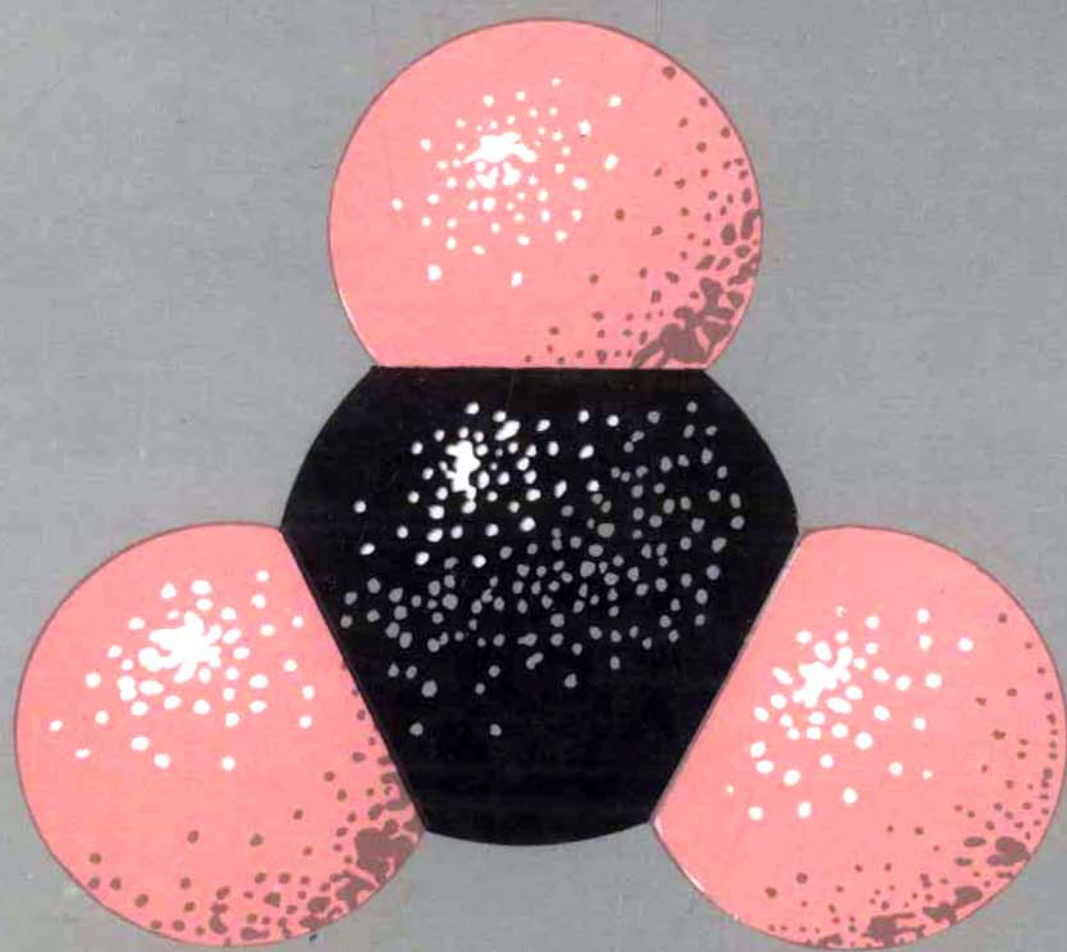


主 编 张金兴
副主编 吕 檀
杨敏丽

(中等专业学校适用教材)

无机化学

HEMISTRY



中国纺织出版社

无机化学

(中等专业学校适用教材)

主 编 张金兴

副主编 吕 檀 杨敏丽

中国纺织出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/张金兴主编. - 北京:中国纺织出版社,1997.2
ISBN 7-5064-1297-7/O · 0005

I. 无… II. 张… III. 无机化学-教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 01519 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街 4 号

邮政编码:100027 电话:010-64168226

纺织经济研究部常州印刷厂印刷 各地新华书店经销

1997 年 5 月第一版 1997 年 5 月第一次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:12.375

字数:324 千字 印数:1-7300

定价:15.50 元

前 言

本书是在中等专业学校近化工专业缺乏适用教材的情况下,由中国纺织出版社组织编写的化学系列教材之一。本书根据1996年1月轻纺中专学校教材编写会议制订的四年制近化工专业《无机化学教学大纲》,结合专业特点,由教学经验丰富的教师编写而成。

编写时,注意与现行初中化学教学内容和其它化学课程的衔接。力求做到淡化理论,加强应用。把杂化轨道理论、酸碱指示剂、影响电极电位的因素、内配合物等内容放到后续化学课程中讲授;适当加强电解质溶液的有关内容;削弱物质的制备、配合物中的化学键、电极电位的产生等方面的内容;适当改变按元素周期表全面叙述元素各论的传统体系,突出对常见元素及其重要化合物的讨论,避免与后续化学教材之间不必要的内容重复,规范常用术语的名称。全书采用国际单位制的基本单位及其导出单位,采用我国的法定计量单位。

本书由江苏省常州轻工业学校张金兴任主编,甘肃省轻纺学校吕檀和河北纺织工业学校杨敏丽任副主编。参加编写工作的有江苏省丝绸学校周瑾、北京市塑料学校王宜凡、江苏省南通纺织工业学校伍天荣、福建省侨兴轻工学校张林华、河南纺织高等专科学校刘建斌、江西省纺织工业学校罗来理、新疆纺织工业学校柯盛中和葛振新、江苏省宜兴轻工业学校程家荣。

江苏省南通纺织工业学校吴志新高级讲师担任本书的主审,对全稿进行详细审阅,提出指导性的审稿意见,在此表示衷心感谢。

本书有些内容用 * 号标明,可供教师作取舍时参考。

由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,诚恳欢迎各校教师和读者批评指正。

中专近化工专业化学系列教材

《无机化学》编写组

1996 年 8 月

目 录

绪论	(1)
第一章 化学基本量和化学计算	(4)
第一节 物质的量及其单位	(4)
第二节 气体摩尔体积	(8)
第三节 溶液的浓度	(11)
第四节 根据化学方程式的计算	(15)
* 第五节 热化学方程式	(19)
习题	(20)
第二章 原子结构	(22)
第一节 原子的组成	(22)
第二节 核外电子的运动状态	(24)
第三节 原子核外电子的排布	(30)
习题	(36)
第三章 碱金属和碱土金属	(37)
第一节 碱金属	(37)
第二节 碱土金属	(42)
第三节 碱金属和碱土金属的比较	(47)
第四节 硬水及其软化	(50)
习题	(53)
第四章 卤素	(55)
第一节 氧化还原反应	(55)
第二节 氯	(62)
第三节 氯的重要化合物	(66)
第四节 溴、碘及其重要化合物	(70)
* 第五节 氟及其化合物	(75)

第六节 卤素及其化合物性质的比较	(77)
习题	(80)
第五章 元素周期律和元素周期表	(82)
第一节 元素周期律	(82)
第二节 元素周期表	(84)
第三节 原子结构和元素性质的递变规律	(88)
习题	(94)
第六章 分子结构	(97)
第一节 离子键	(98)
第二节 共价键	(103)
第三节 分子的极性	(114)
第四节 分子间的力和氢键	(117)
第五节 晶体的基本类型	(123)
习题	(127)
第七章 化学反应速度和化学平衡	(129)
第一节 化学反应速度	(129)
第二节 影响化学反应速度的因素	(131)
* 第三节 反应的活化能	(136)
第四节 化学平衡	(139)
第五节 化学平衡的移动	(145)
第六节 化学平衡的有关计算	(152)
第七节 化学反应速度和化学平衡在生产中的应用	(157)
习题	(158)
第八章 电解质溶液	(161)
第一节 强电解质和弱电解质	(161)
第二节 弱电解质的电离平衡	(163)
第三节 水的电离和溶液的 pH 值	(170)
第四节 离子反应	(174)
第五节 盐的水解	(176)

第六节	溶液 pH 值的计算	(184)
第七节	缓冲溶液	(189)
第八节	难溶电解质的沉淀与溶解平衡	(193)
习题		(204)
第九章	硼族元素	(208)
第一节	硼族元素的通性	(208)
第二节	硼及其重要化合物	(209)
第三节	铝及其重要化合物	(214)
习题		(219)
第十章	碳族元素	(221)
第一节	碳族元素的通性	(221)
第二节	碳及其重要化合物	(223)
第三节	硅及其重要化合物	(229)
第四节	锡、铅及其重要化合物	(232)
习题		(238)
第十一章	电化学基础	(240)
第一节	原电池	(240)
第二节	电极电位	(245)
第三节	电解	(252)
第四节	金属的腐蚀和防腐	(258)
* 第五节	化学电源	(264)
习题		(268)
第十二章	氮族元素	(270)
第一节	氮族元素的通性	(270)
第二节	氮	(272)
第三节	氨、铵盐	(273)
第四节	氮的氧化物	(277)
第五节	亚硝酸、亚硝酸盐	(279)
第六节	硝酸、硝酸盐	(280)

第七节	磷及其化合物	(284)
习题		(290)
第十三章	氧族元素	(292)
第一节	氧族元素的通性	(292)
第二节	氧、臭氧、过氧化氢	(293)
第三节	硫	(296)
第四节	硫化氢、氢硫酸盐	(297)
第五节	二氧化硫、亚硫酸及其盐	(300)
第六节	三氧化硫、硫酸、硫酸盐	(302)
第七节	硫的其它含氧酸及其盐	(306)
习题		(308)
第十四章	配位化合物	(310)
第一节	配位化合物的基本概念	(310)
第二节	配合物的稳定性	(316)
第三节	配合物形成时性质的变化及应用	(319)
习题		(321)
第十五章	过渡元素	(323)
第一节	过渡元素概述	(323)
第二节	铜及其重要化合物	(326)
第三节	银及其重要化合物	(332)
第四节	锌及其重要化合物	(335)
第五节	汞及其重要化合物	(338)
第六节	钛及其重要化合物	(342)
第七节	铬及其重要化合物	(344)
第八节	锰及其重要化合物	(350)
第九节	铁及其重要化合物	(353)
习题		(360)
附录一	国际单位制简介	(364)
附录二	碱、酸和盐的溶解性表(293K)	(366)

附录三	强酸、强碱、氨溶液的质量分数与密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)、 物质的量浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的关系	(367)
附录四	标准电极电位(298K)	(369)
附录五	配合物的稳定常数	(374)
附录六	常见难溶强电解质的溶度积常数, K_{sp} (298K) ...	(376)
附录七	电离常数	(378)
附录八	1~109 号元素原子的电子排布	(380)
附录九	元素周期表	(384)

绪 论

一、无机化学的研究对象

化学是自然科学的一个重要组成部分,是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。人们通常把自然界中的物质分为无机物和有机物两大类。因而,根据研究物质对象的不同,化学可分为无机化学和有机化学两个重要的分支学科。无机化学是专门研究一切元素单质和无机化合物的组成、结构、性质、变化规律及其应用的科学,它是中等专业学校近化工专业的一门重要的技术基础课程。

二、无机化学的地位和作用

无机化学在化学科学中处于基础的地位。它为整个科学发展不断提供新的有深入研究价值的现象和概念,其中一些迅速发展为新的研究领域和基础理论。掌握无机化学的基本原理对研究其它学科是必不可少的。

无机化学为发展社会生产力和保护人类健康的开发工作提供科学基础。无机化学的研究不断发现某些无机物的特殊功能,新材料的开发和应用就是以此为依据和起点的。无机超导材料、储能材料、信息材料、激光材料等等都是以无机化学的研究成果为基础的。某些无机元素是人体必不可少的组分,无机化学为探讨生命奥妙、维护人类健康和保护生态环境等实际问题提供了越来越广阔的空间。

无机化学对发展国民经济起着巨大的作用,为满足生活和生产中的多样化的需要提供服务。不论是化工、轻工、纺织、建筑、食品,还是农业生产都依赖于无机化学的发展和成就。生产工艺的改进、产品质量的提高、新产品的开发、工业废水的处理都离不开无

机化学。

三、无机化学课程的任务和学习方法

本课程的教学应使学生在中学化学知识的基础上,进一步学习并掌握无机化学的基本理论、基本计算和基本规律;较系统地学习并掌握常见的元素及其重要化合物的性质,了解它们的应用;掌握一些重要的无机化学实验的基本操作技能;培养辩证唯物主义的观点和初步的分析、解决化学实际问题的能力,为今后进一步学习和工作打下扎实的基础。

中等专业学校近化工专业的无机化学课是一门很重要的技术基础课程。其内容多,涉及的知识面广。因而,学好无机化学并不是轻而易举的事情。在学习中,应该根据无机化学课程的特点,找出学习规律,才能做到举一反三,触类旁通。

学习中,首先要明确学习要求,抓住重点。例如,学习元素及其化合物时,应以“性质”为重点,但也要了解其组成和结构。因为,物质的组成和结构决定了物质的性质,而性质决定该物质的存在形式,性质与其制法有密切的关系,性质也决定了该物质的用途。另外,有关元素及其化合物知识的讨论是按照元素周期表展开的,学习时应始终抓住元素周期表这一主线,充分运用无机化学的基本理论知识,根据该元素在周期表中的位置,与同周期或同族元素进行比较,注意它们的异同性。

无机化学的各种理论、定律和规则都是在实践的基础上总结出来的。学习时,要明确并理解理论的要点,学会用理论来解释某些化学问题。但也应注意到理论也有其局限性,是理论源于实践,而不是实践服从理论。理论需要通过大量的实践去验证并加以完善。

其次,要重视习题的练习。做习题是巩固知识的重要途径,也是发现学习中问题的有效方法。做习题还能培养独立思考、分析和解决问题的能力。解题最好在复习的基础上进行,以取得更好的效果。

再者,要重视实验。无机化学是一门以实验为基础的科学,许多课堂知识可以通过实验加以验证和巩固。实验也是掌握实验操作技能,培养良好的习惯和实事求是的科学态度,培养分析和解决化学实际问题能力的必不可少的环节。中等专业学校的学生尤其要重视实验课。

第一章 化学基本量和 化学计算

本章主要介绍物质的量的单位——摩尔、气体摩尔体积、物质的量浓度及它们在化学方程式中的有关计算,介绍热化学方程式的初步知识,为今后学习奠定必要的基础。

第一节 物质的量及其单位

我们知道,原子、分子和离子等粒子是物质进行化学反应的基本粒子。这些粒子是肉眼看不见的,它们的质量都非常小,也是难以称量的。从实际应用考虑,参加化学反应的粒子是按一定的数目比进行反应的,而且参加反应的这些粒子不是几个,而是大量粒子的集合体。众多粒子的集合体是可以称量的。为了计量这些粒子集体的数量或质量,给我们进行科学研究和计算带来方便,国际上引进一种可以把粒子与粒子集体联系起来的物理量,即“物质的量”。

“物质的量”是国际单位制 7 个基本物理量之一。在国际单位制中规定它的基本计量单位是“摩[尔]”,国际符号为“mol”,中文符号为“摩”。

一、摩尔的定义

“摩尔是一系统^①的物质的量,该系统中所含的基本单元数目

^① 我们研究一定种类和数量的物质时,可以把研究的对象称为一个系统(或体系)。

与 0.012 kg 碳—12^① (^{12}C) 的原子数目相等”。在使用摩尔时,应指明其基本单元,它可以是分子、原子、离子、电子及其它粒子或这些粒子的特定组合。

根据实验测定:0.012 kg 碳—12 中所含的碳原子数为 6.02×10^{23} 个。

由摩尔的定义可知:凡物质中所含的粒子数为 6.02×10^{23} 个时,该物质的量就是 1 mol。也就是说,1 mol 的任何物质都含有 6.02×10^{23} 个粒子。 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 称为阿伏加德罗常数,用符号 N_A 表示。若某物质所含粒子的数目(N)为 N_A 的若干倍时,该物质的量(n)就是若干摩尔,即:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

例如:

1 mol 氢原子含有 6.02×10^{23} 个氢原子;

1 mol 水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子;

2 mol 氢氧根离子含有 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氢氧根离子;

0.5 mol 电子含有 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个电子;

6.02×10^{23} 个硫酸分子为 1 mol 硫酸分子;

$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧分子为 2 mol 氧分子;

$0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个钠离子为 0.5 mol 钠离子。

应当注意:摩尔是物质的量的单位,而不是质量单位,SI 制中,物质的质量单位是 kg。此外,物质的量的单位是摩尔,而不是 N_A , N_A 不是基本单位。

二、摩尔质量

单位物质的量物质所具有的质量叫做摩尔质量,常用单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

^① 碳—12 是指原子核中有 6 个质子和 6 个中子的碳原子,是相对原子质量(旧称原子量)的标准。

因为 1 mol 碳—12 的质量即 6.02×10^{23} 个碳—12 的质量是 12 g, 所以碳—12 的摩尔质量是 $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。由此很容易推算出任何物质的摩尔质量。

例如, 根据元素的相对原子质量可知: 1 个碳原子和 1 个铝原子的质量比是 12 : 27, 1 mol 碳原子与 1 mol 铝原子具有相同数目的原子, 所以 1 mol 碳原子和 1 mol 铝原子的质量比也必定是 12 : 27。已知 1 mol 碳原子的质量是 12 g, 则 1 mol 铝原子的质量应为 27 g, 即铝原子的摩尔质量为 $27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

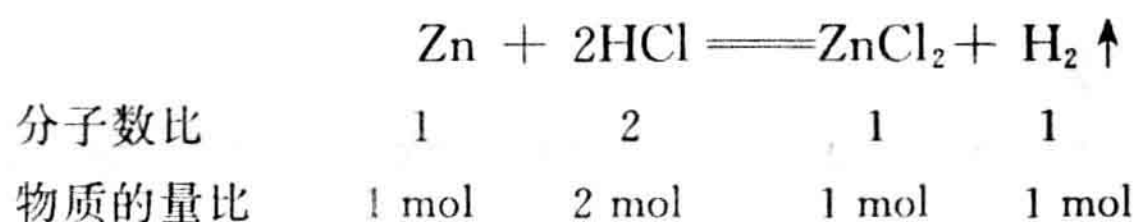
同理, 硫的相对原子质量为 32, 硫原子的摩尔质量为 $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

由此可以得出: 任何原子的摩尔质量, 在数值上等于该原子的相对原子质量。

用同样的方法可以推出: 任何物质的摩尔质量, 在数值上等于该物质的相对分子质量。

需要说明, 对离子来说, 由于电子的质量极其微小, 原子失去或得到的电子的质量可以忽略不计, 所以各离子的摩尔质量, 仍等于相应的原子或原子团的摩尔质量。例如, H^+ 的摩尔质量是 $1.008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; OH^- 的摩尔质量是 $17.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; Cl^- 的摩尔质量是 $35.45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; NH_4^+ 的摩尔质量是 $18.05 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

用摩尔作物质的量的单位, 在研究化学反应中各物质间量的关系时非常方便。因为化学方程式中各物质的分子数之比就是它们的物质的量之比。例如:



三、有关物质的量的计算

物质的质量(m)、物质的摩尔质量(M)和物质的量(n)之间的

关系可表示为:

$$n = \frac{m}{M}$$

[例题 1] 90 g 水的物质的量是多少摩? 它含有多少个水分子?

解: H_2O 的摩尔质量是 $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$(1) n = \frac{m}{M} = \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

(2) 含水分子的个数为:

$$N = n \cdot N_A = 5 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3.01 \times 10^{24}$$

答: 90 g 水的物质的量是 5 mol, 它含有 3.01×10^{24} 个水分子。

[例题 2] 1.5 mol 的 Na_2CO_3 的质量是多少克?

解: Na_2CO_3 的摩尔质量是 $106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$m = n \cdot M = 1.5 \text{ mol} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 159 \text{ g}$$

答: 1.5 mol 的 Na_2CO_3 的质量是 159 g。

[例题 3] 已知 1.5 mol 的某物质的质量是 42 g, 求该物质的相对分子质量。

解: 物质的摩尔质量, 在数值上等于该物质的相对分子质量。

$$M = \frac{m}{n} = \frac{42 \text{ g}}{1.5 \text{ mol}} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

答: 该物质的相对分子质量是 28。

[例题 4] 多少克铁与 3 g 碳所含的原子个数相同?

解: 铁和碳的摩尔质量分别为 $56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当两种物质的物质的量相同时, 它们所含的基本单元数也相同。

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{3 \text{ g}}{12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.25 \text{ mol}$$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0.25 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 14 \text{ g}$$

答: 14 g 铁和 3 g 碳所含的原子个数相同。

[例题 5] 多少克氧气中所含的氧气分子数与 0.5 mol 的硫酸分子中所含的氧原子数相同?