 元素的化学性质和化合物性质的周期性(607) 28.3 元素的氧化态表现(607) 28.4 元素的第一电离势和元素的金属性(608) 28.5 离子半径和氧化物水合物的酸碱性(609) 28.6 元素的电负性和化合物的键型(611) 28.7 含氧酸盐(611) 28.8 卤化物(614) 28.9 生成配位化合物的倾向(614) 28.10 简短的结论(618)

复习问题和作业(618)

第二十九章 化学元素周期系的新发展.....(619)

§1 天然放射性和人工放射性(619) 29.1 质量亏损和原子核的结合能(619) 29.2 天然放射性(620) 29.3 天然放射系(621) 29.4 人工放射性(622) 29.5 人造高能粒子(622) 29.6 原子核的裂变和聚变——原子能(624)

§2 化学元素的人工合成(626) 29.7 钨、铀、钍和钷的人工合成(626) 29.8 铀后元素的合成(627) 29.9 超重元素的合成(629)

§3 从马克思主义的认识论看周期系理论的发展(630) 29.10 周期系理论的几个重要发展过程(630) 29.11 锕系理论的提出和最后证实(632) 29.12 元素周期系的远景(633)

第三十章 附录.....(636)

附录一 无机化学实验中可能遇到的有毒物质(636) 附录二 换算因数(637) 附录三 元素的电离能(638) 附录四 分子的电离能和电子亲合势(640) 附录五 热力学数据表(641) 附录六 分子的偶极矩和键长(气相)(652) 附录七 化学式为 AB_n 型的分子和离子的平均键能和键长(653) 附录八 多原子分子的平均键能和键长(655) 附录九 常用理化数据(656) 1. 一些盐溶液的比重(656) 2. 一些盐的溶解度(656) 3. 硫酸溶液的比重(657) 4. 硝酸溶液的比重(657) 5. 盐酸溶液的比重(658) 6. 氨水的比重(658) 7. 苛性钾和苛性钠溶液在 15°C 时的比重(658) 8. 17.5°C 时比重和波美度对照表(适用于比水重的液体)(659) 9. 17.5°C 时比重和波美度对照表(适用于比水轻的液体)(659) 10. 凝固点降低常数(659) 11. 沸点升高常数(659) 12. 弱酸的电离常数(660) 13. 弱碱的电离常数(690) 14. 难溶化合物的溶度积(661) 15. 络离子的不稳定常数(662) 16. 化学元素的相对丰度(662) 17. 标准电极电势(25°C)(663) 18. 四位对数表(671)

第一章 化学的基本概念

§1 引言

1.1 化学的研究对象和目的 化学是一门自然科学,它同其他的自然科学如数学、物理学、生物学一样,有自己的研究对象。化学的主要研究对象是物质的化学变化,研究的目的在于通过实验观察来认识物质的化学变化规律,并将这些规律应用于化学工业生产,从价廉而丰饶的天然资源中提取有用的物质和制备各种人工合成产品。由于物质的化学性质(能够进行这种或那种化学变化的本能)决定于物质的内部组成和结构,为了更深入和更广泛地掌握化学变化规律,化学也要研究物质的组成、结构、性质和它们之间的内在联系。

一切化学上的纯物质可以分成两大类,即单质和化合物。这些物质都是由化学元素组成的。化合物可以用化学方法分解成一定数目的单质,但从单质不能用化学方法再分解出更简单的物质。因而化学中认为化合物是由两种或两种以上的元素组成的,而单质则是由单一的元素组成的。例如氧化汞 HgO 可以被分解成氧气和金属汞。氧化汞是化合物,它是由元素氧和元素汞所组成的。元素虽然是客观存在的物质,但在常况下它们大多数不能独立出现,它们的具体存在形式是单质或化合物^①。直到目前,已经知道有 106 种化学元素,它们构成了一个自然体系——元素的周期系。这些元素的各种具体存在形式和它们的变化行为便成为化学研究的具体对象。

在自然界中,到处都存在物质的化学变化,但是能自发进行的化学变化,不是进行得很慢,便是进行得很快,往往不易观察和难于加以利用。另一方面,人们在常年累月的生产活动中也积累了更多的直接化学知识,扩大了物质化学变化的范围,生产发展的需要也要求总结和提高人们对这些化学变化的认识。为了细致地观察和研究各种化学变化,人们便在实验室或中间试验车间中创造一些必要的条件,例如通过高温、低温、高压、低压、光照、通气、通电、研磨、搅拌等技术,使物质的化学变化在人工控制下以一定的可观察速度平稳进行,必要时尚可以加以重复。选择进行化学反应的最好的条件,使我们能从这种工作中总结和归纳出各种化学变化的规律性。这种工作便是化学科学实验。不断地进行化学科学实验,是人们获得正确的化学知识的重要基础。我们进行化学科学实验不仅仅是为了认识规律,更重要的在于运用这些规律,去实现某些物质的分析、分解、合成或转化,为工业生产做出小型示范,或解决经济建设或国防建设中的具体化学问题。化学科学应该是国家经济建设的重要支柱之一。

1.2 化学的发展过程 “科学的发生及发展进程归根到底是由生产所决定的。”^②根据现在已有的资料,化学科学起源于几个古代科学文化发达的国家:中国、埃及、印度、美索不达米亚。在这些国家里,早在公元以前就发展了金属冶炼、陶瓷、染色等技术。

① 在常况下可以认为只有稀有气体是独立存在的元素,因为它们都是由单原子分子组成的。它们既是单质,又是元素。

② 恩格斯,自然辩证法,人民出版社(1957年),第4—5页。

在我国古代,方士们(炼金家、炼丹家)很早就掌握了炼金术。公元8世纪末,我国炼金术通过与海外通商而传到波斯,再传入欧洲,成为近代化学的前驱。

炼丹和炼金术是封建社会时期的化学的特色,当时人们对于化学合成的知识是极其有限的,那时的化学活动主要是用各种手段来分解复杂的天然物质,借以获得简单物质,如各种金属和非金属等。在这些活动中,我国炼丹家建立了蒸馏、升华、热分解、置换等实验技术和仪器装置,为古代化学的发展作出了很大的贡献。

在理论方面,我国在春秋战国时期学术文化有很大发展,哲学思想在这时也开始萌芽。在这一时期中,我国的哲学家对于宇宙构成的问题,曾有很多探讨,最显著的是后来成为炼丹术理论基础的阴阳五行学说。这种宇宙观起源于道家,其后又有阴阳家一支派。所谓五行就是金、木、水、火、土。按这一学说,宇宙间的一切东西都是由这五种元素组成的。阴阳家则提出阴阳两个力的要素来说明五行如何组成万物。这两种要素一方面对立,一方面相辅相成,统一地存在于万物内部,从而把不同成分的五行彼此结合起来。阴阳既对立又辅成的主张,是我国古代哲学家的一种重要贡献。这一主张在原则上同近代物质结构理论的阴电和阳电既对立又统一的观点颇为类似。而五行说和古希腊的四元素说一样,都指出万物是由少数基本元素组成的,这也有些类似于近代的结论。不过由于阴阳五行的观点纯属主观臆断,没有任何科学根据,因而它们对于化学的发展并没有起到推动作用。

由于我国封建社会的漫长,生产力受到阻滞,加之后来炼丹家的工作又仅限于为封建统治阶级服务,脱离生产实践,并且趋向于神秘化,因而炼丹家的工作得不到发展。有些实用化学技术,由于同生产实践和人民生活需要发生联系,在我国得到了辉煌的成就。例如,汉代的造纸术、隋唐时代发明的火药、汉唐以来的陶瓷等等,都是我国劳动人民在世界科学技术史上的巨大贡献。至于金属的冶炼,我国在很早就已在这方面获得了发展,例如,我国不仅很早就会冶炼铜、金、银、铅、锡、铁、钢等重要金属,而且也是懂得汞、镍、锌、铋等金属的最早的国家。

炼金术传入欧洲之后,最初也是被神秘荒诞的学说所统治,到了16世纪初,才发生了根本的改变。这主要是由于生产力的发展突破了封建制度的狭窄领域,使欧洲许多国家的社会结构发生了变化,并走向资本主义社会。发展生产和促进贸易的倾向急剧增长,要求突破保守思想,打破化学中的神秘观点,从而对化学提出了生活上和生产上非常迫切的要求。

这样,炼金术就首先向有实用意义的医药化学方面发展,即逐渐向复杂物质的合成方面发展,从而使化学本身在实践过程中获得了发展的推动力。

到了17世纪,中欧、西欧各国的生产开始扩大,冶金工业有了很大发展。这时因生产上的需要,使化学家的注意力主要注视在燃烧反应方面,出现了一个化学学说,这就是化学史上有名的“燃素学说”。

这个学说认为,一切能燃烧的物质里都含有一种特殊的叫做燃素的物质。物质燃烧时,本身所含的燃素便逃逸出去。因此燃烧的本质便是失去燃素。不含燃素的物质(如矿石)若遇到含燃素的物质(如木炭)便可以得到能燃烧的物质(如金属)。当时,在化学中普遍地应用了这个学说,并且在某种程度上几乎统一地说明了那时所积累的全部化学实验材料,将当时的化学知识系统

化了。在这个时代,人们已发现了许多气体,同时对金属氧化物、盐类也有了更多的知识。这样,不能用燃素学说所解释的现象和事实便越来越多了。在18世纪初,化学正面临着大发展的前夕,简单而又荒诞的燃素学说不但不能符合新发展的需要,反而成为化学科学进一步发展的绊脚石。

燃素学说的基本矛盾是:人们从来没有在实验室中将燃素分离出来而加以研究过。此外,所有燃烧过的金属总是比燃烧前重些,失去燃素反而使重量增加,这就不能不引起人们对它的怀疑。统治了化学近100年之久的燃素学说,在资本主义上升时期生产力发展推动之下,以及在这个时期中的若干重要化学发现的面前,终于彻底被摧毁。

18世纪中叶建立了质量守恒定律,这给化学反应的定量研究奠定了科学基础。化学的定量研究方法、质量守恒定律和当时氧的发现,都证明了燃烧不是失去燃素的分解反应,而恰恰相反,是燃烧的物质同空气中的氧所起的化合反应,这样就从根本上推翻了燃素学说,而开始建立了近代的化学体系。

19世纪是化学近代基本理论奠基的时期。随着化学研究工作的发展,1804年出现了原子学说,经补充分子学说后,在1840年发展成为原子分子学说。1869年建立了元素的周期律和周期系。以上这几项重要工作,都是化学发展史上的里程碑。20世纪化学科学的发展,将在本书中有所介绍,故本节从略。

1.3 化学的分支 由于化学研究工作向多方面发展,其内容越来越丰硕,因此有必要将化学这门科学划分成几个部分。到19世纪末20世纪初,化学已经显然被分成如下几门学科:

无机化学——以元素周期系和物质结构理论为基础来研究一切元素及其化合物(除了碳氢化合物及其衍生物)的学科;

分析化学——研究物质化学组成的鉴定、测定方法、测定步骤以及有关原理的学科;

有机化学——研究碳的化合物(碳氢化合物及其衍生物)的学科;

物理化学——应用物理学测量方法和数学处理方法研究物质及其反应,以寻求化学现象与物理现象间本质联系的普遍规律的学科。

由于不同学科领域的互相渗透,加以化学知识在各方面的广泛应用,又分出许多门类的交界科学和应用科学,例如生物化学、地球化学、农业化学、工业化学、环境化学等。

到了20世纪上半叶,化学受到物理学新成就的影响,获得了更多的发展。近代化学结构理论的建立大大地丰富了化学理论,并促进了化学科学中各个领域向前发展。放射化学和高分子化学的建立与发展,则是化学科学在本世纪后半叶的特点。

1.4 化学发展的趋势 随着各门自然科学的发展,化学和其它科学领域之间的联系变得日益密切,化学同物理学、数学、生物学、地质学之间不断发生互相渗透,而且这种互相渗透正在有增无已。这种互相渗透对于各门科学的发展,起了一定的加速作用。

随着化学所包括的学科越来越多地积累了新资料和新内容,化学科学的划分也日趋精细,以致成为门类繁多的一门复杂科学了。例如无机化学已在其进一步发展过程中被划分为普通元素化学、稀有元素化学、络合物化学、无机合成化学、物理化学分析、同位素化学等等。而这种细分

过程正在不停地进行,例如近年来金属化学、无机高分子化学等新兴学科已逐渐成为无机化学领域中的独立分支了。化学科学的精细划分表明,化学所研究的物质变化形式的种类正在日益增多,可以期望,在化学的今后的发展中,一些新的、现代科学尚不知道的领域将会出现在化学研究的对象之中。

化学发展的明显趋势之一是化学同工业生产之间的关系越来越密切。在我国社会主义条件下,有可能保证在化学上的每一个发现、发明、创造,可以较快地在生产实践中找到应用。而生产的进一步发展又必然对化学提出更多的要求。

在当前,“党的十一大和五届人大一次会议都提出了在本世纪末实现农业、工业、国防和科学技术现代化的奋斗目标,党的十一届三中全会和五届人大二次会议已经决定从今年(1979)起把全党全国的工作重点转移到社会主义现代化建设上来。现在我们的任务,就是团结全国各族人民,调动一切积极因素,同心同德,鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设现代化的社会主义强国。”^①在这种大好形势下,我们将看到化学科学在实现四个现代化进程中的重要性,因为化学是一门涉及到人们生活各个领域的极具有广泛性的学科,是实现四个现代化的关键性学科之一。我们化学工作者应该以实际行动投入这场战斗,在支农、能源、新材料、新技术、新理论等方面做出我们的积极贡献,并在此同时为促进化学学科在我国的迅速发展而共同努力奋斗!

1.5 无机化学课程的任务 无机化学课程对化学系来说,是本系化学课程的第一门基础课,它的任务是通过讲授、讨论、实验和其他方法,使学生能在周期律、物质结构、化学热力学、化学反应平衡及氧化还原等原理的基础上,理解并掌握重要元素及其化合物的特性、典型反应等基本知识,同时对基本实验操作和科学思维能力获得应有的训练和培养。

通过本门课程的学习,还应该逐渐培养学生独立工作能力和适当地训练学生阅读参考书。

学生在学习无机化学课程时,应当是已经完全掌握了中学化学教学大纲中所规定的材料,所以学生在学习本课程中每一课题之前,适当复习一下中学化学知识也是有一定必要的。

§ 2 化学的基本定律

1.6 质量守恒定律 在18世纪下半叶,欧洲已开始进入资本主义上升时期,生产的迅速发展也推动了科学实验的进展,在化学实验室里开始有了比较精密的天平作为实验工具,使化学的研究工作发生了质的改变,即从对物质的简单定性研究进入到精密的定量研究。通过大量实验事实的积累,罗蒙诺索夫(1756年)和拉瓦锡(1774年)先后总结出第一个关于化学反应的重量定律,即质量守恒定律:参加化学反应的全部物质的质量,等于反应后全部产物的质量。这个定律已为大家所熟悉,不必再详细讨论。但应该知道,这个定律为化学分析奠定了基础,并且为精确地研究物质的组成提供了可能性。因而,在质量守恒定律提出后不久,化学反应中的其它定律也相继被建立起来。

^① 叶剑英同志:在庆祝中华人民共和国成立三十周年大会上的讲话。