

目 录

化学基本概念和基本定律

一	物质的变化、组成和分类	1
	（一）物质的变化	1
	（二）物质的组成	1
	（三）物质的分类	3
	（四）质量的单位	3
	（五）化学基本定律	7
	（六）化合价	8
	（七）最简式、分子式、结构式	9
	（八）化学方程式	12
二	溶 液	19
	（一）溶解、溶质、溶剂和溶液	19
	（二）溶解度	21
	（三）结晶、结晶水和结晶水合物	22
	（四）溶液的浓度	24
三	无机物的分类	26
	（一）无机物分类的根据和系统	26
	（二）氧化物	27
	（三）碱	28
	（四）酸	28
	（五）两性氢氧化物	29
	（六）盐	29
	（七）无机物相互之间的关系	31
	（八）化学反应的基本类型	31

化学基本理论

一	原子结构	34
	(一) 原子结构	34
	(二) 化学键、分子的形成	36
	(三) 离子型分子、极性分子与非极性分子	41
	(四) 从原子结构理论来认识氧化——还原反应的本质	43
二	元素周期律和元素周期表	47
	(一) 元素周期律	47
	(二) 元素周期表	49
	(三) 用原子结构的理论来认识周期律和 周期表的本质	52
	(四) 元素周期律和元素周期表的意义	55
三	电解质溶液	58
	(一) 电解质和电解质的电离	58
	(二) 强电解质和弱电解质	59
	(三) 电离学说的要点	60
	(四) 碱类、酸类和盐类的电离	61
	(五) 离子反应和离子方程式	61
	(六) 硬水和它的软化	65
	(七) 溶液的pH值	67
	(八) 盐类的水解	68
	(九) 电解	71
	(十) 原电池	74
四	化学反应速度、化学平衡	80
	(一) 化学反应速度	80
	(二) 化学平衡	81

元素及其无机化合物

一	氢	85
	(一) 氢的原子结构和它在周期表里的位置	85
	(二) 氢气的性质和用途	85
	(三) 氢气的制法	86
二	卤族元素——氟(F)、氯(Cl)、 溴(Br)、碘(I)	87
	(一) 卤族元素的通性和主要性质递变规律	88
	(二) 氯气	89
	(三) 氯和氢的化合物——氯化氢和盐酸	91
三	氧族元素——氧(O)、硫(S)、硒(Se)、碲(Te)	94
	(一) 氧气	95
	(二) 硫和硫的主要化合物	96
四	氮族元素——氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb) 铋(Bi)	103
	(一) 氮和氢的化合物	104
	(二) 硝酸	108
	(三) 硝酸盐	109
	(四) 磷及其重要化合物	109
五	碳的同素异形体 碳酸盐	113
	(一) 碳的同素异形体	113
	(二) 碳酸盐	114
六	化学肥料	115
	(一) 氮肥	115
	(二) 磷肥	117

(三) 钾肥	118
七 金属的通性	119
(一) 金属在周期表里的位置和结构特点	119
(二) 金属的性质	120
(三) 金属冶炼的一般方法	122
(四) 金属的锈蚀和防锈	123
八 碱金属——锂(Li)、钠(Na)、钾(K)、 铷(Rb)、铯(Cs)	125
(一) 碱金属在元素周期表中的位置和它们的通性	125
(二) 钾和钠的主要性质	126
(三) 氢氧化钠	127
(四) 碳酸钠和碳酸氢钠	129
九 铝和铜	132
(一) 铝	132
(二) 铜	135
十 铁和钢	137
(一) 铁	137
(二) 炼钢	142

有机化合物

一 有机化合物概论	145
(一) 有机化合物的特点	145
(二) 化学结构学说的基本内容	146
(三) 几个基本概念	146
(四) 几种重要的有机化学反应	148
(五) 有机化合物的分类	151
(六) 有机物的系统命名法	152

二	各类有机化合物	154
	(一) 烃	154
	(二) 烃的衍生物	154
	(三) 碳水化合物	155
	(四) 含氮有机物	155
三	石油、煤、天然气等天然资源的综合利用	155
	(一) 石油的综合利用	155
	(二) 煤的综合利用	160
	(三) 利用石油、天然气和煤等天然资源 进行三大合成	161
四	有机化学题例解	162

化 学 计 算

一	有关分子式的计算	171
	(一) 根据分子式计算分子量	171
	(二) 计算化合物里元素或有效成分的百分含量	171
	(三) 克分子、气体克分子体积	173
	(四) 分子式的确定	177
	(五) 有关化合物当量的计算	179
二	根据化学方程式的计算	184
	(一) 基本计算	184
	(二) 关于反应物或生成物中含杂质的计算	186
	(三) 关于利用率和产率的计算	186
	(四) 关于过量问题的计算	188
	(五) 关于多步反应的计算	189
三	关于溶解度和溶液浓度的计算	191
	(一) 溶解度的计算	191

(二) 溶液浓度的计算	192
(三) 溶液的浓度在化学方程式计算上的应用	200

化 学 实 验

一 几种常用化学仪器的主要用途	208
二 化学实验的基本操作和技能	213
三 几种常见气体的制取	219
(一) 几种常见气体的制取及检验	220
(二) 几种常见气体的发生及收集装置图	221
四 物质的检验	223
(一) 几种常见阴阳离子的鉴定	223
(二) 几种有机物的检验	226
(三) 检验物质与化学实验的范例	227
总练习题	235
习题答案	244
附录 I 碱、酸、盐的溶解性表	251
附录 II 常见物质的俗名	252
附录 III 元素周期表(长式)	256

化学基本概念和基本定律

一 物质的变化、组成和分类

(一) 物质的变化

我们周围的世界是一个物质的世界。物质处于永恒的运动变化之中。物质如果只发生外形或状态的改变,而没有生成其它新的物质,这种变化叫做物理变化。木材制成家具、铁铸成机器、水变为水蒸气、冷却到 0°C 结成冰等,都是物理变化。物质发生变化时,如果生成了其它新的物质,这种变化叫化学变化,又叫化学反应。木炭燃烧、石灰石烧成石灰、火药爆炸等,都是化学变化。物质不需要发生化学变化就表现出来的性质,如颜色、气味、状态、比重、熔点、沸点、硬度、溶解性等叫做物理性质。物质在化学变化中表现出来的性质叫做化学性质。例如镁能在空气中燃烧、铁会生锈、碳酸氢铵受热分解产生氨气、水和二氧化碳等。

(二) 物质的组成

1. 分子 物质是由许许多多肉眼看不见的微粒构成的。分子是构成物质的一种微粒,它能够独立存在并保持原物质的化学性质。同种物质的分子,其大小、重量和性质相同;不同种物质的分子,其大小、重量和性质不同。构成物质的分子处于永恒运动状态中。在物质里,分子之间是有间隔的。

由同种分子构成的物质叫做纯净物。氧气是由许多氧分子构成的,所以氧气是纯净物。

由不同种分子构成的物质叫做混和物。空气中含有氧气分子、氮气分子、二氧化碳分子……等几种分子，所以空气是混和物。混和物没有一定的组成，各物质仍保持原来的性质。

2. 原子 原子是化学变化中的最小微粒。物质的分子是由原子组成的。原子也可以直接构成某些物质。例如，铁是由许多铁原子构成的。

3. 元素 化学上，我们把具有相同核电荷数(即质子数)的同一类原子总称为元素。氧化汞分子、氧分子、水分子、二氧化碳分子、氧化铝分子中的氧原子，统称氧元素。元素代表原子的种类；原子指的是一个个的微粒。例如，我们可以说一个水分子中含有两个氢原子和一个氧原子，也可以说水是由氢元素和氧元素组成的，但不能说一个水分子中含有两个氢元素和一个氧元素。又如， ${}^1\text{H}$ 氢(氕)、 ${}^2\text{H}$ 重氢(氘)、 ${}^3\text{H}$ 超重氢(氚)是同种元素，但不是同种原子。

为了便于表达和书写，各种元素都用一定的符号来表示，这种符号叫做元素符号。如氧元素用“O”、铁元素用“Fe”来表示。

在国际上，元素符号是统一采用该元素的拉丁文名称的第一个大写字母来表示的，有些元素第一个字母相同，可再附加一个小写字母来区别，例如，“Cu”代表铜元素，“Ca”代表钙元素等。书写元素符号时一定要注意第二个字母必须小写，以免混淆。例如，钴的元素符号是“Co”，若写成CO那就错了，因为后者表示一氧化碳分子。

元素符号表示如下的意义：表示一种元素；表示该元素的一个原子；表示该元素的原子量。如“O”这个符号，既表示氧元素，也表示一个氧原子和它的原子量16。

(三) 物质的分类

1. 单质 物质的分子如果是由同种元素的原子组成的, 这种物质叫单质。例如, 氧气、氢气、铁、铜、碳、硫等是单质。

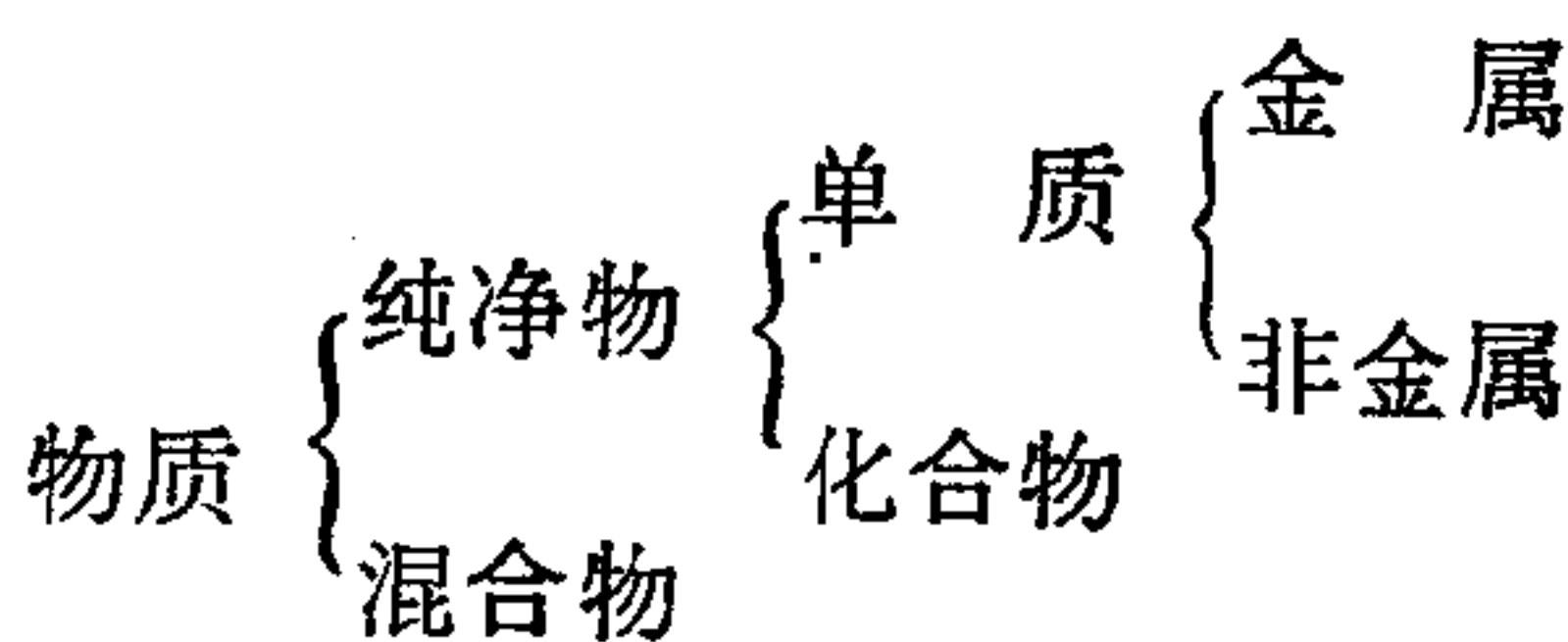
同种元素可以组成不同的单质。例如, 氧气 O_2 和臭氧 O_3 都是由同一种元素——氧元素组成的。化学上把由同一种元素组成的多种单质, 叫做这种元素的同素异形体。氧气和臭氧就是氧元素的两种同素异形体。金刚石和石墨, 也是两种不同的单质, 它们是由同一种碳元素所组成的同素异形体。

根据性质的不同, 单质可分为金属(如铜、铝、铁等)和非金属(如氧、溴、硫磺等)两类。

2. 化合物 物质的分子如果是由不同种元素的原子组成, 这种物质叫做化合物。任何纯净的化合物都有固定的组成。如水、氨、二氧化碳等是化合物。

自然界里的各种元素, 有两种存在的形态。一种是以单质的形态存在的, 叫做元素的游离态; 一种是以化合物的形态存在的, 叫做元素的化合态。例如, 氢气里的氢元素是游离态; 而水、酒精中的氢元素则是化合态。

综上所述, 物质大致可以分类如下:



(四) 质量的单位

1. 原子量 原子虽然很小, 但有一定的质量。原子的质量若用通常的质量单位(克、千克)来表示, 则书写、记

忆和使用都很不方便。因此，作为原子的质量单位叫碳单位。用碳单位来表示一个原子的质量叫做原子量⁽¹⁾。如氧的原子量为15.9994碳单位，铁的原子量为55.847碳单位等。

2. 分子量 一个分子中各原子的原子量的总和就是分子量。分子量就是用碳单位来表示物质的一个分子的质量。如水 H_2O 的分子量为18碳单位，氢气 H_2 的分子量为2碳单位等。

为了简便起见，通常原子量、分子量可以省略“碳单位”三个字，同时在不要求精确计算的情况下，可取其近似值。

由于分子、原子太微小，通常我们对分子、原子进行研究时所取物质的量，不是含一、二个分子或原子，而是亿万个分子或原子，如用个数表示分子、原子的数量就太不方便了。因此，化学上还采用克分子和克原子做单位来分别表示物质和元素的一定量。

3. 克分子 我们把任何物质的 6.023×10^{23} 个分子叫1克分子，也叫一摩尔分子⁽²⁾。1克分子的任何物质的质量，以克为单位，在数值上等于该物质的分子量，称为克分子量，以符号GM表示。如1克分子（1摩尔分子）氧气的质量为32克，1克分子（1摩尔分子）水的质量为18.016克，1克分子（1摩尔分子）氯化钠的质量为58.44克等。

克分子既能表示物质一定的分子数，又可表示物质的一定质量(克)，如果物质是气态，还可以表示一定的体积。

(1) 国际上是以碳原子(C^{12})的质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准，其他原子的质量跟它相比较所得的数值，就是该种原子的原子量。由此可见，原子量只是一个比值，它是没有单位的。分子量也是一个比值，同样是没有单位的。

(2) 国际上把 6.023×10^{23} 个分子或原子等微粒，叫做1摩尔。符号为mol。摩尔是国际上新规定的物质的量的单位。

6.023×10^{23} 常数，称阿佛加德罗常数，用 N_0 表示。

气态物质，在标准状态下(0℃，1大气压) 1克分子的任何气体所占的体积都是22.4升，称为气体克分子体积。(也叫气体摩尔体积)。

现将其关系用图式表示如下：

H ₂	2克	← 1 克分子 — 6.023 × 10 ²³ 个分子 — 气态物质 (标态) 22.4升
O ₂	32克	
CO ₂	44克	
NH ₃	17克	
H ₂ O	18克	
H ₂ SO ₄	98克	
NaOH	40克	
MgCl ₂	95克	

4. 克原子 克原子同克分子一样，是化学上常用的单位。任何元素的 6.023×10^{23} 个原子，叫1克原子(也叫1摩尔原子)。1克原子的任何元素的质量，以克为单位，在数值上等于该元素的原子量，称之为克原子量，以符号GA来表示。如1克原子(1摩尔原子)氢的质量为1.008克，1克原子(1摩尔原子)氯的质量为35.45克，1克原子(1摩尔原子)铝的质量为26.98克等。

5. 克当量 任何元素或化合物在进行反应时，它们是按一定质量相互作用的，元素或化合物反应时彼此相当的量。叫做当量。这个相当的量用克来表示，就叫克当量。

通常以氢或氧为标准，某元素或化合物和1.008克的氢或8克的氧相互反应时所需要的质量，叫做该元素或化合物的克当量。

一般情况下:

$$\text{元素的克当量} = \frac{\text{元素的克原子量}}{\text{化合价}}$$

$$\text{化合物的克当量} = \frac{\text{化合物的克分子量}}{\text{正价总数(或负价总数)}}$$

例如:

$$\text{酸的克当量} = \frac{\text{酸的克分子量}}{\text{酸分子中参加反应的氢离子数}}$$

$$\text{碱的克当量} = \frac{\text{碱的克分子量}}{\text{碱分子中参加反应的氢氧根数}}$$

$$\text{盐的克当量} = \frac{\text{盐的克分子量}}{\text{盐分子中的正价总数}}$$

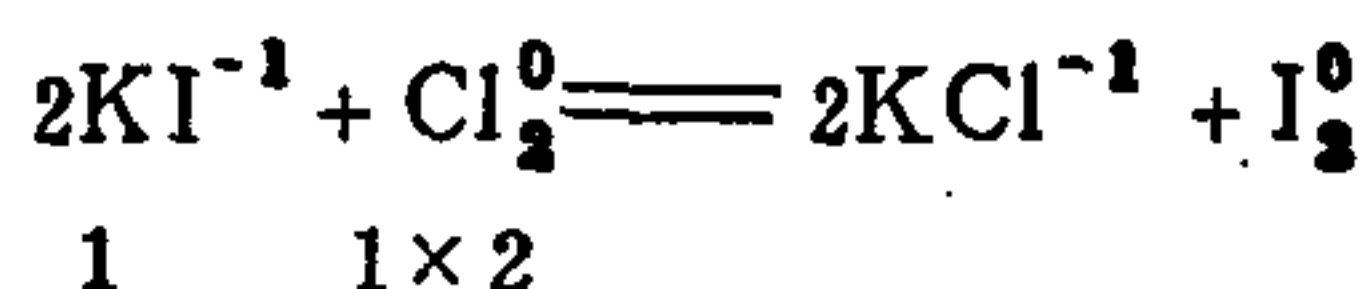
现将一些元素和化合物的克当量表示如下:

$\frac{\text{Mg}}{2} = 12.155 \text{克}$ $\frac{\text{Ca}}{2} = 20.04 \text{克}$ $\frac{\text{Zn}}{2} = 32.69 \text{克}$ $\frac{\text{Al}}{3} = 8.993 \text{克}$ $\frac{\text{Ag}}{1} = 107.9 \text{克}$ $\frac{\text{Na}}{1} = 22.99 \text{克}$	这些质量都相 当于1.008克 氢或8克氧	$\frac{\text{HCl}}{1} = 36.46 \text{克}$ $\frac{\text{Ba(OH)}_2}{2} = 85.7 \text{克}$ $\frac{\text{NH}_3}{1} = 17 \text{克}$ $\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} = 53 \text{克}$ $\frac{\text{AgNO}_3}{1} = 170 \text{克}$ $\frac{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{6} = 66.6 \text{克}$
---	-----------------------------	---

由于氧化还原反应的本质是反应物的组成元素间电子的得失或偏移, 因此氧化剂或还原剂的当量可根据反应中转移的电子数来确定。即:

$$\text{氧化剂(还原剂)的克当量} = \frac{\text{氧化剂(还原剂)克分子量}}{\text{氧化剂(还原剂)分子中转移的电子数}}$$

例如:



$$\text{KI的克当量} = \frac{\text{KI的克分子量}}{1} = 166 \text{克}$$

$$\text{Cl}_2\text{的克当量} = \frac{\text{Cl}_2\text{的克分子量}}{1 \times 2} = 70.9 \text{克}$$

由当量的定义得出: 任何物质发生反应时, 其克当量数相等。这叫做当量定律。甲乙两种物质相互作用, 当完全反应时:

甲物质的克当量数 = 乙物质的克当量数。

物质的克当量数与质量W和克当量E的关系如下:

$$\text{物质的克当量数} = \frac{\text{物质的质量}W(\text{克})}{\text{物质的克当量}E(\text{克/克当量})}$$

若以 $W_{\text{甲}}$ 、 $W_{\text{乙}}$ 分别表示甲、乙两种物质相互作用的质量, $E_{\text{甲}}$ 、 $E_{\text{乙}}$ 分别表示它们的克当量, 则当量定律可用数学式表示如下:

$$\frac{W_{\text{甲}}}{E_{\text{甲}}} = \frac{W_{\text{乙}}}{E_{\text{乙}}}$$

(五) 化学基本定律

1. 质量守恒定律(物质不灭定律) 在化学反应里, 参加反应的各种物质的总质量, 等于反应后生成的各物质的总质量。这个定律叫做质量守恒定律(物质不灭定律)。

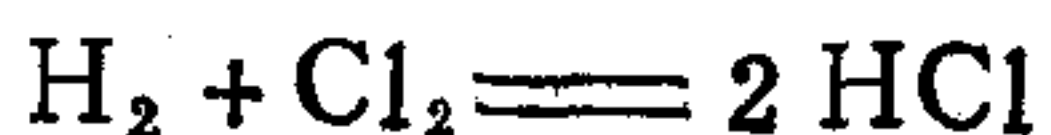
在化学反应中, 原子的种类没有改变, 原子的数目也没有增减, 只是参加反应的各种物质(反应物)的原子, 重新组合而生成其他物质(生成物), 所以, 反应前后各物质的总质量相等。

2. 阿佛加德罗定律 在同温度同压力下, 同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这叫阿佛加德罗定律。

阿佛加德罗定律不适用于液态和固态物质。虽然 1 克分子的固态或液态物质含有同数的分子, 但它们所占的体积不同。

阿佛加德罗定律只适用于气态物质, 因为气态物质的特性是在于分子间有较大的距离。而气态物质的体积是取决于分子间的平均距离。这个距离是随温度、压力的改变而变化的。在同温同压下, 一切气态物质的分子间的平均距离几乎都是一样的, 所以同体积的不同气态物质含有同数目的分子。

利用阿佛加德罗定律可以测定气态物质的分子量, 同时也可以用来解释化学反应中气态物质的体积问题。如氯气在氢气中燃烧生成氯化氢的反应:



每 1 克分子 (6.023×10^{23} 个分子) 的氢气和氯气化合生成 2 克分子 ($2 \times 6.023 \times 10^{23}$ 个分子) 的氯化氢。根据阿佛加德罗定律, 在同温同压下相同体积的任何气体都含有相同数目的分子 (亦即克分子数相同)。所以, 在同温同压下, 1 体积的氢气和 1 体积的氯气燃烧能生成 2 体积的氯化氢。

(六) 化合价

我们把一定数目的一种元素的原子同一定数目的其他元素的原子化合的性质叫做这种元素的化合价。化合价有正价和负价。

在离子化合物中, 元素的化合价的数值, 就是这种元素的一个原子得失电子的数目。失去电子的原子带正电, 这种元素的化合价是正价; 得到电子的原子带负电, 这种元素的化合

价是负价。如氯化钙中，钙为+2价，氯为-1价。在共价化合物中，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子跟其它元素的原子形成的共用电子对的数目。电子对偏向哪种原子，哪种原子就是负价；电子对偏离哪种原子，哪种原子就为正价。如氯化氢分子中，氯为-1价，氢为+1价。

在化合物中，氢通常是+1价，氧通常是-2价，金属元素一般都是正价，非金属元素通常显负价，但与氧化合时却显正价。例如， H_2S 分子中，硫为-2价；但在 SO_2 分子中，硫为+4价。

在化合物中，正价总数一定等于负价总数。元素的化合价不是固定不变的。许多元素在不同的化合物中，可以显示出不同的化合价(变价)。如在 FeCl_3 中，铁为+3价；而在 FeSO_4 中，铁是+2价。碳在 CH_4 中为-4价，在 CO 中为+2价，在 CO_2 中为+4价。(参见表1—1)

元素的化合价是元素的原子在形成化合物时表现出来的一种性质。因此，在单质分子里，元素的化合价为零。

在化合物分子中，往往有由两个或两个以上的原子结合而成的原子团，在化学反应时通常并不分开，好象一个原子一样，这种原子团叫做根。根也有化合价，有的是正价，有的是负价。(参见表1—2)

根据化合物分子中各元素正负化合价的代数和为零的原则，可以正确地写出已知物质的分子式，检查分子式的正误，也可根据化合物的分子式，求出组成元素的化合价。

(七) 最简式 分子式 结构式

最简式、分子式、结构式总称为化学式。

1. 最简式 用元素符号表示化合物里各种元素原子数的最简单之比的式子叫最简式，又叫实验式。它相当于化合

表1—1 常见元素的化合价

元素名称	元素符号	常见的化合价	元素名称	元素符号	常见的化合价
钾	K	+1	氢	H	+1
钠	Na	+1	氯	Cl	-1, +1, +5, +7
银	Ag	+1	溴	Br	-1
钙	Ca	+2	碘	I	-1
镁	Mg	+2	氧	O	-2
锌	Zn	+2	硫	S	-2, +4, +6
铜	Cu	+1, +2	碳	C	+2, +4
汞	Hg	+1, +2	硅	Si	+4
铁	Fe	+2, +3	氮	N	-3, +2, +4, +5
铝	Al	+3	磷	P	-3, +5

表1—2 一些根的化合价

根的名称	铵根	氢氧根	硝酸根	硫酸根	碳酸根	硅酸根	磷酸根
根的符号	NH_4^{+1}	OH^{-1}	NO_3^{-1}	SO_4^{-2}	CO_3^{-2}	SiO_3^{-2}	PO_4^{-3}
化合价	+1	-1	-1	-2	-2	-2	-3

物中各元素原子的质量的百分率，最简式并不是分子式，因为它不能表示出在化合物分子中各元素原子的实际数目。如醋酸分子的最简式为 CH_2O ，只表示分子中各元素原子数间的比： $\text{C}:\text{H}:\text{O} = 1:2:1$ ，没有确定分子中真实的原子个数，所以叫最简式。

2. 分子式 化学上，用元素符号来表示物质组成的式子叫做分子式。分子式不同于最简式，它不仅表示每个分子中各元素原子个数之比，而且还表示每种元素原子的真实数目。现以醋酸的分子式 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 来说明分子式所表示的意

义：1.表示醋酸这种物质是由碳、氢、氧三种元素组成的；
2.表示醋酸每个分子中原子个数之比为： $C:H:O=2:4:2$ ；
3.表示醋酸的分子量为60；4.表示醋酸的一个分子。

分子式是国际通用的，是通过实验的方法，测定了物质的组成，然后得出来的。一种物质只有一个分子式，不能随便写，更不能凭空臆造。

写单质的分子式时，先把元素符号写出来，然后在元素符号的右下角，写一个小数字，表示该单质一个分子里所含的原子数(原子数是1时可不写)。如氯气 Cl_2 、溴 Br_2 、碘 I_2 、臭氧 O_3 等。惰性气体是以单原子存在的，就用元素符号表示它们的分子式。例如，氦气、氖气分别用He、Ne表示。

金属单质和固态非金属单质的结构比较复杂，习惯上就用元素符号来表示它们的分子式。如钙用Ca表示，硫用S表示。

写化合物的分子式时，对于金属元素与非金属元素所形成的化合物，一般把金属元素符号写在前面，非金属元素符号写在后面；对于非金属元素与氧元素所形成的化合物，则把非金属元素符号写在前面，氧元素符号写在后面。各元素的原子数则分别用小数字写在该元素的右下角。如氯化钡 $BaCl_2$ ，二氧化硫 SO_2 等。

由两种元素组成的化合物的名称，一般是从右向左读作“某化某”。例如，HCl读作氯化氢， CO_2 读作二氧化碳等。

3. 结构式 一种化学式不仅能表明物质分子里所含有的原子种类和数目，而且能表明在分子里各原子的结合顺序的，这种化学式叫结构式。例如：

