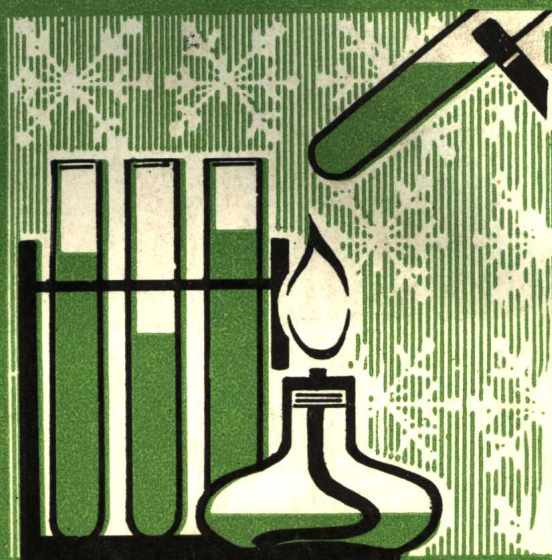


13.41/2

无机化学

WUJI HUAXUE



公安部人民警察干部学校编

群众出版社

无机化学

公安部人民警察干部学校

群众出版社

1979年·北京

无机化学

群众出版社出版 新华书店北京发行所发行
贵州新华印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 9印张 196千字 插页4

1979年4月第1版 1979年4月第1次印刷

印数 00001—50000 定价: 1.00 元

说 明

本教材为加强刑事化验班的基础课教学而编写。目的是为学习刑事化验专业掌握必要的无机化学基本知识和基本理论。

本着理论联系实际和少而精的原则，在内容上着重介绍无机化学的基本概念和定律，溶液和电离学说，元素周期律和原子、分子结构，以及常见元素和化合物的理化性质、用途等。

在编写中主要参考了上海师范大学、上海化工学院编写的青年自学丛书《无机化学》，章育中等编写的药剂士专业用《无机化学》和戴安邦等编的《无机化学教程》等书籍。

目 录

第一章 化学基本概念

第一节 化学和物质	(1)
第二节 分子和原子	(1)
一、分子和原子	(1)
二、原子量和分子量	(3)
三、克原子和克分子	(3)
第三节 物质的分类	(4)
一、元素、元素符号、分子式	(4)
二、物质的分类	(6)
第四节 化合价	(6)
一、化合价	(6)
二、化合价的实质	(7)
第五节 化学反应	(9)
一、化学方程式	(9)
二、化学反应基本类型	(10)
三、氧化——还原反应	(11)
四、化学反应进行的条件	(11)
五、化学平衡	(12)
六、当量定律	(13)
第六节 无机物及相互关系	(16)
一、金属和非金属	(16)
二、氧化物	(16)
三、酸	(17)
四、碱	(18)
五、盐	(18)
六、无机物相互关系	(18)
复 习 题	(21)

第二章 溶液和电离学说

第一节 溶液	(22)
一、水	(22)
二、溶液、悬浊液、乳浊液、胶体溶液	(23)
三、溶解和结晶	(24)

第二节 溶液的浓度	(26)
一、百分浓度.....	(26)
二、比例浓度.....	(28)
三、体积克分子浓度.....	(28)
四、当量浓度.....	(29)
五、其它浓度.....	(29)
第三节 溶液的性质	(30)
一、溶液的蒸汽压降低.....	(30)
二、溶液的沸点升高.....	(31)
三、溶液的凝固点降低.....	(31)
四、溶液的渗透压.....	(31)
第四节 胶体溶液	(33)
一、胶体溶液的性质.....	(33)
二、胶体溶液的保护与破坏.....	(34)
第五节 电离学说	(35)
一、电离学说.....	(35)
二、酸、碱、盐的电离.....	(38)
三、离子反应.....	(39)
四、弱电解质在溶液中的平衡.....	(40)
五、溶度积.....	(41)
第六节 缓冲溶液	(42)
一、水的电离及PH值.....	(42)
二、缓冲溶液.....	(43)
第七节 盐类的水解	(44)
一、强碱与弱酸组成的盐的水解.....	(44)
二、弱碱与强酸组成的盐的水解.....	(45)
三、弱碱与弱酸组成的盐的水解.....	(45)
四、强碱与强酸组成的盐不会水解.....	(46)
复 习 题.....	(46)

第三章 元素周期律和原子分子结构

第一节 元素周期律和元素周期表	(48)
一、元素周期律.....	(48)
二、元素周期表.....	(49)
第二节 原子结构及其与周期律的关系	(53)
一、原子结构.....	(53)
二、原子结构与周期律的关系.....	(59)
第三节 分子结构	(62)

一、化学键·····	(62)
二、离子键和离子型化合物·····	(63)
三、共价键和共价键物质·····	(63)
四、配价键和络合物·····	(66)
五、晶体的分类·····	(68)
复 习 题·····	(69)

第四章 元素和化合物

第一节 氢、氧、空气·····	(70)
第二节 卤素·····	(70)
第三节 氟族元素·····	(72)
第四节 氮族元素·····	(81)
第五节 碳、硅、硼·····	(99)
第六节 金属的通性·····	(107)
第七节 周期系第一族元素·····	(110)
第八节 周期系第二族元素·····	(116)
第九节 铝、锡、铅·····	(123)
第十节 铬族元素·····	(126)
第十一节 铁、钴、镍·····	(129)
第十二节 锆、钒、锰、钨、铂·····	(133)
复 习 题·····	(136)
复 表 I ·····	(137)

第一章 化学基本概念

第一节 化学和物质

化学是研究物质及其变化的科学。具体地说，化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。因此，学习化学首先要了解关于物质的基本概念。

什么是物质呢？

列宁说，物质是“作用于我们的感官而引起感觉的客观实在。”我们所遇到的有机磷农药、安眠药、纸张、墨水等等都是具体的物质。

物质在不断地运动和变化。化学所接触的物质运动和变化主要有物理变化和化学变化两大类。物质的不同状态（气态、液态、固态）在一定的条件下可以互相转化，就是物理变化。除了物质的三态变化以外，电、光、声等都是常见的物理变化。物理变化没有改变物质的组成，也没有产生新的物质。如水受热变成水蒸气，水蒸气的成分还是水，所以是物理变化。和物理变化不同，化学变化改变了物质的组成，同时产生了新的物质。例如，水经过电解变成了氢气和氧气，酒精燃烧变成了水和二氧化碳，铁在潮湿的空气中表面生成了铁锈。所以水的电解，酒精的燃烧，铁锈的生成都是化学变化。我们把引起物质组成改变而产生新物质的变化叫做化学变化或化学反应。

物质具有一定的性质。物质的性质分为两大类—物理性质和化学性质。物质的色泽、臭味、比重、沸点、熔点、结晶，溶解度等属于物质的物理性质；物质因加热、见光或者与其它物质作用，发生化学变化，属于物质的化学性质。如物质的分解、化合就属于物质的化学性质。每一种物质都具有其固有的物理性质和化学性质。刑事化验就是根据物质的不同性质来认识和鉴别各种物质。

第二节 分子和原子

物质可分为分子，分子可分为原子，原子也是无限可分的，这就是物质的无限可分性。

一、分子和原子

1. 分子

物质都是由分子组成的

送检的有机磷检材，一嗅便嗅到有机磷的臭味，这是有机磷微粒散发出来的缘故，散发出的有机磷并没有改变其化学性质。糖溶于水是肉眼看不见的微粒分散在水中，但糖仍能保持其原有的化学性质。

这些事实说明物质是可以分的，它可以分成十分微小的微粒，这种保持物质的化学性质的最小微粒叫做分子。分子不能用肉眼看见，它的重量和体积都非常小。例如水分子的重量是0.00000000000000000000003克，（即 3×10^{-23} 克），它的直径是0.000000028厘米（即 $0.8 \text{ \AA}$ ， $1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ 厘米）。分子虽然这么小，都是真实存在的。十九世纪的唯

心主义、形而上学者认为分子并不是客观存在的，是不可认识的，分子只是人们为了说明物质而主观臆造的一个概念。近年来，由于科学技术的发展，人们已能应用电子显微镜去观察和研究某些大分子的结构了。

分子是不断运动的。我们嗅到有机磷的臭味，就是有机磷分子扩散到空气的结果。糖所以能溶解于水，也是分子运动的结果。

2. 原子

分子都是由原子组成的。同分子是真实存在一样，原子也是真实存在的，最近原子照片也拍摄成功。

水经过电解变为氧气和氢气，说明水的分子是可分的。在电解过程中，水分子分解成两种微粒，再由这两种微粒分别组合成氧气和氢气。这种微粒叫原子。

实验可以证明水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成，每一个氢分子是由两个氢原子组成，每一个氧分子是由两个氧原子组成。如果用  和  分别代表氧原子和氢原子，可用如下示意图表示：

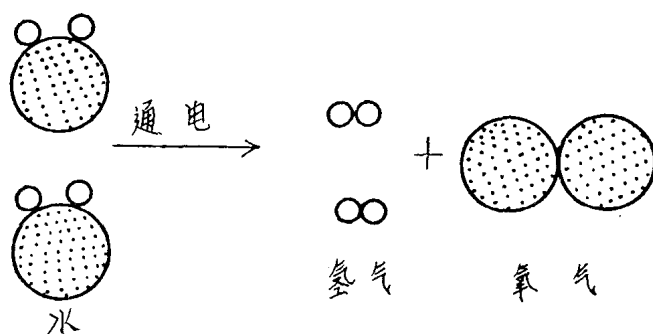


图 1-1 水的分解

分子由原子组成，在分子中存在着原子间的吸引和排斥，分子是组成它的原子间吸引与排斥斗争的统一体，水分子在通电的条件下，使分子中吸引和排斥这一对矛盾激化起来，旧的统一体——水分子分裂为原子，然后再重新组合成新的统一体——氢分子和氧分子。

物质发生化学变化，是由于物质分子中原子运动的结果。在化学变化中，原子是在不断运动的。由于原子的运动分子发生了变化。旧的分子分裂了，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，原子是化学变化中的最小微粒。

水的电解实验还证明了，原子也是在不断运动的。

原子是不是物质的最小微粒呢？不是的。原子也是无限可分的。实验证明，原子是由原子核和电子组成的。而原子核由质子和中子组成。人们研究了原子核分裂出的微粒，

得知原子核的构造是极复杂的。现在已经发现二百多种比原子更小的微粒。根据它们质量的大小,大致可分成光子、轻子、介子、重子四类,这些微粒统称为“基本粒子”。它们都具有一定的质量、电荷、自转方向和平均寿命。它们在一定的条件下可以互相转化。组成原子的“基本粒子”是轻子类的电子和重子类的质子、中子。原子的组成可粗略概括如下:

原子 $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核} \left\{ \begin{array}{l} \text{质子——带一个单位正电荷, 一个单位质量。} \\ \text{中子——中性不带电, 一个单位质量。} \end{array} \right. \\ \text{电子——带一个单位负电荷, 一个单位质量的}1/1840。 \end{array} \right.$

二、原子量和分子量

1. 原子量

物质是有质量的,所以原子也一定是有质量的。从原子的组成看,电子的质量很小,只有质子质量的 $1/1840$,因此,原子的质量近似地等于原子核的质量,即等于质子的质量再加上中子的质量。原子是这样小,以致现在还无法直接称出一个原子的质量。不过人们可以通过质谱仪来测定不同原子的相对质量(指一种原子比另一种原子重多少倍)。

原子量就是表示不同原子的相对质量。国际上把一种碳原子的质量规定为12,其他原子的质量与它比较所得的数值就是这种原子的原子量。例如镁的原子量为这种碳原子的2.026倍,即镁的原子量是24.312;氢的原子量为这种碳原子的 $1/11.905$,即氢的原子量是1.00797。

在我们一般化学计算中,用不着精确度这样高的原子量,一般取一位或两位小数就够了,如镁的原子量为24.31,氢的原子量为1.01。(元素原子量详见137页附表)

2. 分子量

和原子量一样,表示分子质量的方法也是用相对质量来表示的,它所用的标准和原子量也是一样的。所以,分子的相对质量即分子量就是分子中各种原子的原子量的总和。

分子量是测定出来的,例如可以用质谱仪或其他方法来测定。

分子量可以用原子量进行计算。

例如水的分子是由二个氢原子和一个氧原子组成,氢的原子量是1.0,氧的原子量是16.0,所以水的分子量是 $1.0 \times 2 + 16.0 = 18.0$ 。

三、克原子和克分子

由于各种元素的原子量都不一样,各种物质的分子量也不一样,因此,相同分子数的不同物质的重量是不同的。在化学实践中,需要找到一种既表示物质重量又表示物质的分子(或原子)数量的特殊量度单位,这就是克原子和克分子。

1. 克原子

由原子量表可得氢原子量和氧原子量之比是1:16,即1个氢原子的质量是1个氧原子质量的 $1/16$,所以1克氢气中的氢原子数就应该是1克氧气中的氧原子数的16倍,显然只有16克氧气里所含的氧原子数才能跟1克氢气里所含的氢原子数相等。

同理,硫的原子量与氢的原子量之比是32:1,每个硫原子的质量是氢原子质量的

32倍,所以1克氢气所含氢原子数与32克硫所含硫原子数相等。

如果把每一种元素都如上述推算一下,就会得出共同的结论:

用克表示的与物质的原子量数值相等的任何物质重量,含有相同的原子数。(实验得出,这个原子数是 6.023×10^{23} 个)

我们把用克来表示与该物质原子量数值相等的重量叫做该物质的克原子量,也叫1个克原子。

例如,氧的原子量是16.0,1克原子氧也即氧的克原子量就是16克,1/2克原子氧就是16克/2即8.0克。硫的原子量是32,2克原子硫就是硫的克原子量 $32 \text{克} \times 2 = 64 \text{克}$ 。所以:

$$\text{克原子数} \times \text{克原子量} = \text{克数}$$

如上所述,1克原子氢与1克原子硫所含原子数相同,那么0.5克原子氢与0.5克原子硫所含原子数也一定相同。因此,不难得出,克原子数相等的任何物质所含原子数也相等。

2. 克分子

水的分子量跟氢的原子量之比是18:1,即1个水分子的质量是氢原子质量的18倍。因此,在18克水里所含的水分子数必等于1克氢气里所含氢原子数。同理只要取和物质分子量相同的克数的这种物质,它所含的分子数都跟1克氢气里所含的原子数相等,都等于 6.023×10^{23} 个。

我们把用克来表示与该物质分子量数值相等的重量叫做该物质的克分子量,也叫1个克分子。

例如,水的分子量是18.0,水的克分子量就是18.0克,1克分子水即18克水。硫酸的分子量是98.1,它的克分子量就是98.1克,98.1克硫酸也即1克分子硫酸,1/4克分子硫酸就是 $98.1 \text{克} / 4 = 24.5 \text{克}$ 。

所以:

$$\text{克分子数} \times \text{克分子量} = \text{克数}$$

我们同样可以得出,克分子数相等的任何物质所含分子数也相等。如0.2克分子硫酸与0.2克分子水所含分子数相等。

第三节 物质的分类

一、元素、元素符号、分子式

1. 元素

氧分子中有氧原子,水分子中也有氧原子,二氧化碳分子中也有氧原子,不论氧原子存在于哪种物质的分子中,它们都是同种类的。我们把同种类的原子称作元素。

分子的种类目前已有几百万种,但组成物质的元素种类却不太多,到目前为止已发现107种,其中14种是人工合成的(详见137页元素周期表)常见的只有几十种。

根据元素的性质,元素可分为金属元素和非金属元素两大类。汉字中把金属元素的名称用金字作偏旁(汞除外如钾、铁);非金属元素在常温下是气态的冠以气字头,如氢、氧等;液态非金属则用“氵”作偏旁,如溴;固态非金属则用石字作偏旁,如碳、硫等。

表 1 地壳中所含元素重量百分数 (%)

氧	49.13	氢	0.94
硅	26.00	钛	0.63
铝	7.45	碳	0.35
铁	4.20	磷	0.13
钙	3.25	锰	0.10
钠	2.40	硫	0.10
钾	2.35	其 它	0.62
镁	2.35		

表 2 人体中所含元素的重量百分数 (%)

氧	65.00	钠	0.15
碳	18.00	氯	0.15
氢	10.00	镁	0.05
氮	3.00	铁	0.004
钙	1.50	锰	0.0003
磷	1.00	铜	0.00015
钾	0.35	碘	0.00004
硫	0.25	其 它	极微量

2. 元素符号

为了便于表达，各种元素都用一定的符号来表示，这种符号称作元素符号。

世界各国所用的元素符号是统一的，它用拉丁文名称第一个大写字母来表示。如遇几种元素名称的第一个字母相同时，则再加一个小写字母加以区别。如O代表氧元素，H代表氢元素，N代表氮元素，Na代表钠元素，Ni代表镍元素等。

元素符号表示一种元素，也表示一种元素的一个原子和它的原子量。例如H表示氢元素，也表示一个氢原子，它的原子量是1.0。

3. 分子式

我们知道了一个分子中各元素的原子个数，我们就可以用元素符号把分子的组成表示出来。分子式就是用元素符号表示分子组成的式子。如水的分子由二个氢原子和一个氧原子组成，水的分子式为 H_2O 。

分子式有一个统一的写法，如果由金属与非金属组成的分子，先写金属元素，后写非金属元素，例如氯化钠写成NaCl；如果由非金属与氧、氯元素组成的分子，习惯上先写非金属元素，后写氧、氯，如一氧化碳写成CO；如果分子中某元素的原子数超过1，则用数字在该元素符号的右下角标出，如水分子含有两个氢原子与一个氧原子，就写成 H_2O ，同样，二氧化碳写成 CO_2 ，四氯化碳写成 CCl_4 ，五氧化二磷写成 P_2O_5 。

分子式具有如下的含义：

- ①表示物质的一个分子；
- ②组成这个分子的原子的种类和个数；
- ③组成这个分子各元素的重量之比；
- ④表示分子量；

例如， H_2O 这个分子式的意义：

- ①表明水的一个分子；
- ②水分子里含有两个氢原子和1个氧原子；
- ③水分子中氢、氧两元素重量之比是2:16；
- ④水的分子量是18.0。

二、物质的分类

1. 纯物质与混合物

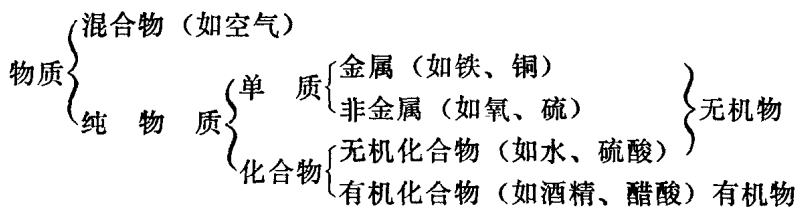
我们日常所接触的物质有纯物质和混合物之分。所谓纯物质就是物质中只含有一种分子，而混合物则包含多种分子。例如空气就是由氮气、氧气、氢气等多种分子组成，所以是混合物。“完全的纯是没有的，……不纯是绝对的，纯是相对的。”我们通常所谓的纯物质与不纯物质是相对而言的。它们之间并没有绝对的界限，至于它们的相对界限只是根据生产和科学研究的需要而规定的。凡杂质的含量不足以使生产或科学研究过程发生有害的干扰就可以叫纯物质。确切地讲，只能够说某物质的纯度有多高。根据国产牌号，物质的纯度由高到低，可分四级：Ⅰ代表优级纯（一级），Ⅱ代表分析纯（二级），Ⅲ代表化学纯（三级），Ⅳ代表实验试剂（四级）。并且对每一种试剂不同纯度等级都规定了主要杂质的最高限量。我们常用分析纯试剂。

2. 单质与化合物

物质的分子如果只含有一种原子，这种物质就叫做单质，例如氧气、氢气、铜、铁、铝、碳、硫等，如果物质的分子含有两种或两种以上的原子，这种物质就叫做化合物，例如水的分子 H_2O 是由二种原子组成的，所以水是化合物；硫酸 H_2SO_4 的分子由三种原子组成，所以它也是化合物。

法国化学家普鲁斯特（J.L.Proust 1755~1820）用实验精密分析各种化合物的组成以后，得出结论：每种化合物的组成，在质和量的方面，都是严格地一定不变的。或者说，每种化合物所含各元素的重量比，是固定不变的。这个规律，称为定组成定律。例如，水是一种化合物，不管它的来源怎样，只要是纯粹的水，一定含有氢和氧两种元素，而且一定按8份重的氧与1.008份重的氢之比相互化合。又如硫化亚铁、氯化钠等都是化合物，它们的组成也都是固定不变的。

综上所述，物质简单分类可概括如下：



第四节 化 合 价

一、化合价

化合物分子中各元素的原子数目都有一定的比例。在这些比例中我们能不能找出一些规律？我们选择一些分子式进行比较：

H_2O	H_2S	HCl
Na_2O	Na_2S	NaCl
MgO	MgS	MgCl_2
CaO	CaS	CaCl_2

比较 H_2O 与 Na_2O 、 H_2S 与 Na_2S 、 HCl 与 NaCl ，可见与同一种元素（例如氧、硫、氯）化合时，H与Na的比价是相同的。即与同一种元素的一个原子相结合的H原子个数和Na原子个数是相同的。

比较 MgO 与 CaO 、 MgS 与 CaS ，又可以看出Mg与Ca的比价也是相同的。再看第一、第二纵行，与同种元素（例如氧或者硫）的一个原子相结合的H原子个数与Na原子个数相同，Mg原子个数与Ca原子个数相同。但Mg、Ca的比价比H、Na的大一倍，即一个Mg或一个Ca的比价相当于两个H或两个Na。同样，从第一与第三纵行或第二与第三纵行比较，又可以看出O和S的比价比Cl大一倍。

为了归纳元素在化合物中的比价，化学上引入了化合价这一概念。H、Na的比价最低，定为1，其化合价规定为+1价。金属元素化合价一般规定为正价，这样Ca、Mg化合价就是+2价。非金属元素化合价一般规定为负价，如Cl是-1价，S和O是-2价。在化合物分子中，各元素的正负化合价的代数和等于零。如 H_2O 分子中，H的化合价为+1，O的化合价为-2，其代数和 $1 \times 2 + (-2) = 0$ 。根据这一点还可以求出元素的化合价。比如，O的化合价已知为-2，则根据分子式 Al_2O_3 、 CO_2 、 P_2O_5 等可以求出Al的化合价为+3价，C的化合价为+4，P的化合价为+5价。

习惯上把单质的化合价当做零价。

一些元素和原子团的化合价见27页附表。

二、化合价的实质

元素的化合价既然是有规律的，这就启示我们，它一定反映了更深刻的实质。

我们已经学过物质由分子组成，分子由原子组成。原子又大致包括两个部分——原子核与核外电子。一个原子在原子核与核外电子之间存在着既吸引（例如核与电子由于相反电荷而吸引）又排斥（例如电子绕核旋转而产生的离心力）的对立统一。而整个物质的分子之间、分子中原子之间同样也存在着这种既吸引又排斥的对立统一。在化学反应时不同物质的分子相互靠近，从而产生了新的吸引与排斥。这一新矛盾的出现，影响了原有的对立统一。这时分子中原子的核外电子有一部分向另一分子的原子转移或偏移。从而使旧分子中原有的吸引和排斥的对立统一破坏，使旧分子分裂，形成了新分子，建立了新分子中的新的吸引和排斥的对立统一。化合价的实质就是元素的一个原子在一定的化学反应中所能转移或偏移电子的数目。在一定的化学反应中，一种原子能够转移（或偏移）的电子数是一定的。同样，另一种原子能够接受的电子数也是一定的。以氯与钠反应生成氯化钠为例，一个钠原子只能转移出1个电子，一个氯原子也只能接受1个电子，所以氯化钠分子中氯与钠原子数之比是1:1。再以氯与镁反应生成氯化镁为例，一个镁原子总是要转移出2个电子，这样就需要有2个氯原子来接受这2个电子，所以氯化镁分子中氯与镁的原子数之比是2:1。钠能转移出一个电子，带一个单位正电荷所以化合价为+1价，镁能转移出2个电子，带二个单位正电荷所以化合价为+2。氯只能接受1个

电子，带一个单位负电荷，所以氯的化合价是 -1 价。电子是带负电的，钠、镁失去电子后就变成带正电的微粒，氯获得电子后，就成为带负电的微粒。这种由于电子转移出或获得电子而成为带电的微粒叫离子。带正电的离子叫正离子，例如 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 、 Na^{+1} 就是带2个或1个正电荷的正离子其化合价就是 $+2$ 或 $+1$ 。带负电的离子叫负离子，例如 Cl^- 、 S^{2-} 就是带1个或2个负电荷的离子，其化合价就是 -1 或 -2 。因此，原子转移出电子成为正离子，其化合价是正价；原子获得电子成为负离子，其化合价是负价。

在一些化学变化中，有的原子不是把电子完全转移出或获得，而是电子发生了偏移，例如氢与氯的反应成氯化氢时，氢的电子不是完全转移到氯，而只是向氯偏移，这样氢的化合价就是 $+1$ 价，而氯的化合价就是 -1 价。

有些元素的原子在不同条件下转移(偏移)或获得电子数不相同，所以具有可变化价。例如碳与氧的反应，在一种条件下生成 CO_2 ，在另一种条件下则生成 CO 。这样碳就有两种化合价 $+4$ 和 $+2$ 。

在化学反应中常有几个原子结合在一起，在参加化学反应时它们并不分开，而作为一个整体，这个整体称为原子团或根。原子团或根的化合价的决定与元素的化合价是一样的。例如，1个硫酸根 SO_4 能与2个氢原子化合而成硫酸 H_2SO_4 ，所以 SO_4 根的化合价为 -2 价。

尽管原子间发生了电子的得失或偏移，但分子本身是不显电性的，所以在化合物里，各元素的正负化合价的代数和等于零。

表 3 常见元素和原子团的化合价

名 称	符 号	常见的化合价	名 称	符 号	常见的化合价	名 称	符 号	常见的化合价
氢	H	$+1$	铁	Fe	$+2, +3$	氯 酸 根	ClO_3	-1
硼	B	$+3$	铜	Cu	$+1, +2$	次氯酸根	ClO	-1
碳	C	$-4, +4$	锌	Zn	$+2$	亚硫酸根	SO_3	-2
氮	N	$-3, +3, +5$	砷	As	$+3, +5$	硫酸根	SO_4	-2
氧	O	-2	溴	Br	-1	氢 氧 根	OH	-1
氟	F	-1	银	Ag	$+1$	亚硝酸根	NO_2	-1
钠	Na	$+1$	锡	Sn	$+2, +4$	硝酸根	NO_3	-1
镁	Mg	$+2$	铋	Sb	$+3, +5$	磷酸根	PO_4	-3
铝	Al	$+3$	碘	I	-1	亚砷酸根	AsO_3	-3
硅	Si	$+4, -4$	钡	Ba	$+2$	砷 酸 根	AsO_4	-3
磷	P	$-3, +3, +5$	铂	Pt	$+4$	碳酸根	CO_3	-2
硫	S	$-2, +4, +6$	金	Au	$+3$	碳酸氢根	HCO_3	-1
氯	Cl	$-1, +1, +5$	汞	Hg	$+1, +2$	铵 根	NH_4	$+1$
钾	K	$+1$	铅	Pb	$+2, +4$	高锰酸根	MnO_4	-1
钙	Ca	$+2$	铋	Bi	$+3, +5$	氰 根	CN	-1
铬	Cr	$+3, +6$	钴	Co	$+2$	硫 氰 根	SCN	-1
锰	Mn	$+2, +4, +7$	硒	Se	$+4$	重铬酸根	Cr_2O_7	-2
镉	Cd	$+2$	钯	Pd	$+2$	铬 酸 根	CrO_4	-2

第五节 化 学 反 应

一、化学方程式

1. 质量守恒定律

让我们做如下实验：取二个烧杯，其中各盛石灰水溶液 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ （无色）和硫酸铜溶液 CuSO_4 （天蓝色），放在天平盘的一个称盘上，在天平的另一个称盘上放砝码，使两边平衡。

然后将石灰水倒入硫酸铜溶液的烧杯中，可以看到有浅蓝色沉淀氢氧化铜 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 生成，再把这两个烧杯一起放回原来那个天平盘上去称其总重量，可发现天平的两边仍是平衡的。即和原先的重量相等。这说明在这个反应中反应前物质的总重量（或总质量）和反应后生成的新物质的总重量（或总质量）相等。



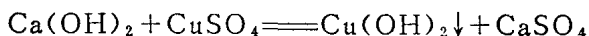
又如蜡烛燃烧，发生了化学变化。初看起来，是蜡烛烧掉了，但是实际上蜡烛与空气中的氧化合而变成了水和二氧化碳。如果把燃烧生成的水和二氧化碳收集称量，可以证明，水和二氧化碳的重量（或质量）等于蜡烛和空气中氧气发生反应的重量（或质量）。

事实说明，在化学反应里，参加反应的各种物质的总质量总是等于反应后生成的各种物质的总质量。这就是质量守恒定律。实际上，化学反应过程就是参与反应的物质分子中原子间的化分和化合的过程。反应前后各元素的原子总数保持不变，而各元素原子量一定，因此反应前后物质的总质量当然相等。

2. 化学方程式

①化学方程式是化学反应客观事实的反应。

例如前边所做的实验，石灰水和硫酸铜的反应，可用如下化学方程式表示。



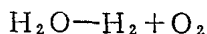
化学方程式就是用元素符号和分子式表示的，物质间化学反应的等式。它是根据实验结果写出来的，表示真实的化学反应。它具体表明了参加反应的物质（反应物）和反应后生成的物质（生成物）以及这些物质间的重量关系。

②正确书写化学方程式

化学方程式是记述客观存在的化学反应事实，因此在书写某一化学反应的化学方程式之前，首先必须确切知道它所表示的化学反应是客观存在的，并确切知道在这一化学反应里反应物和生成物各是什么？反应发生的条件是什么？反应时有什么现象发生等等。这就是要以实验事实为依据，绝不能凭主观唯心的猜测，随便乱写。其次，化学方程式里应该把反应前后物质的重量关系表示出来，也就是必须符合反应前后物质总重量不变的原则。

下面用水的电解为例子，说明书写化学方程式的大致步骤：

（1）根据化学反应事实，将反应物的分子式写在左边，生成物的分子式写在右边，如果反应物（或生成物）不是一种，就用“+”号将反应物（或生成物）的分子式连结起来。在反应物和生成物之间划一短线“—”，如下式：

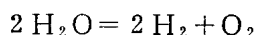


（2）在每一个分子式前面配上适当的系数。因为根据化学反应前后物质总重量不变

的原则，对每种元素来说，反应前后原子个数是不变的，而每种物质的分子式是不能任意改变的。在这种情况下，只能在分子式前面配上适当的系数，使各种元素的原子数目在式子的两边都相等。这叫做化学方程式的配平。

上述右边的氧气分子里含有两个氧原子，而式子左边的水分子里只有一个氧原子，所以必须要有两个水分子才能分解出两个氧原子。因此，要在水的分子式前配上系数2。

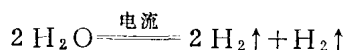
这样，虽然式子左右两边氧原子数目是相等了，但氢原子数目不相等，因两个水分子里共含有4个氢原子，而右边只有2个氢原子，所以在式子右边氢气分子式前面也应该配上系数2。这样，式子左右两边氢、氧元素的原子数目都已相等了，即方程式已配平，可以把中间的直线改成等号，即得：



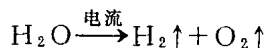
(3) 某些反应只在特定条件下才能发生，这时要在等号上注明反应发生的条件。例如水分解的条件是通以电流，则电解水的反应式应写成：



此外，如果反应物是液体、固体而反应产物中有气体产生时，我们用符号“↑”写在气态生成物分子式的右边来表示，在溶液中进行反应时，如果反应产物是难溶的沉淀，我们用符号“↓”写在难溶生成物分子式的右边来表示。因此，用来表示上述水的电解反应的完整的化学方程式是：



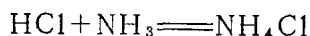
有时，为了方便，用化学反应式来说明某化学反应，反应式是没有经过配平的。如水的电解反应生成氢和氧可用以下反应式表示：



二、化学反应基本类型

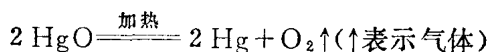
1. 化合反应

由两种或两种以上的物质的分子生成一种新物质的分子的反应，叫化合反应。例如氯化氢HCl和氨NH₃化合生成氯化氨NH₄Cl。



2. 分解反应

由一种物质的分子生成两种或两种以上新物质的分子的反应，叫分解反应。例如氧化汞HgO加热分解为氧O₂和汞Hg。



3. 置换反应

单质的分子将化合物中的一种原子取代出来，生成新单质的分子，这种反应叫置换反应。例如锌Zn置换稀硫酸H₂SO₄中的氢H生成氢气H₂和硫酸锌ZnSO₄。



4. 复分解反应

两种化合物分子中原子或原子团互相交换，生成两种新化合物的分子的反应，叫做