

上海市工农教育教材

无机化学

上海教育出版社

编写说明

这本《无机化学》教材，曾在一九七四年以化工局为主，有冶金局、轻工业局、机电一局配合，抽调上海助剂厂、上海试剂一厂、上海化工七·二一工人大学、上海冶炼厂、上海硬化油厂、上海工具厂的一些同志，组成编写组编写的。先出版试用本，经过两年试用，现仍由化工局负责，抽调上海化工七·二一工人大学、上海新江化工厂、上海燎原化工厂、上海试剂一厂、上海硫酸厂、上海泡化碱厂的一些同志，重新组成编写组，根据使用意见，作了修订。现正式出版，可供各系统、各行业的厂校选用。在编写与修订过程中，曾得到上海师范大学、上海化纤公司、上海粮油工业公司技校等许多单位的大力支持。在此表示感谢。

上海市工农教育教材编写组

一九七七年九月

上海市工农教育教材

无 机 化 学

上海市工农教育教材编写组编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.5 插页 1 字数 198,000

1978年3月第1版 1978年3月第1次印刷

统一书号: K7150·1900 定价: 0.62元

绪言	1
一、物质及其运动 二、化学工业与国民经济的关系	
第一章 原子 分子 无机物	5
第一节 物质的组成	5
一、分子 二、原子	
第二节 原子的构成	7
一、原子的结构 二、原子量 三、元素和元素符号 四、同位素	
五、原子核外的电子分布	
第三节 分子的形成	14
一、定组成定律和化学式 二、分子量和分子式 三、分子的形成	
四、化合价	
第四节 无机物的分类	25
一、单质 二、化合物	
第二章 化学反应和化学方程式	29
第一节 化学反应	29
一、分解反应 二、化合反应	
第二节 化学方程式	30
一、化学方程式 二、根据化学方程式的计算	
第三节 克原子 克分子 气体克分子体积 气体方程式	36
一、克原子 二、克分子 三、气体克分子体积 四、气体方程式	
第三章 溶 液	44
第一节 溶液	44
第二节 溶解和结晶	46
一、溶解 二、结晶	
第三节 溶液的浓度	56
一、重量百分比浓度 二、克/升浓度 三、体积克分子浓度(M)	

四、当量浓度(N) 五、各种浓度之间的换算

第四章 酸、碱、盐、氧化物及其转化 77

第一节 酸 77

一、盐酸(HCl) 二、酸的通性、组成和命名 三、硫酸(H₂SO₄)
四、硝酸(HNO₃)

第二节 碱 92

一、碱的通性、组成和命名 二、烧碱(NaOH) 三、熟石灰[Ca(OH)₂]
四、两性氢氧化物

第三节 盐 97

一、食盐(NaCl) 二、盐的组成和命名 三、盐的性质 四、复分解反应 五、离子反应方程式

第四节 氧化物 108

一、碱性氧化物 二、酸性氧化物 三、两性氧化物

第五节 无机物之间相互转化 110

一、无机物之间相互转化 二、相互转化在战“三废”中的应用

第五章 电离平衡 115

第一节 强电解质和弱电解质 115

一、强电解质和弱电解质 二、电离度

第二节 电离平衡 117

一、电离平衡常数 二、同离子效应

第三节 pH值和缓冲溶液 121

一、水的离子积 pH值 二、缓冲溶液

第四节 中和与水解 127

一、中和反应 二、盐类的水解

第五节 水处理(选读) 131

一、硬水软化 二、去离子水的制备

第六章 化学反应速度和化学平衡 136

第一节 化学反应速度 136

第二节 影响反应速度的因素 137

一、浓度对反应速度的影响 二、温度对反应速度的影响 三、催化剂对反应速度的影响

第三节 化学平衡	142
一、可逆反应与化学平衡的形成 二、平衡常数	
第四节 化学平衡的移动	147
一、浓度对平衡移动的影响 二、压力对平衡移动的影响 三、温度对平衡移动的影响	
第五节 化学反应速度和化学平衡的应用	151
第七章 氧化与还原	156
第一节 氧化还原反应	156
一、氧化还原反应的概念 二、氧化剂与还原剂 三、氧化还原方程式配平 四、氧化还原反应在生产上的应用	
第二节 电解及其应用	163
一、电解原理 二、电解原理的应用 电镀	
第三节 原电池	170
第四节 金属腐蚀和防腐蚀	172
一、金属腐蚀的原因 二、金属的防腐蚀 三、金属腐蚀原理的应用	
第八章 元素周期律与元素周期表	183
第一节 元素周期律	184
一、元素性质变化与核电荷数增加的关系 二、元素性质变化与电子层结构变化的关系	
第二节 元素周期表	198
一、元素周期表介绍 二、周期表中对元素性质变化规律的体现 三、元素周期表的应用(选读)	
第九章 几种非金属元素及其化合物(选读)	207
第一节 氯及其化合物	207
一、氯和卤素 二、氯气的制取 三、氯化物 四、氯的含氧酸及其盐	
第二节 硫及其化合物	215
一、硫和氧族 二、硫化物 三、硫的氧化物及其相应的酸和盐	
第三节 氮及其化合物	219
一、氮和氮族 二、氮的氧化物 三、氨	

第四节 碳、硅及其化合物.....	227
一、碳和碳族 二、碳的化合物 三、硅的化合物	
第十章 络合物(选读).....	237
第一节 络合物的概念	237
一、络合物的生成 二、络合物的结构 三、络合物中化学键的本质	
四、络合物的命名	
第二节 离解平衡和内络合物	241
一、络离子的离解 二、络离子的离解平衡移动 三、试剂“EDTA”	
和内络合物	
第三节 络合物的几项应用	246
一、在电镀工业中的应用 二、在金属元素分离上的应用 三、在化	
学分析中的应用	
实验部分.....	249
化学实验注意事项	249
实验一 硫酸铜的提纯	251
实验二 溶液的配制	254
实验三 酸、碱、盐的性质	256
实验四 中和反应——酸碱滴定	259
实验五 金属的防腐蚀	262
实验六 自制印刷线路板〔选做〕	264
附 录 化学元素周期表	

绪 言

一、物质及其运动

世界是物质的。革命导师列宁指出：“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质是我们感觉到的客观实在”（《唯物主义和经验批判主义》第138页）。银河系，太阳，地球，石油，煤，水，光，电……等等，这一切都是各种具体的物质。

物质处于不停的运动中。伟大领袖毛主席深刻指出：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”星体的运转，生物的新陈代谢，水的蒸发和冷凝，钢铁的冶炼……等等，都是各种具体的物质运动形式。

物质世界是丰富多采的、千变万化的、无边无际的、无始无终的。辩证唯物主义认为：物质是永恒存在的，运动也是永恒不停的。革命导师恩格斯指出：“运动和物质本身一样，是既不能创造也不能消灭的”，“世界的真正的统一性是在于它的物质性”（《反杜林论》第57页、41页）。

自然科学所研究的对象是具体的物质及其运动规律。

根据现代自然科学水平，人们把物质的各种运动形式归为机械的、物理的、化学的、生命的等等类型。

例如，水在一个大气压下，常温时为液态；加热到 100°C （沸点）时就沸腾，形成水蒸气；冷却到 0°C （冰点）时就凝结成冰。这是水在不同温度时的一种运动形式。在这里，水只是发生了状态的变化。又如，钢锭轧成钢板，米碾成粉，也只是外形发生了变化。象这种物质仅仅发生状态、外形等变化的运动形式，叫

做物理运动或物理变化。

而另外一类的运动形式则不同。例如：

【演示实验】 点燃镁带(如图1所示),发出热和耀眼的光,并生成一种白色的物质——氧化镁。

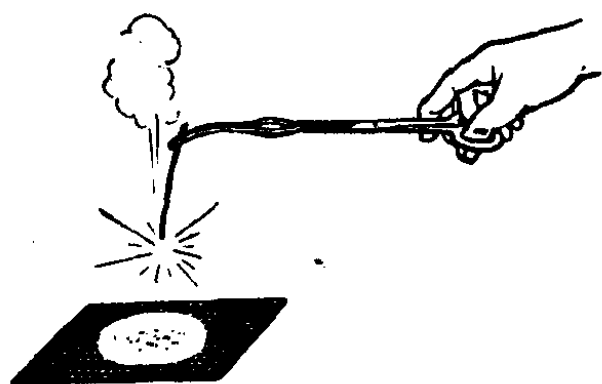
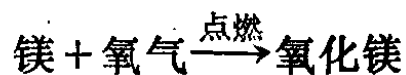


图1 镁带的燃烧

镁变成氧化镁,是由于空气中的氧和镁相互化合的结果,用下式表示:



国防上用金属镁制造照明弹,就是利用它燃烧时发出明亮的白炽光。

【演示实验】 加热盛有碳酸氢铵的试管(如图2所示),就有气体产生,闻一下,有氨的刺激性气味,表明有氨气;将气体通入澄清的石灰水中,石灰水变浑浊,可知还有二氧化碳气体;同时在试管壁上出现水珠。

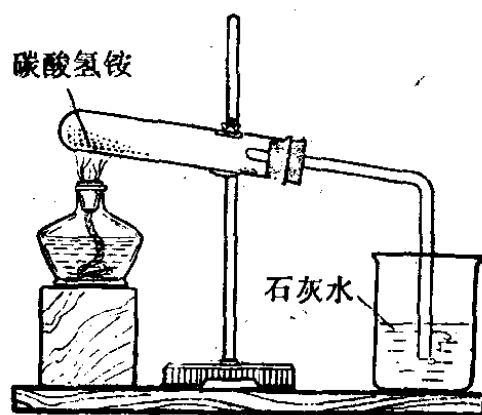
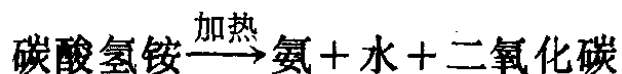


图2 碳酸氢铵的加热分解

在这个变化里,碳酸氢铵遇热分解,生成了水、氨和二氧化碳:



碳酸氢铵在常温下也会分解,所以保管这种化肥时,要存放在阴凉的地方。

以上两个实验中,镁经燃烧生成一种和镁完全不同的氧化镁,碳酸氢铵加热则分解生成三种别的物质,象这种由原来的某

种物质变成了别的某种物质,或者说,有“新”物质产生的运动形式,叫做化学运动或化学变化,也常叫做化学反应。

各种物质具有各自的性质。

物质的某些性质,不经过化学变化就能表现出来,这些性质叫做物理性质。如颜色、气味、状态、熔点、沸点、硬度等。

物质的另一些性质,只有在发生化学变化时才表现出来,这些性质叫做化学性质。如铁的生锈、木炭的燃烧、碳酸氢铵的分解等。

物理变化和化学变化是不同类型的物质运动形式,它们既有区别,但又相互联系。物质在发生化学变化时,总是伴随着一些物理变化。例如,蜡烛点燃时,产生光和热,和蜡受热熔化,这是物理变化;同时,蜡又燃烧生成二氧化碳和水蒸气,这是化学变化。在一定条件下,物理变化与化学变化也可相互转化。例如,蓄电池放电,是由蓄电池内部的化学变化转变为电流的运动;而向蓄电池充电,则引起蓄电池内部产生化学变化而将电“贮存”起来。

世界上的物质形形色色,千差万别,物质的运动形式也多种多样。“外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用”。具体物质之间,具体运动形式之间,它们既相互区别又相互联系着,构成了统一的物质世界。

二、化学工业与国民经济的关系

毛主席教导我们:“对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究,就构成某一门科学的对象”。

化学是研究物质化学运动的科学。

化学运动有一定的规律,化学工业就是遵循物质发生化学反应的规律,利用自然资源(水、空气、煤、石油、天然气、矿

物……等等)生产各种化工产品以满足工农业生产和人民生活需要。

化学工业在国民经济中占有重要地位。如钢铁、燃料、水泥、玻璃、化学纤维、合成橡胶、塑料、医药、化肥、农药等,都是用天然原料经过化学处理而制造出来的,酸、碱、盐类基本化工产品也是国民经济生活中所广泛应用的。

解放以来,我国的化学工业发生了巨大的变化,在化学和原子能方面的科学技术和研究也取得很大成就。特别是大庆油田的胜利建成,创造了世界石油工业史上的奇迹,促使塑料、合成纤维、合成橡胶等工业飞速发展,我国石油化工前景美好。又如胰岛素的人工合成,原子弹、氢弹核技术的进展,微生物技术在化学工业上的应用等都取得了很大的成绩。

在处理“三废”(废气、废渣、废水)、除公害、综合利用方面,按照“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的方针,有计划、有步骤地进行预防和消除工业“三废”。

伟大领袖毛主席曾多次指示我们,必须在不太长的历史时期内,把我国建设成为一个伟大的社会主义现代化的强国。在第四届全国人民代表大会上,敬爱的周总理遵照毛主席的指示,又一次指出,要在本世纪内,把我国建设成为全面实现农业、工业、国防和科学技术现代化的社会主义强国,使我国国民经济走在世界的前列。为了实现毛主席的遗愿,实现周总理留下的宏伟蓝图,我们必须最紧密地团结在以华主席为首的党中央周围,坚决贯彻“抓纲治国”的英明决策,进一步掀起“工业学大庆”的革命群众运动,大大加速化学工业发展的步伐,为发展国民经济,为实现四个现代化作出应有的贡献。

第一章 原子 分子 无机物

第一节 物质的组成

一、分 子

物质在化学变化中所表现的性质，主要取决于物质本身的内因，这就关系到物质的组成和结构。

科学实验表明，很多物质(如水、各种气体、酒精、食糖等)是由许许多多的肉眼看不到的微粒物质聚集而成的，物质的化学性质就是这些微粒物质的化学性质。人们把能保持原物质化学性质的最小微粒物质称为“分子”。例如一滴水中就有亿万个水分子，每个水分子都表现水的化学性质。

同种分子的化学性质相同，例如，无论是从海水、河水、井水中经处理后得到的纯水，其水分子的化学性质相同。不同种的分子其化学性质不同，例如，水分子不能燃烧，而酒精分子能燃烧。

分子在不停地运动着，湿衣服会晾干，是由于水分子在运动中离开了衣服，飞散到空气中去的原故。人们能闻到酒精、醋的气味，是由于它们的分子在运动中有部分离开了容器，进入人们鼻孔，刺激嗅神经而引起的感觉。

日常见到的很多物质就是分子的聚集状态。分子间有一定距离，如果分子间的距离很大，物质就呈气态；如果分子间距离较小，就呈液态或固态。

二、原 子

分子是保持原物质化学性质的最小微粒，也就是说如果把

物质分子再分为更小的微粒物质，则原物质的性质就要发生极大的变化，有新的物质生成。下面我们用通电的方法使水分解（或称水的电解）来说明这个问题。

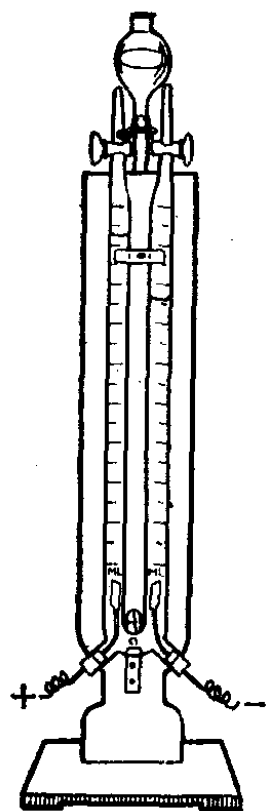
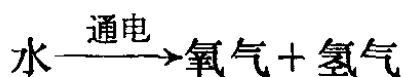


图 1-1 通电使水分解的装置

【演示实验】 水的电解实验装置见图 1-1 所示。打开两个计量玻璃管的活塞，从漏斗中将水注满两个计量玻璃管（为了加强水的导电能力，在水里加入一些氢氧化钠或稀硫酸溶液）。关上活塞，接通直流电源。片刻，在两电极上出现气泡，气泡逸出液面，分别聚集在两个计量玻璃管上部。在一个玻璃管内的气体体积是另一个玻璃管内气体体积的两倍。

它们是什么气体呢？用带有余烬的木条试验，体积小的气体能使余烬的木条复燃，这是氧气。用燃着的木条试验体积大的气体，发生轻微的爆鸣声，并且气体能燃烧，这是氢气。

水通电后分解生成氢气和氧气的反应可用下式表示：



在通电过程中水分子先“化分”为比水分子更小的两种微粒物质，这两种微粒分别叫做氧原子和氢原子。然后每两个氧原子和每两个氢原子再分别“化合”成一个氧分子和一个氢分子。这就表明，分子是由原子组成的。经研究得知：一个水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的。水的电解即可用如下示意图表示（见图 1-2）：

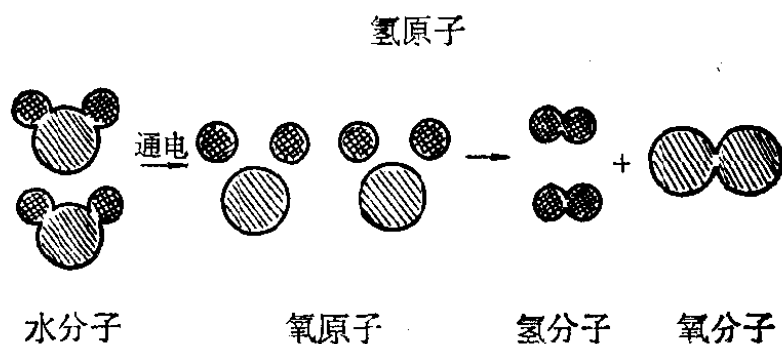


图 1-2 水分子的电解示意图

由此可见,在化学变化中,物质的分子发生了变化。原有的分子分裂了,新的分子形成了。在分子变化中,原子只是重新组合,并没有变成新的原子。因此,原子是化学运动中的最小微粒。化学运动的实质,就是参加化学运动的物质分子里的原子,在一定条件下,进行“化分”与“化合”的对立统一过程。

第二节 原子的构成

为了了解原子在化学变化中怎样进行“化分”与“化合”的矛盾运动,就必须对原子有所认识。

一、原子的结构

近代科学实验证明,原子并不是一个简单的微粒,而是具有复杂的结构。原子是由原子核和核外电子两部分构成的。最简单的原子是氢原子,由一个原子核和一个电子构成。原子核位于原子的中心,电子体积很小,在原子核周围的空间高速运动着。原子核在整个原子中所占的体积也非常小,它的直径约等于原子直径的十万分之一左右。可见原子内部绝大部分是“空”的。原子核虽小,但原子的重量几乎集中在原子核上,电子的重量只占氢原子重量的 $\frac{1}{1840}$ 。

原子核带正电荷，电子带负电荷。科学上把一个电子所带的电量定为一个单位电荷，所以一个电子带有一个单位负电荷。在原子中，原子核所带的正电荷数，即核电荷数，与核外电子所带的负电荷数相等，所以整个原子不显电性。例如，氢原子的核电荷数为 1，就只有一个电子在原子核周围空间高速运动着，如图 1-3 所示。

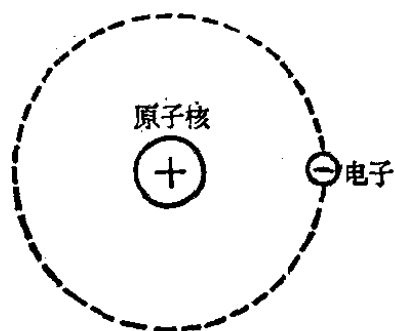


图 1-3 氢原子结构示意图

“+”号表示原子核带正电荷
“-”号表示电子带负电荷

碳原子的核电荷数为 6，就有 6 个电子在原子核周围空间高速运动着。各种不同的原子，其核电荷数是不相等的，如氢、氦、硼、氧……等原子的核电荷数分别为 1, 2, 5, 8……，它们的电子数也就分别为 1, 2, 5, 8……。

原子核虽然很小，但结构也很复杂，还能再分。实验证明：原子核可以分出更小的叫“中子”和“质子”的微粒物质。一个质子是带一个单位正电荷的微粒。中子是不带电的微粒。因而原子核中有多少质子，原子的核电荷数就是多少，核外电子数也就是多少。

现将原子的构成概括如下：

原子	{	原子核	{	质子(带正电荷)
				中子(不带电荷)
		电子(带负电荷)		

质子数 = 核电荷数 = 核外电子数

目前，人们除了认识质子、中子和电子外，还发现了许多种比原子更小的微粒物质，按它们的性质和重量不同分为光子、轻子、介子、重子等四类，这些微粒统称为“基本粒子”。

辩证唯物主义认为物质是无限可分的，“基本粒子”决不是物质组成的最小微粒，它只反映了目前人们对物质世界认识的

一个新阶段。今后随着工农业生产和科学技术的发展，人们对物质组成的认识，将逐步深入和日趋完善。

二、原子量

原子的重量极小，因此现在还无法直接测出一个原子的重量，而只能用间接的方法推算出某种原子的重量*(应为质量)，例如：

一个碳原子的质量

$$= 0.000,000,000,000,000,000,000,019 \text{ 克}$$

一个氢原子的质量

$$= 0.000,000,000,000,000,000,000,00167 \text{ 克}$$

这么微小的数字，对于运算和记忆很不方便，所以，国际上规定把一种碳原子的质量定为 12，作为标准，而将其他原子与它比较，求出各种原子的相对质量，称为原子量。必须指出，原子量是表示不同原子的相对质量，而不是原子的实际质量。

采用这个方法，最轻的氢原子，原子量不小于 1，为 1.00797。

另外，由于原子的质量(或原子量)几乎集中在原子核上，而原子核是由质子和中子组成。实验得知，质子和中子的质量几乎相同，它们的相对质量(以原子量计算)都约等于 1。因此，原子量和核内质子、中子存在着如下关系，即质子数与中子数之和，在数值上约等于原子量(取整数)。例如，普通的氧原子核内质子数为 8，中子数也为 8，两数之和为 16，在数值上就等于氧原子量 16。而普通的氢原子核内只有 1 个质子(没有中子)，在数值上约等于氢原子量。

* 质量和重量是两个不同的物理量。质量是物体所固有的，而重量是物体质量与重力加速度的乘积。因为地球上各地的重力加速度有差别，所以物体的重量因地理位置不同而改变，但物体的质量是不变的。

三、元素和元素符号

氢分子、水分子、碳酸氢铵分子里都含有氢原子，这些物质分子中的氢原子都是同一类的，这种同类的原子总称为元素。例如，存在于上述物质中的氢原子总称为氢元素。由一种元素组成的物质叫做单质。由不同种元素组成的物质叫做化合物。如氧气、氢气是单质。水、碳酸氢铵是化合物。到目前为止，发现了 107 种元素(其中有十多种是人工合成的)。这一百多种元素组成了自然界中几百万种化合物和单质。

各种元素在自然界中的含量是不同的。从图 1-4 中可看出地壳(包括水和大气)中主要元素的百分含量。

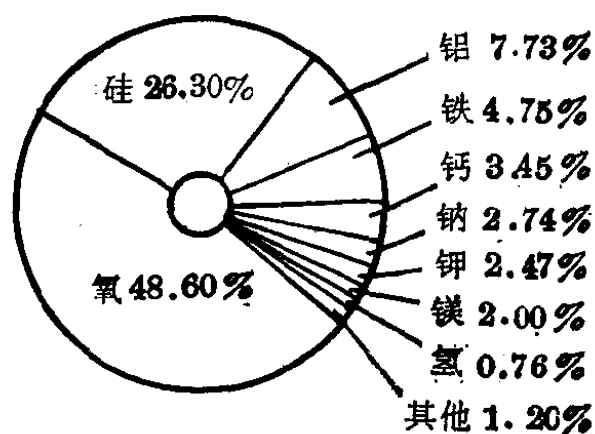


图 1-4 地壳里所含各种元素的重量百分比

元素一般分为金属和非金属两大类，金属元素的名称(除汞外)都用“金”字旁，例如铜、铁、锡等。非金属元素的名称，在通常状况下呈气态的用“气”字头，例如氢、氧、氮等；呈

液态的用“氵”字旁，例如溴；呈固态的用“石”字旁，例如碳、硫等。

为了书写方便，各种元素都用一定的元素符号来表示，国际上统一用该元素的拉丁文名称第一个字母(大写)表示，如“O”代表氧元素，“N”代表氮元素，如遇几种元素名称的第一个字母相同时，则再加上第二个字母(小写)以示区别，例如“Na”代表钠元素；“Ni”代表镍元素等。

元素符号具有下面三个意义：