

化学工人自学丛书



无机化学

上册

郑庆魁 刘增勋 合编

化学

化学工人自学丛书

无机化学

上册

郑庆^四 刘增勋 合编

化学工业出版社

本书共16章，分成上、下两册印行。上册内容为绪论，化学基本概念和定律、化学的基本量和化学计算、物质结构的基本知识、无机物分类、水和溶液氧化还原反应、卤素、碱金属、元素周期律和周期表、化学反应速度和化学平衡；下册内容为电解质溶液、氧族元素、氮族元素、碳硅硼、金属。并且在上、下册各章均附有复习题和练习题及练习题答案。

本书是一九六五年中等专业学校化工工艺类专业和分析专业的教材。为了适应当前具有初中以上文化程度化学工人自学的急需，由原编者郑庆甦同志及北京化工学校教师唐志宁共同作了修订，现重印出版。作为化学工人自学丛书之一。内容、文字深入浅出，通俗易懂，便于自学。本书也适于高中和中等专业学校、技工学校师生学习参考。

化学工人自学丛书

无机化学

上册

郑庆甦 刘增勋 合编

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

新华书店北京发行所发行

兰州新华印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张7 1/2 插页1 字数195千字 印数22,711—372,001

1965年11月北京新1版 1979年9月修订 甘肃第3次印刷

书号15063·3063 定价0.64元

(根据原中国工业出版社纸型重印)

目 录

第一章 緒 論	1
第一节 化学在国民經济中的作用	1
第二节 近代化学的发展与我国的化学和化学工业	2
第三节 无机化学的研究对象及学习要求	8
第二章 化学基本概念和定律	5
第一节 原子分子論、原子量、分子量	5
第二节 元素和它的化合价	8
第三节 分子式	12
第四节 化学方程式	15
第五节 当量和当量定律	19
复习題	21
练习題	22
第三章 化学的基本量和化学計算	23
第一节 化学的基本量	24
第二节 化学計算	29
复习題	37
练习題	38
第四章 物质結構的基本知識	39
第一节 元素的放射性	40
第二节 原子的复杂組成	42
第三节 核外电子的分布	46
第四节 化学鍵的类型	50
第五节 化合价的本质与結構式	55
第六节 分子的类型	59
复习題	63
练习題	63

第五章 无机物分类	64
第一节 氧化物	65
第二节 碱类	69
第三节 酸类	73
第四节 盐类	78
第五节 不可逆反应和可逆反应	83
第六节 盐类的一般制造方法	85
第七节 酸、碱、盐的当量和克当量	86
复习题	90
练习题	91
第六章 水和溶液	94
水	94
第一节 水在自然界的存在	94
第二节 水的物理性质、水分子的结合	95
第三节 水的化学性质	97
水溶液	99
第一节 水溶液的组成	99
第二节 固体物质在水中的溶解过程	99
第三节 溶解度和溶解度曲线	102
第四节 固体溶质从水溶液中的结晶过程	107
第五节 溶液的浓度和溶液的配制	110
第六节 有关溶液浓度的计算	119
复习题	127
练习题	128
第七章 氧化还原反应	131
第一节 氧化还原的概念与实质	131
第二节 氧化还原反应式的配平	135
复习题	140
练习题	140
第八章 卤素	141
第一节 氯	142
第二节 氯化氢和盐酸	146

第三节 氯的含氧化合物	149
第四节 溴和碘及其化合物	153
第五节 氟及其化合物	156
第六节 卤素及其化合物性质的比较	158
复习题	160
练习题	161
第九章 碱金属	163
第一节 钠和钾	164
第二节 锂、铷、铯的概述	167
第三节 过氧化钠和氢氧化钠	167
第四节 钾的化合物和钾肥	169
第五节 碱金属的通性	170
复习题	171
练习题	171
第十章 元素周期律和周期表	172
第一节 元素周期律	172
第二节 元素周期表	176
第三节 周期表中元素性质递变的规律	181
第四节 元素周期律、元素周期表和原子结构	189
第五节 原子结构和元素性质递变的规律	194
第六节 元素周期表的总结和应用	198
复习题	203
练习题	204
第十一章 化学反应速度与化学平衡	205
第一节 化学反应速度	206
第二节 化学平衡	212
第三节 化学平衡的移动	217
第四节 吕·查德里原理	220
复习题	221
练习题	222
附 录	
I. 1961 年国际原子量表	224

I. 在15°C时不同浓度的酸、碱、盐水溶液的比重	226
II. 上册练习题答案	227
IV. 元素周期表	231页后插页

第一章 绪 论

第一节 化学在国民经济中的作用

化学在我国社会主义建设中具有重要的作用。化学工业已经成为国民经济的一个主要部门。

依靠化学方法，我们能够从自然界中大量存在的煤、石灰石、石油、海水和其他矿物中制取各种重要的产品：如高质量的特殊合金、稀有元素制品、化学肥料、人造橡胶、各种塑料、合成纤维、医药、染料、炸药和高能燃料等等。

化学肥料和农药对于农业增产的重要性是人人皆知的。

塑料、合成纤维、合成橡胶等有机合成产品不仅为工业制造部门提供了性能更为优良的材料；而且为生产生活用品提供了丰富的原材料。大量发展合成纤维工业，还可以减少棉田以扩大粮食作物的种植面积。

特种合金、稀有元素、高能燃料等的制取与应用，使化学与尖端科学事业及现代国防建设密切地联系起来。

总之，化学已经关系到人类的衣、食、住、行各个方面。现在很难找到一个部门的生产是与化学无关的。

化学工业的特点是品种繁多、技术复杂、可以综合利用自然资源、与其他工业部门有密切的联系等。当前我国化学工业在支援农业、满足人民吃穿用的需要上与支援现代国防建设上都担负着极为艰巨而光荣的任务。

为了把我国建设成一个具有现代农业、现代工业、现代科学技术和现代国防的社会主义强国，我们必须大力发展化学科学和化学工业。

第二节 近代化学的发展与 我国的化学和化学工业

化学的发展经过了一段漫长的历史过程，直到 18 世纪中叶，由于在西欧生产力的发展，才进入了迅速进步的近代化学时期。

1748 年俄国化学家罗蒙诺索夫 (М. В. Ломоносов, 1711—1765) 用他在密闭容器中燃烧金属的实验，提出了关于燃烧是物质与空气结合的卓越见解。后来法国人拉瓦西 (Lavoisier, 1743—1794) 广泛使用天平进行大量的化学研究，终于建立起燃烧是物质与空气中的氧气化合的理论。而在此以前曾有人提出所谓燃素论，认为一切可燃烧的物质里都含有一种特殊的東西叫燃素。当物质燃烧时，它就从物质中逸出，而剩下渣滓。这种理论当然是错误的，荒谬的，但也还被化学家信奉约百余年之久，终被拉瓦西以实验为基础的科学结论所彻底摧毁了。

1803 年英国科学家道尔顿 (J. Dalton, 1766—1844) 根据当时已经发现的各种化学定律提出了原子假说。1811 年意大利科学家阿伏加德罗 (Avogadro, 1776—1856) 在总结当时研究气体体积定律的基础上提出了分子的概念。这些工作直到 1860 年才得到普遍的重视和承认。从此化学就迈入了以原子分子理论为基础的近代化学时期^①。

1869 年俄国化学家门捷列夫 (Д. И. Менделеев, 1834—1907) 发现了元素周期律并排出了元素周期表。这是近代化学史上重大的里程碑。现代元素周期律已成为几乎所有自然科学和技术科学的理论基础。

十九世纪末到二十世纪初，物理学上的许多重大发现揭开了原子的秘密，逐步形成了现代的物质结构理论。到二十世纪中叶，由于原子能的解放又大大推进了化学的发展，使现代化学的

① 实际上罗蒙诺索夫于 1741 年就提出了类似原子分子论的假说，但当时是缺乏有力的事实根据。

领域愈来愈广，而分工愈来愈细。它已经成为发展得最快、最重要的基础科学了。

我国化学和化学工业在解放前，半封建、半殖民地旧中国得不到发展，因而也几乎没有什么化学工业。直到二十世纪三十年代，我国化学研究工作才有了一点基础。而在化学工业方面也只有少数中、小型化工厂，它们大多是分布在沿海的大城市并依赖进口原料来进行加工的工业，所以基础也很薄弱。

解放后，我国的化学和其他科学事业一样，受到党和政府的重视，得到很大发展。随着经济建设的发展，通过新建和老厂扩建，建立了许多新的化工生产基地，为我国基本化学产品的生产打下了基础。化学肥料、农药、硫酸、纯碱、烧碱、有机物与合成材料等重要化工产品及其他化工原料都得到了大幅度的增产。同时设计研究的机构、人员、设备也有了很大的扩充，并相应的取得了很大的成绩。

为了大力支援农业和满足国民经济各部门对化工产品的需要，化学工业将以更高的速度发展，无论在产品产量和质量上将有一个大幅度的提高。在化工科学研究方面，大力开展新技术、新工艺、新设备以及防止污染等研究工作。使我国的化学工业能够迅速赶上国际先进水平。

第三节 无机化学的研究对象及学习要求

1. 无机化学的研究对象 世界上的一切事物都是运动着的物质构成的。物质的运动包括普通的机械运动、物理的能量转换、化学的物质转变和高级的生命和思维活动等各种形式。对于这些不同的运动形式，都有不同的科学去研究它们，而化学则是研究关于物质转变的化学运动形式的科学。

例如，将食盐转变成纯碱，就需要知道食盐 (NaCl) 和纯碱 (Na_2CO_3) 的组成、性质和由食盐变化成纯碱的各种反应过程，以及实现这些过程所需要的温度、压力等条件和反应中发生的吸

热、放热等现象。这一切都要靠化学知识来解决。因此，化学是研究物质的组成、性质和它们的转变，以及伴随转变而发生的现象的科学。

自然界中物质的种类繁多，但它们的基本成分到目前为止却不外乎是一百零七种元素。在这些元素中，碳具有特殊地位。它能形成各种复杂的化合物。这些化合物是构成生物有机体的主要成分。碳元素的化合物已有上百万种，比其他所有元素的化合物的总和还要多得多。因此，在化学中产生了初次分工，将化学划分为有机化学和无机化学。有机化学是专门研究碳的化合物的化学，而无机化学则是研究所有其它元素及其化合物（也包括碳的最简单化合物）的制取、性质、转变和应用等知识的化学。以后无机化学和有机化学各产生了许多分支，而无机化学则是一切其它化学的基础。

2. 学习无机化学的目的要求 在中等专业学校的化工类专业里，无机化学是一门专业基础课程。学习无机化学的目的是：（1）使我们学到系统的无机化学的基础理论和基本知识，认识化学变化的基本规律，了解化学在国民经济中和日常生活中的重要性。（2）使我们掌握化学基本概念、化学反应式和一般的化学计算方法，为进一步学习其他专业课程打下基础。

元素周期律和物质结构是整个无机化学的基础理论；溶液和化学平衡等是决定化学反应条件的根据；克原子、克分子、当量和浓度等概念是化学计算的关键。

学习无机化学时，对于基本概念、基础理论固然要深入掌握并能加以正确的运用，而对于组成化学反应式、进行化学计算等基本技能更要认真严格地多多进行练习。

学习无机化学时，还要注意与其他课程的配合。许多化学概念是建立在物理概念的基础上的，学好物理将有助于学好无机化学。阅读其他有关书籍能扩展我们的知识领域，使化学知识与生产和日常生活中的各种现象联系起来，这样的知识才是巩固的和灵活的。

第二章 化学基本概念和定律

我们在初中已经开始了化学的学习，知道化学是研究物质的组成、物质的性质以及物质相互转变的一门科学。

了解物质的性质，认识一些物质变成另一些物质的规律，是我们学习化学的主要目的。因为只有掌握了这些知识，才可以预见物质的变化，才能够控制物质的变化，从而利用物质的变化来制造人们在生产上和日常生活里所需要的各种各样的物品。

要正确了解物质的转变，首先必须对于物质的结构有个正确的观念，而原子、分子论就是物质结构的基础理论。

第一节 原子分子论、原子量、分子量

1. 原子分子论 物质结构的原子分子论，是化学的理论基础之一。远在十八世纪中叶，俄国伟大的科学家罗蒙诺索夫就提出来有关原子分子的基本理论。但是，由于当时实验上的根据还不够充分，所以没有得到同时代科学家应有的注意。到十九世纪初，由于一些化学变化的重量关系和体积关系的定律，陆续出现；在英国科学家道尔顿(John Dalton 1766—1844)于1803年提出来的原子学说和1811年意大利科学家阿伏加德罗(Amadeo Avogadro 1776—1856)提出来的分子的概念的基础上，再经过许多科学家的工作，到了1860年才形成了近代的原子分子论。它的基本内容如下：

(1) 物质都是由分子构成的，分子相互間具有間隔。分子是物质能够独立存在的最小微粒，它保持着这种物质的組成和一切化学性质。同种物质的分子性质相同，不同种物质的分子性质不同。

(2) 分子是由更小的微粒——原子构成的。原子在化学反应中，不能再分为更小的微粒。同种原子的化学性质相同，不同种原子的化学性质不同。

(3) 原子和分子都处于不断运动的状态中。

物理变化，象物质的扩散、固体的熔化、液体的气化、气体的液化和液体的凝固等等，都是分子存在的真实証明。物理变化就是由于物质分子的运动而发生的。在物理变化里，物质的分子沒有受到破坏，仍然是原来的分子。只不过在变化前后分子間相对的距离和运动的方式，发生了改变。所以在物理变化里，物质的化学性质仍然保持不变。

化学变化是原子真实存在的有力証明。化学变化就是由于原子的运动而发生的。在化学变化里，参加反应物质的分子受到破坏，这些分子里的原子发生了重新組合，或重新排列，結果組成了新物质的分子。因此，在化学变化里产生了新物质。

从原子分子論的觀點可以說明元素、单质和化合物。

具有相同化学性质的同种原子叫做元素。例如，氢、氧、氮、碳、硫、鈉、鈣、鉄等都是元素。現在已經知道有 107 种元素。

元素有游离状态存在的，有化合状态存在的。元素在游离状态时組成了单质，在化合状态时組成了化合物。

物质的分子是由同一种元素的原子組成的，叫作单质。例如，氢气、氧气、氮气、氯气等都是常見的气体单质。它們的分子都是由双原子組成的。象惰性气体的分子即是一个原子，所以惰性气体的单质是由一个原子形成的。許多固体单质的結構很复杂，一般来讲，我們只用一个原子表示它們的一个分子。例如，碳、硅、磷、鉀、鎂、銅等都是固体单质。

物质的分子是由不同种类的元素原子组成的，叫做化合物。例如，水、氯化氢、氢氧化钠、硫酸钾等都是化合物。

由于单质和化合物的分子都是由元素组成的，所以元素也就是组成单质和化合物的成分。例如氢气和氧气前者是由氢元素后者是由氧元素组成的，而氯化钠是由氯元素和钠元素两种元素组成的。

2. 原子量和分子量 原子和分子虽然都是极小极小的，但是都具有一定的质量。例如：

1 个氢原子的质量等于

0,000,000,000,000,000,000,000,001,673克。

这里第一位有效数字是小数点后第二十四位。把它化为指数形式就等于 1.673×10^{-24} 克。

1 个碳原子的质量等于

0,000,000,000,000,000,000,000,019,92克。

这里第一位有效数字是小数点后第二十三位。把它化为指数形式就等于 19.92×10^{-24} 克。

由于任何一种元素的一个原子的质量都是极其微小的，所以在记原子量的数值时就显得太麻烦，应用起来也不方便。科学家为了要把原子量的数值简化，因此就不能用克作为一个原子或一个分子的质量单位。这样，在化学中就引用一个碳原子质量的 $1/12$ 作为测定原子或分子质量的单位。这种单位叫做碳单位^①。

1 个碳单位是 1.66×10^{-24} 克。

原子量就是用碳单位来表示的某元素一个原子的质量。

例如，氢原子的原子量等于 1.008 碳单位，氧原子的原子量等于 16 碳单位。

分子量就是用碳单位来表示的物质一个分子的质量

① 1960年物理学界和1961年化学界，在有关原子量的会议上决定采用 C^{12} 等于 12 作为新的统一的原子量标准（见附录 I）。采用碳单位后，其它元素的原子量数值都要比原来的小 0.0043%。

例如，水的分子量等于 18.016 碳单位，硫酸的分子量等于 98.082 氧单位。

通常表示原子量和分子量时，在数字后面并不注明单位。

第二节 元素和它的化合价

1. 元素的化学符号 在化学上应用原子分子論的理論以后，化学家采用了各种符号来代表不同的元素。这种符号叫做元素的化学符号。在国际上通用的元素符号，一般都是用它的拉丁文名称第一个字母来表示。例如，氢的拉丁名叫 Hydrogenium，所以它的化学符号是 H；氧叫 Oxygenium，所以它的化学符号是 O。

如果不同元素的拉丁名称的第一个字母相同，例如碳是 Carbonium，鈣是 Calcium，銅是 Cuprum；鎂是 Magnesium，錳是 Manganum 等，在这种情况下，就要用拉丁名称第一个字母和另一个字母組成的符号。例如以下的各元素符号是：

碳 Carbonium.....	C
鈣 Calcium	Ca
銅 Cuprum	Cu
鎂 Magnesium.....	Mg
錳 Manganum	Mn

在这里应该指出写元素符号的規則。用来表示元素符号的字母，必須大写。如果一种元素符号是由两个字母組成的，其中第一个字母必須大写，而第二个字母就要小写。

現在将一些常用的元素符号写在表 2-1 中。

我們从元素的中文名称，不但能区别出来一种元素是金属元素或非金属元素，而且也能区别出来它們的单质在常溫下的形态，是固体、液体或气体。

如果元素的中文名称从“金”旁，例如鈣、鎂、銅、鉄等，它們都是金属元素，而且在常溫下，它們的单质都是固体。在金属元素中只有一种单质在常溫下是液体。这种金属元素是汞。所以它的中文名称从“水”。

表 2-1 一些常見元素的符号

	元素名称	元素符号	元素名称	元素符号		元素名称	元素符号	元素名称	元素符号
	金		属			非		金	
金 属	鋰	Li	鋅	Zn	非 属	氢	H	氟	F
	鈉	Na	汞	Hg		硼	B	氯	Cl
	鉀	K	鋁	Al		碳	C	溴	Br
	銅	Cu	錫	Sn		硅	Si	碘	I
	銀	Ag	鉛	Pb		氮	N		
	金	Au	鉻	Cr		磷	P		
	鎂	Mg	錳	Mn		砷	As		
	鈣	Ca	鐵	Fe		氧	O		
	鋇	Ba	鉑	Pt		硫	S		

如果元素的中文名称从“石”、“气”、“氵”的都是非金属元素。而且在常溫下它們的单质分别是固体、气体和液体。例如碳、硫、磷等它們的单质都是固体；氢、氧、氮等它們的单质都是气体。在非金属元素中，只有一种单质在常溫下是液体。这种非金属元素是溴，所以它的中文名称从“氵”。

2. 元素在自然界的分布 元素在自然界中的分布是很不均匀的。根据科学家的估計，在地球的地壳（从地球的表面到16公里深的岩石层）、地球表面的水层和大气层里，非金属的氧和硅两种元素約占75%，其余的一切元素約占25%，如图2-1所示。

地壳、水层和大气一起的总重量約等于 2×10^{19} 吨。在这部分里的各元素分布的重量百分含量如下（以%計）：

氧.....	49.13	氢.....	0.94
硅.....	26.00	鈦.....	0.63
鋁.....	7.45	碳.....	0.35
鐵.....	4.20	磷.....	0.13
鈣.....	3.25	錳.....	0.10
鈉.....	2.40	硫.....	0.10
鉀.....	2.35	其他元素.....	0.62
鎂.....	2.35		

如果以整个地球的化学成分来说，那么各种元素的百分比就会发生很大的变化。由于地球内部的地核主要是由铁元素组成的，在这种情况下，铁在数量上就显著地增大，从而铁就占第一位。依次是氧、硅、镁、镍、钙、铝、硫等元素。

3. 元素的化合价 元素的化合价是元素的一种重要性质。它是写化合物分子式的重要依据。

(1) 化合价的初步概念 我们对于元素化合价的認識，正象对其他事物的認識一样，都是先从感性認識开始的。在我们观察由元素形成化合物时，其中某元素的一个原子只能跟别的元素一定数目的原子相化合。例如在 HCl 分子中，1 个氯原子只能跟

1 个氢原子相化合；在 H_2O 分子中，1 个氧原子跟 2 个氢原子相化合；在 NH_3 分子中，1 个氮原子跟 3 个氢原子相化合。在化学上，把元素的这种特性，叫做元素的化合价。所以在最先确定元素的化合价时，就是根据在化合物里这种元素的 1 个原子能跟几个氢原子化合来决定的。因此，元素的化合价

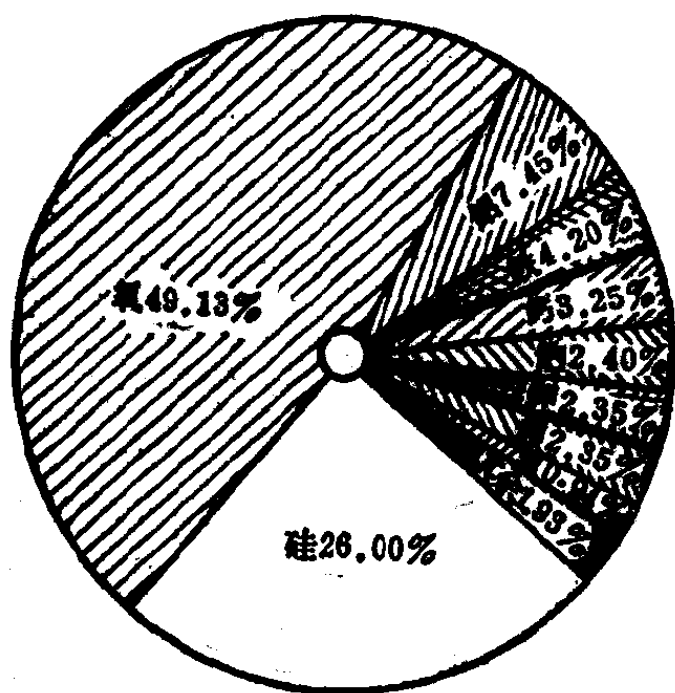


图 2-1 地壳各种元素百分比

就是指各元素的一个原子能跟几个氢原子相化合的一种特有的属性。

从未发现一个氢原子能和多于一个的其他原子相化合，所以把氢定为 1 价。这样，在 HCl 、 HBr 等化合物里，氯和溴也都是 1 价；在 H_2O 、 H_2S 等化合物里，氧和硫都是 2 价；在 NH_3 、 PH_3 等化合物里，氮和磷都是 3 价；在 CH_4 、 SiH_4 等化合物里，碳和硅都是 4 价。

氧在一切化合物里常是 2 价，所以根据氧的化合价也就能够