

药用无机化学

沈阳军区后勤部卫生部

目 录

第一章 化学的基本概念	(1)
第一节 物质和物质运动的形式	(1)
第二节 原子和分子	(2)
第三节 元素、单质和化合物	(3)
第四节 分子式	(4)
第五节 化合价	(5)
第六节 化学反应的主要类型	(7)
第七节 物质不灭定律	(8)
第八节 化学方程式	(8)
第九节 克原子量和克分子量	(9)
第十节 有关化学方程式的计算	(10)
第二章 空气与水	(13)
第一节 空气	(13)
第二节 氧	(13)
第三节 燃烧与灭火	(16)
第四节 氮	(16)
第五节 氢	(17)
第六节 惰性气体	(18)
第七节 水	(18)
第八节 空气与水的污染和净化	(19)
第三章 无机物的分类	(21)
第一节 金属和非金属	(21)
第二节 氧化物	(21)
第三节 碱	(22)
第四节 酸	(23)
第五节 盐	(24)
第六节 当量 克当量	(25)
第四章 元素周期律与原子构造	(28)
第一节 元素周期律和周期表	(28)
第二节 原子结构	(30)

第三节	放射性同位素的应用	(32)
第五章	分子结构	(35)
第一节	化学键	(35)
第二节	元素化合价的本质	(37)
第三节	结构式	(39)
第四节	极性分子和非极性分子	(39)
第五节	固态物质的结构	(40)
第六章	化学反应速度和化学平衡	(42)
第一节	化学反应速度	(42)
第二节	影响化学反应速度的因素	(42)
第三节	化学平衡	(44)
第四节	化学平衡的移动	(45)
第七章	溶 液	(47)
第一节	溶液的一般概念	(47)
第二节	溶解过程和水化学说	(47)
第三节	结晶水化物的风化与潮解	(48)
第四节	溶液浓度的表示法	(48)
第五节	浓度计算	(50)
第六节	溶解度	(52)
第七节	气体在液体中的溶解度	(52)
第八节	液体在液体中的溶解度 分配定律	(53)
第九节	溶液的依数性	(54)
第十节	胶体	(57)
第八章	电解质溶液	(60)
第一节	电离学说的要点	(60)
第二节	酸、碱、盐在水溶液中的电离	(61)
第三节	电离度	(62)
第四节	电离平衡	(62)
第五节	电离平衡的移动和同离子效应	(64)
第六节	溶度积原理和非均匀体系的电离平衡	(65)
第七节	同离子效应和溶度积的计算举例	(66)
第八节	离子反应	(67)
第九节	络合物	(68)
第十节	结晶	(71)
第九章	水的电离及水解	(74)

第一节	水的电离	(74)
第二节	氢离子浓度和溶液的酸硷性	(74)
第三节	PH 值及其计算	(75)
第四节	指示剂	(77)
第五节	酸碱滴定	(78)
第六节	缓冲溶液	(78)
第七节	水 解	(80)
第十章	氧化与还原	(83)
第一节	氧化与还原的概念	(83)
第二节	氧化剂与还原剂	(83)
第三节	电池和电化顺序	(84)
第四节	氧化还原方程式的配平	(88)
第五节	电解和电镀	(90)
第六节	氧化当量与还原当量	(91)
第十一章	卤 素	(93)
第一节	卤素的通性	(93)
第二节	卤素的性质和用途	(94)
第三节	卤化氢和卤化物	(95)
第四节	氯的含氧化合物	(97)
第五节	药 物 (含氯石灰、氯化钠、氯化钾、溴化钠、碘、碘化钾)	(98)
第六节	氰化物与硫氰化物	(101)
第十二章	氧和硫	(103)
第一节	氧族元素的通性	(103)
第二节	药物 (过氧化氢)	(104)
第三节	硫及其化合物	(105)
第四节	二氧化硫和亚硫酸	(106)
第五节	硫酸	(107)
第六节	硫的其它含氧化合物	(108)
第七节	药物 (升华硫、硫酸钠、硫代硫酸钠)	(109)
第十三章	周期系第五族主族元素	(112)
第一节	第五族主族元素的通性	(112)
第二节	氮和铵盐	(112)
第三节	氮的氧化物	(114)
第四节	亚硝酸和亚硝酸盐	(115)
第五节	硝酸和硝酸盐	(115)
第六节	药物 (氯化铵、溴化铵、亚硝酸钠)	(117)

第七节	磷	(118)
第八节	磷的含氧化合物	(119)
第九节	砷及其化合物	(120)
第十节	锑和铋及其化合物	(120)
第十四章	周期系第三、四族主族元素	(123)
第一节	第三、四主族元素的通性	(123)
第二节	碳	(124)
第三节	碳的含氧化合物	(125)
第四节	药物(药用炭、碳酸氢钠)	(126)
第五节	硅与硼	(127)
第六节	二氧化硅	(128)
第七节	硅酸盐	(128)
第八节	药物(三硅酸镁、白陶土、滑石粉、硼酸、硼砂)	(130)
第九节	铝及其化合物	(132)
第十节	药物(氢氧化铝凝胶、明矾、硷式氯化铝)	(133)
第十一节	锡及其化合物	(134)
第十二节	铅及其化合物	(135)
第十五章	碱金属和碱土金属	(137)
第一节	碱土金属元素的通性	(137)
第二节	镁及其化合物	(138)
第三节	药物(硫酸镁、碳酸镁、氧化镁)	(138)
第四节	钙及其化合物	(140)
第五节	药物(氯化钙、干燥硫酸钙、磷酸氢钙)	(141)
第六节	钡及其化合物	(142)
第七节	药物(硫酸钡)	(143)
第八节	碱金属通性	(143)
第九节	钠和钾及其化合物	(144)
第十六章	副族元素	(147)
第一节	副族元素的性质	(147)
第二节	铜和银及其化合物	(147)
第三节	药物(硫酸铜、硝酸银)	(149)
第四节	锌及其化合物	(150)
第五节	药物(硫酸锌、氧化锌)	(151)
第六节	汞	(151)
第七节	药物(黄氧化汞、甘汞、升汞、氯化氨基汞)	(152)
第八节	铬及其化合物	(153)

第九节 锰及其化合物·····	(155)
第十节 药物 (高锰酸钾) ·····	(156)
第十一节 铁及其化合物·····	(157)
第十二节 药物 (硫酸亚铁) ·····	(158)

附录一：药物容量分析

第一节 药物检定的一般概念·····	(160)
第二节 容量分析·····	(161)
第三节 中和法·····	(167)
第四节 银量法·····	(173)
第五节 氨羧络合量法·····	(175)
第六节 碘量法·····	(179)
第七节 药房快速分析法简介·····	(182)

附录二：化学元素表·····	(186)
三：元素周期表·····	(188)
四：一些无机化合物在不同温度下水中的溶解度·····	(189)
五：各种酸的比重表·····	(191)
六：各种碱的比重表·····	(196)
七：常用试剂配制法·····	(193)

第一章 化学的基本概念

第一节 物质和物质运动的形式

一、物质的概念：自然界的万物概括成一个词，称为物质，物质的基本形式是在自然界占有一定空间和具有质量，如水、木材、玻璃、钢、煤、粮、棉都是物质。有一定形状和大小的物质，我们称它为物体，如水滴、木棒、玻璃片、钢锭、煤块、棉球、药片等。

二、物质的运动：自然界的物质都在不断运动着，物质的运动形式是多种多样的。概括起来可以分为：

- (1) 机械的运动形式：如物体的移动和转动等。
- (2) 物理的运动形式：如水受热成汽，遇冷成冰。光的发射，电的流动等运动。
- (3) 化学的运动形式：如铁的生锈，煤的燃烧，食物的消化等。
- (4) 生物的运动形式：如生命现象中的生物生、老、病、死，以及生态变化等。
- (5) 人类的社会活动：如人的思想活动，生产实践，社会发展等。

由此可见，物质的运动形式是由初级到高级，由表面到本质，由局部到整体是十分丰富，十分广泛的。伟大领袖毛主席指出：“除了运动的物质以外，世界上什么也没有。”

化学就是研究物质的化学运动的学科。化学运动最本质的特征，是运动生成了新的物质，因此通常把化学运动称为化学变化，或化学反应。必须认识到各种运动形式不是孤立的，静止的，而是互相有连系和可以转化的。例如化学运动可以变成电运动（电池放电），加热可以引起化学反应。又如在煤的燃烧，产生与煤完全不同的灰烬是化学变化，此外同时产生热发出光，并且煤的外观、硬度、颜色等也发生了变化，这些则属于物理运动或物理变化范围。概括起来说：凡物质的变化仅限于物质的外貌，状态等，而不生成新物质的变化叫做物理变化。凡物质的变化产生了本质不同的新物质叫做化学变化。化学变化常常伴随有物理变化同时发生。

三、物质的性质 不同的物质在相同的条件下，常常发生不同的变化，如汽油点火即燃烧，而水则不能，这是因为物质有不同性质的原故。物质所具有的特征叫做物质的性质。物质的性质可以分为物理性质和化学性质两大类。

物质的有些性质如色、臭、味、比重、溶解性、传热性、导电性等，不需要发生化学变化就能够表达出来，这类性质叫做物理性质。

物质的有些性质如可燃性，酸碱性，对光、热的稳定性，要在发生化学反应的时候才能表达出来，这类性质叫做化学性质。

“无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。”我们学习化学，就是要了解物质的性质，掌握物质的变化规律，归根结底是为了变革物质，以丰富的自然物质为三大革命运动服务。

第二节 原子和分子

一、原子——分子论

从辩证唯物主义的观点来看,物质是无限可分的。例如雾里的小水滴的质量是很微小的,太阳一出来,就逐渐化为水蒸汽。雾遇到冷的东西就凝结成大的水滴。可见雾一样的水滴仍保持水的一切性质。又如红墨水用水多次稀释,仍然可以看到红色,可见红色染料也是很小的粒子所组成。对于物质的可分性,人们提出了物质是由极小的质点所组成的概念。经过反复的实践和提高,成为现在的原子——分子论。原子——分子论的基本内容如下:

1. 一切物质都是由分子组成的,分子是物质能够独立存在的最小质点,它保持着物质的一切化学性质。

2. 分子是由更小的质点——原子所构成的。原子是化学反应中最基本的质点。

3. 同种物质的分子在质量、大小和性质上完全相同;不同物质的分子在质量、大小和性质上则不相同。

4. 同种原子的质量、大小和性质都相同;不同种类原子的质量、大小和性质都不相同。

5. 分子和原子都处于不停的运动之中。原子——分子论的建立,使人们的认识接触到物质的本质。尽管原子结构的理论和同位素的发展,已超过原子——分子论的范围,原子虽然很小,但仍然可分为电子、质子、中子以及介子、变子、超子、光子等。但是在普通的化学反应中,原子——分子论仍然是最基本的理论。

二、原子量与分子量

1. 原子量:原子虽然很微小,但是它也必然是占有空间和具有质量的,并且不同种的原子的质量是不同的,例如:

一个氢原子的质量是 0.000,000,000,000,000,000,001,672 克

一个氧原子的质量是 0.000,000,000,000,000,000,000,026,56 克

一个碳原子的质量是 0.000,000,000,000,000,000,000,0199 克

这样小的数字,在记忆和进行计算时都很不方便,所以在化学上采用一种特殊的质量单位——碳单位来表示原子的质量。一个碳单位是碳原子质量的 $\frac{1}{12}$

$$\begin{aligned}\text{一个碳单位} &= \text{碳原子质量的 } \frac{1}{12} \\ &= \frac{0.000,000,000,000,000,000,000,0199 \text{ 克}}{12}\end{aligned}$$

$$= 0.000,000,000,000,000,000,000,001,66 \text{ 克}$$

因此,原子量就是用碳单位来表示的一个原子的质量。

例如: 1 个氢原子的质量是 1 个碳单位的 1.008 倍。

$$\frac{1 \text{ 个氢原子重 } 1.67 \times 10^{-24}}{1 \text{ 个碳单位重 } 1.66 \times 10^{-24}} = 1.008$$

所以氢的原子量等于1.008 碳单位。

同理，1个氧原子的质量是1个碳单位的16倍，所以氧的原子量等于16碳单位。在实际应用中，通常把“碳单位”三个字省去，例如氢的原子量是1.008，氧的原子量是16等等。

附注：关于原子量的标准问题，最早是以氧的原子量等于16作为原子量的标准，因氧能与大多数元素化合而成氧化物，同时以氧的原子量等于16作为标准，则最轻的元素氢的原子量就等于1.008，而不会小于1。

自从发现了同位素以后，物理学家和化学家对于原子量的标准就有了分歧。氧有三种同位素， ${}^8\text{O}^{16}$ ， ${}^8\text{O}^{17}$ ， ${}^8\text{O}^{18}$ 。这三种同位素在自然界中是以几乎不变的比例存在的，化学上是以氧（三种同位素按一定比例存在于自然界中的氧）作为原子量的标准，即以 $\text{O} = 16.0000$ 作为标准。求得的原子量称为化学原子量。物理学家主张以氧的最轻的同位素作为原子量的标准，即以 ${}^8\text{O}^{16} = 16.0000$ 作为标准。求得的原子量称为物理原子量，现在物理和化学已统一了标准，用碳的同位素 ${}^{12}\text{C}$ 作为标准，即以 ${}^{12}\text{C} = 12.0000$ 作为原子量的标准。这样求得的原子量与原来的化学原子量相差很小，一般在应用到四位以上的有效数字时才略有差异。例如氧的原子量从16.0000变成15.9994，相差不到万分之四，因此在一般计算中，仍旧可以把氧的原子量看作是16。

2. 分子量：分子是由原子所组成，所以物质的分子量，就是组成这种物质的分子中所有原子量加起来的总和。例如水的分子是由两个氢原子和一个氧原子所组成的，所以水的分子量是：

$$\text{水的分子量} = 1.008 \times 2 + 16 = 18.016 \text{ (碳单位)}$$

又如氧分子是由两个氧原子组成的，所以氧的分子量 $= 16 \times 2 = 32$ 。

某些物质象铁、铜、铝和碳、硫、磷等，因为它们的结构比较复杂，习惯上就用它们的原子量来代表它们的分子量，例如铁的原子量是55.847，铁的分子量就用55.847来代表。

第三节 元素、单质和化合物

一、元素 世界上的物质种类繁多，人们经过长期实践，分析了无数种各式各样的物质，发现它们都是由为数不多的，最简单，最基本的物质所组成，并把这些组成各种各样物质的最简单，最基本的物质叫做元素。如氢、氧、碳、铁等。到目前为止，人们已发现的元素共103种。

1. 元素的名称：所有元素的中文名称都只用一个字，通常把元素分为金属与非金属两大类。金属元素都用“钅”作偏旁，如金、银、铜、铁等，只有一种液体金属元素，仍沿用“汞”的名称，未加“钅”偏旁。

非金属元素在常温是气态的用“气”字头，如氢、氧、氮等；常温是液态的只有一种溴，用“氵”偏旁；常温是固态的用“石”偏旁，如硫、磷、碳等。

2. 元素的符号：为使用方便，将每种元素都给予固定的符号。国际通用的符号是，用元素拉丁名的第一个字母，如第一字母已有其他元素使用，则再加一个其他字母，但是必须注意，如果是一个字母，必须用大写；如果是两个字母，第一个字母必须大写，第二个字母必须小写，否则容易发生错误，例如Co表示钴元素，如写成CO就代表一氧化碳了。

常见的元素及其符号如下：

Al	Bi	Cr	Hg	N	S	Ag	Br	Cu	I	Na	Si	As	C	F
铝	铋	铬	汞	氮	硫	银	溴	铜	碘	钠	硅	砷	碳	氟
K	O	Zn	B	Ca	Fe	Mg	P	Ba	Cl	H	Mn	Pb		
钾	氧	锌	硼	钙	铁	镁	磷	钡	氯	氢	锰	铅		

元素符号的意义：

- (1) 代表一种元素，例如：C 代表碳元素；
- (2) 代表这种元素一个原子，C 代表一个碳原子；
- (3) 代表这种元素一个原子量，C 代表一个碳原子量12。

二、单质：分子由同一种元素构成的物质叫做单质。如氧分子由两个氧原子所构成，臭氧分子由三个氧原子所构成。铁分子由若干个铁原子所构成，都是单质。单质是在自然界游离存在的元素。

三、化合物：分子由两种或两种以上元素的原子所构成的物质叫做化合物。如水分子是两个氢原子和一个氧原子所构成，水就是化合物，水分子就是化合物分子。现在已知的天然存在和人工制造的化合物在三百万种以上。

第四节 分子式

用元素符号表示物质分子组成的式子，叫做分子式。

单质的分子由一个原子组成的，例如氦(He)，氖(Ne)等惰性气体，它们的元素符号也就是它们的分子式。有些单质的分子是由两个或三个原子组成的，例如氧、氢、氮、臭氧等气体，它们的分子式分别为 O_2 ， H_2 ， N_2 ， O_3 ，也就是在它们的元素符号的右下方，用数字表明这种单质的一个分子里所含原子的个数。另外，象铁、镁、铜等金属和碳、磷、硫等固体非金属单质，因为它们的结构比较复杂，习惯上只用元素符号来表示它们的分子式。如铁分子式是 Fe，磷的分子式是 P。

化合物的分子式，首先要知道这种物质含有那些元素，以及一个分子中含有每种元素原子的个数，然后写出元素符号，并在元素符号的右下角标明各种元素原子的个数。如二氧化碳分子中含有一个碳原子和两个氧原子，所以其分子式为 CO_2 。

写化合物分子式的时候，两种或两种以上元素符号的前后顺序不能随意写，有一定的规定，最简单的由两种元素组成的“二元化合物”的分子式的写法，一般是金属元素符号写在左方，非金属元素符号写在右方；在非金属与氧组成的化合物分子式里，非金属元素符号写在左方，氧的符号写在右方。这种二元化合物分子式的读法是先读右方元素，后读左方元素中间加一“化”字，如 NaCl 氯化钠， CO_2 二氧化碳， Fe_3O_4 四氧化三铁。

化合物里的元素常常有两个或多个原子结合成一个原子团，此种原子团在参加化学反应时作为一个整体，不易分开，特称它们为根，如氢氧根 OH，硝酸根 NO_3 ，硫酸根 SO_4 ，磷酸根 PO_4 等，在写分子式时，如果化合物的分子里有两个或两个以上相同的根时，则于根的符号外加括号，并在括号右下角注明数字，例如氢氧化铝的分子是由一个铝原子和三个氢氧根所组成，其分子式为 $Al(OH)_3$ 。硝酸钙的分子是由一个钙原子和两个硝酸根所组成，其分子式为 $Ca(NO_3)_2$ 。

分子式的意义：

- (1) 代表一种物质的组成，是由那种或那几种元素组成的；
- (2) 代表该物质一个分子；
- (3) 代表该物质一个分子量；
- (4) 如为化合物分子，则又代表其组成元素间质量比例关系。

例如： H_2O 代表水这个化合物

代表一个水分子

代表一个水分子量18.016

代表分子中氢和氧的质量比是 $1.008 \times 2:16 = 1.008:8$

根据大量实践证明：任何化合物，不论是来源和制法如何，其化合物的组成上，所含元素的质和量（即元素种类和各元素原子个数）是严格一定不变的。或者说每种化合物所含各元素的质量比，是固定不变的，这个规律，称为定组成定律。例如水，不管其来源所在，只要是纯水，其分子中只含有氢与氧两元素，并且氢与氧的比都是 $1.008:8$ 。因此我们根据分子式，可以计算出分子式中各元素的质量百分比。

例如：计算硫酸铵的含氮百分比：

一个硫酸铵分子中含有两个氮原子，氮的原子量是14。硫酸铵的分子量是：

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = (14 + 1 \times 4) \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 132$$

$$\text{所以：含氮}\% = \frac{\text{氮的原子量} \times 2}{\text{硫酸铵的分子量}} \times 100\% = 21.2\%$$

纯质和混和物：以上我们说的单质和化合物，都是指理想状态的情况，就是说都是由同种物质的分子所组成，其中不掺杂任何其他别的物质，称为纯质。唯物辩证法认为，事物都是相对的，物质的纯度也是相对的，只有相对的纯，没有绝对的纯。事实上，在所谓“超纯”物质中也会有极微量的不纯杂质。在生产实践和科学研究工作中，对所应用的物质都有一个纯度标准和杂质最大限量。医药品的这些标准都收集在国家药典，部颁标准或各省、市的标准规定中。对于国家尚未规定的新品种，生产单位常有暂时的厂订标准。

混和物是由不同分子组成的物质。因此它既不是单质，也不是化合物，它们是由单质和单质，化合物和化合物，或单质和化合物混和而成的。例如空气是由多种气体组成的混和物。又如蔗糖和水是两个不同的化合物，把糖溶化在水里得到的糖水就是一种混和物，用加热的方法又可以把蔗糖和水分开，水还是水，蔗糖还是蔗糖。混和物各组成之间没有不变的比例，如糖水中，糖与水的比例可以是 $1:10$ ，也可以是 $2:10$ ，等等。

第五节 化 合 价

一、化合价的初步概念

各种元素的原子与别种原子化合时，其化合能力各不相同。例如一个氧原子可以和一个钙原子化合形成 CaO ，和两个氢原子化合形成 H_2O 。为了表示这种化合能力，就提出了原子价的概念，因为原子在形成化合物时，才能表现其化合能力。故现在通称为化合价。

化合价是以氢原子的化合价为 1 作标准的，因为氢通常不会与其他元素多于一个原子相化合形成化合物，例如在氯化氢 HCl ，水 H_2O ，氨 NH_3 和甲烷 CH_4 中表现出，和一个别的原子化合，需要氢原子 1 个到 4 个。如果氢的化合价是 1 价，则氯是 1 价，氧是 2 价，氮是 3 价，碳是 4 价。除了极个别的例外，没有两个或两个以上的别的元素原子和一个氢原子形成化合物的。因此，以氢的化合价为 1 价是适宜的。其他元素的化合价都是 1 或 1 以上的整数。

氢是 1 价，则氧的化合价总是 2 价，不能与氢形成化合物的元素，可以氧为 2 价推算其化合价。如从氧化钾 K_2O ，氧化钙 CaO ，三氧化二铝 Al_2O_3 ，二氧化氮 NO_2 ，五氧化二磷 P_2O_5 ，三氧化硫 SO_3 等化合物中，可以推算出 K 的化合价是 1 价，Ca 是 2 价，Al 是 3 价，N 是 4 价，P 是 5 价，S 是 6 价。最高的元素化合价是 8 价。单质没有和别的元素形成化合物时，它的化合价是零价。

二、正、负化合价及可变化化合价

不少元素的化合价不只一种，如在上述的例子中，N 在 NH_3 中是 3 价，在 NO_2 中是 4 价。不少元素的化合价是可变的，要根据它与别的元素组成化合物的情况来辨别其化合价的高低。

在两种元素组成的化合物里，必有一种元素的化合价是正价（或阳价），另一种元素则为负价（或阴价）。同一化合物的正价的绝对值必等于负价的绝对值，换言之，正价和负价的代数和等于零。一般的规律氢是正 1 价，氧是负 2 价。例如

在 H_2O 中 $+1 \times 2 + (-2) = 0$

化合价的概念不仅适用于单独的原子，也适用于化合物中的原子团。例如 OH 根是负 1 价， SO_4 根是负 2 价， NO_3 根是负 1 价，等等。

三、化合价的一般规律

下面将化合价的一般规律归纳如下：

1. 元素只有和别的元素形成化合物时，才表现出化合价，游离存在的元素——单质的化合价是零价。

2. 一般情况下氢是正 1 价，氧是负 2 价。

3. 金属元素常为正化合价。

4. 非金属元素与金属元素形成化合物时为负化合价，与氧形成化合物时为正化合价。

5. 化合物中正化合价总和与负化合价总和的代数和等于零。

下面是一些重要元素的常见化合价表。

（表 1—1）重要元素的常见化合价表

元素 名称	元素 符号	最常见的化合价	元素 名称	元素 符号	最常见的化合价
氢	H	+1	铁	Fe	+2, +3
硼	B	+3	铜	Cu	+1, +2
碳	C	-4, +4, +2	锌	Zn	+2
氮	N	-3, +3, +5	砷	As	+3, +5

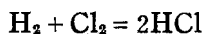
元素名称	元素符号	最常见的化合价	元素名称	元素符号	最常见的化合价
氧	O	-2	溴	Br	-1
氟	F	-1	银	Ag	+1
钠	Na	+1	锡	Sn	+2, +4
镁	Mg	+2	铋	Sb	+3, +5
铝	Al	+3	碘	I	-1
硅	Si	+4, -4	钡	Ba	+2
磷	P	-3, +3, +5	铂	Pt	+4
硫	S	-2, +4, +6	金	Au	+3
氯	Cl	-1, +1, +5	汞	Hg	+1, +2
钾	K	+1	铅	Pb	+2, +4
钙	Ca	+2	铋	Bi	+3, +5
铬	Cr	+3, +6	锰	Mn	+2, +4, +7

第六节 化学反应的主要类型

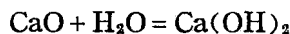
世界上的物质种类繁多，相互之间的化学反应自然是千变万化，为了研究的方便，将化学反应归纳分类，下面介绍四种最基本的化学反应类型。

一、化合反应：凡是两种或两种以上的物质结合成一种新物质的化学反应，叫做化合反应，例如：

(1) 氢和氯化合生成氯化氢



(2) 生石灰遇水化合成消石灰

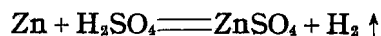


二、分解反应：凡是一种物质变成两种或两种以上新物质的化学反应，叫做分解反应，例如：煅烧石灰石制取生石灰，同时也产生了二氧化碳。



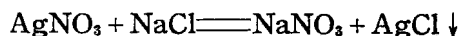
三、置换反应：凡是一种元素代替了化合物中另一种元素的位置的化学反应，叫做置换反应。置换反应是单质跟化合物的反应，结果生成新的单质和新的化合物。例如：

锌与稀硫酸作用，生成硫酸锌和氢。



四、复分解反应：凡两种化合物的分子，彼此交换一部分原子，形成两种新化合物的反应，叫做复分解反应。例如：

硝酸银和氯化钠反应，生成硝酸钠和氯化银。



第七节 物质不灭定律

物质燃烧后化为灰烬，质量似乎“消灭”了一部分，可是，如果我们把物质燃烧所产生的气体都收集起来一块称一下，这时可以发现质量却“加重”了。这是因为我们没有把燃烧过程中，参加反应的氧计算进去，物质与氧燃烧生成了二氧化碳和水蒸汽，剩下不能燃烧的部分。假如我们把氧的质量也计算进去，那么在反应前物质的质量，加上氧的质量，必然等于燃烧生成的气体和剩余灰烬的质量。

人们经过长期的生产实践和科学实验，发现并证实了一个重要的自然规律，这就是在一切化学反应中，参加反应的各种物质的总质量，等于反应后生成物质的总质量，这就是物质不灭定律。

为什么在化学反应前后，物质的总质量不变呢？这是因为物质发生化学反应，只是各种物质分子间的原子进行化合、分解、复分解、置换等类型的反应，各种原子进行重新组合，分子的种类发生了变化，而原子的种类和个数并无改变和增减。所以，反应前后物质是不灭的，不增加，也不减少。

物质不灭定律在生产实践和科学实验中，起着很大的作用，人们可以根据这个定律，从所用原料的量，计算出产品的产量，以便更好地合理利用原料，节约原料，有计划地发展社会主义经济。

第八节 化学方程式

运用分子式和其他符号，简单扼要地记录一个化学反应的式子，叫做化学方程式。每一个化学方程式都表明化学反应的作用物和生成物，以及它们之间的质量关系。

一、化学方程式的写法和步骤

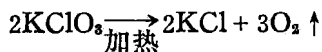
(1) 把作用物的分子式写在左边，如果作用物不是一种时，中间用“+”号联结起来，表示互相作用。

(2) 把反应生成物的分子式写在右边，如果生成物不是一种时，中间用“+”号联结起来，表示同时生成。

(3) 作用物与生成物之间以“ $\longrightarrow$ ”表示反应进行的方向，或以“ $=$ ”表示两边质量相等，以符合质量不灭定律的实际情况。为此，有时须在两边的某些分子式前加系数，使方程式两边的每种元素的原子个数相等。这个过程叫做化学方程式的配平。

(4) 如果反应生成物是气体，在分子式右边标记“ $\uparrow$ ”号；如果反应是在水中进行的，生成物是不溶于水的沉淀，则在分子式右边注明“ $\downarrow$ ”号。但是如果反应物和生成物都是气体时，生成物不注“ $\uparrow$ ”号。

(5) 通常化学反应只有在一定条件下才能发生，因此，需要在化学方程式中简要的注明反应条件。例如：氯酸钾加热生成氯化钾和氧。



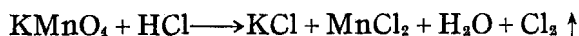
纯净的氯酸钾受热分解的时候，反应进行很慢。但是掺入少量二氧化锰（ MnO_2 ）的粉末，反应就进行得很快。二氧化锰在反应过程中并没有消耗掉，原来掺入多少，反应后仍剩多少。

某种物质能够改变其他物质的反应速度，可是在反应后它本身的质量和化学性质保持不变，这样的物质叫做催化剂。这种作用叫做催化作用。

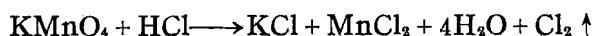
二、化学方程式的配平：化学方程式的配平方法有多种，初学化学的同志可练习用观察法来配平方程式。举例如下：

高锰酸钾与盐酸作用生成氯的反应。

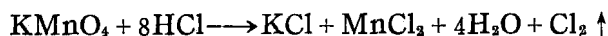
(1) 先写出尚未配平的草式。



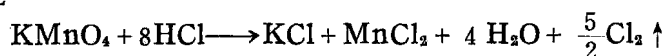
(2) 氧的配平： KMnO_4 的 4 个氧均与氢化合生成水，故应得 $4\text{H}_2\text{O}$ ，改草式为：



(3) 氢的配平： $4\text{H}_2\text{O}$ 的氢来自 HCl ，故应有 8 个 HCl ，再改草式为：



(4) 氯的配平：8 HCl 中有 8 个 Cl ，而 KCl 和 MnCl_2 中共用去 3 个 Cl ，还剩余的 5 个 Cl 可写成 $\frac{5}{2}\text{Cl}_2$ ，



但是分子是物质能独立存在的最小质点，故不能有半个分子存在，需将以上草式中各个分子式均乘以 2，得：



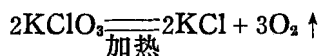
(5) K 与 Mn 的配平：上式两端均已配平。

(6) 复验两端各元素的原子个数均已相等，故方程式已配平。配平后的方程式，将联接左右两端的“ $\longrightarrow$ ”改为“ —— ”，表示左右两端各元素的原子个数相等。

运用观察法配平化学方程式是最常用的方法，初学的同志多练习即可熟练。

第九节 克原子量和克分子量

上一节学到了化学方程式是建立在质量不灭定律的基础上的，就是说从反应物的质量可以计算出生成物的质量。如果反应物不只一种，又可以计算两种或多种反应物之间的质量比例。同样，在生成物不止一种时，可以计算出生成物的质量和副产物的质量。例如：



分子数关系 2 个分子：2 个分子：3 个分子

质量比例 $[2 \times (39 + 35.5 + 16 \times 3)] : [2 \times (39 + 35.5)] : (3 \times 16 \times 2)$

245 : 149 : 96

由于分子量是碳单位：而不是平常的质量单位，在实际生产中很不方便。因此，在科学技术上均采用克原子量和克分子量。在精密的工作中采用毫克原子量和毫克分子量。就是说：用克做单位来表示元素的一定量，它在数值上跟它的原子量相同，这个数量叫做该元素的一

个克原子量。如氧原子量为16，它的克原子量就是16克。

用克做单位来表示物质的一定量，它的数量跟它的分子量相同，这个数量叫做该物质的一个克分子量。如氧的分子量是32，它的克分子量就是32克。水的分子量是18.016，它的克分子量就是18.016克。

一个克分子量的物质，显然并不是一个分子的真实重量。用分子的真实重量去除它的克分子量，就得到一个大得惊人的数量：

$$\frac{1 \text{ 克分子量的氧}}{1 \text{ 个氧分子的真实重量}} = \frac{32 \text{ 克}}{5.31 \times 10^{-23} \text{ 克}} = 6.023 \times 10^{23}$$

利用同样方法，可计算出任何物质一克分子量均含有这样多的分子个数。这个数量已经用精密的科学实验所证实，在科学上一个克分子物质所包含的分子个数 6.023×10^{23} ，称为亚佛加德罗常数。

气体克分子体积：从气体物质的密度除该气体物质的克分子量，可以得到一个相同的数值22.4升。如氢在标准状态（温度0°C，压力760mm 汞柱）下的密度是0.0898克/升，

$$\frac{2.016 \text{ 克}}{0.0898 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$$

又如氧在标准状态下的密度是1.4285克/升，

$$\frac{32 \text{ 克}}{1.4285 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$$

22.4升这个数值，被称为气体克分子体积。1克分子的任何气体，在标准状态下占有的体积，都是22.4升。

第十节 有关化学方程式的计算

有关化学方程式的计算，举例如下：

一、根据反应物质的用量，计算生成物的量

例如，现有锌 130 克，与充分量的稀硫酸反应，可生成硫酸锌多少克？

解： $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

1 克原子 $\text{Zn} = 65.37$ 克，1 克分子 $\text{ZnSO}_4 = 161.43$ 克

列成比例式：

$$65.37 \text{ 克} : 161.43 \text{ 克} = 130 \text{ 克} : X \text{ 克}$$

$$X = \frac{161.43 \text{ 克} \times 130 \text{ 克}}{65.37 \text{ 克}} = 321 \text{ 克}$$

即 130 克锌与稀硫酸作用，可生成硫酸锌 321 克。

二、应用化学方程式，计算反应生成的气体物质的体积。

例如，现有锌 130 克，与稀硫酸作用，在标准状况下，可生成氢气多少升？

解： $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

1 克原子锌 = 65.37 克, 1 克分子氢气 = 22.4 升

列成比例式:

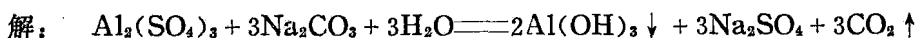
$$65.37 \text{ 克} : 130 \text{ 克} = 22.4 \text{ 升} : X \text{ 升}$$

$$X = \frac{130 \text{ 克} \times 22.4 \text{ 升}}{65.37 \text{ 克}} = 44.5 \text{ 升}$$

即 130 克锌与稀硫酸作用, 在标准状况下可生成氢气 44.5 升。

三、应用化学方程式, 计算生产中所需原料的量。

例如, 现有一吨硫酸铝准备生产氢氧化铝凝胶, 计划要准备多少面碱?



1 克分子硫酸铝 = 342 克

1 克分子无水碳酸钠 = 106 克

设需无水碳酸钠为 X 吨, 列成比例式:

$$342 \text{ 吨} : (3 \times 106 \text{ 吨}) = 1 \text{ 吨} : X \text{ 吨}$$

$$X = \frac{(3 \times 106 \text{ 吨}) \times 1 \text{ 吨}}{342 \text{ 吨}} = \frac{318 \text{ 吨} \times 1 \text{ 吨}}{342 \text{ 吨}} = 0.93 \text{ 吨}$$

即需要无水碳酸钠 0.93 吨。

因面碱($\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)中含有 10 个分子的结晶水, 需将无水碳酸钠(Na_2CO_3)的量折算成面碱的量。

$$\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \text{ 分子量} = 286$$

又设所需 $\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 为 X' 吨, 列成比例式:

$$106 \text{ 吨} : 286 \text{ 吨} = 0.93 \text{ 吨} : X' \text{ 吨}$$

$$X' = \frac{286 \text{ 吨} \times 0.93 \text{ 吨}}{106 \text{ 吨}} = 1.57 \text{ 吨}$$

即需要面碱的量是 1.57 吨。

注: 通常市售的面碱除含碳酸钠外, 还可能含有别的杂质, 因此在使用时要测定一下碳酸钠的含量, 根据测定结果应进行折算。例如碳酸钠含量为 90% (以 $\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 计算), 则需要面碱量是:

$$1.57 \div 90\% = 1.74$$

即经折算后, 需要面碱量是 1.74 吨。

复 习 题

1. 试述物质和物质运动形式的初步概念。物质发生物理变化和发生化学变化有什么根本区别?

2. 什么叫做元素、单质、化合物和混和物? 据你所知各举出两三例。

3. 熟习常见元素及其符号, 并写出下列物质的分子式:

水、氯化钠、溴化钾、氧化钙、氯化氢、三氧化铁、二氧化硫、一氧化碳、五氧化二