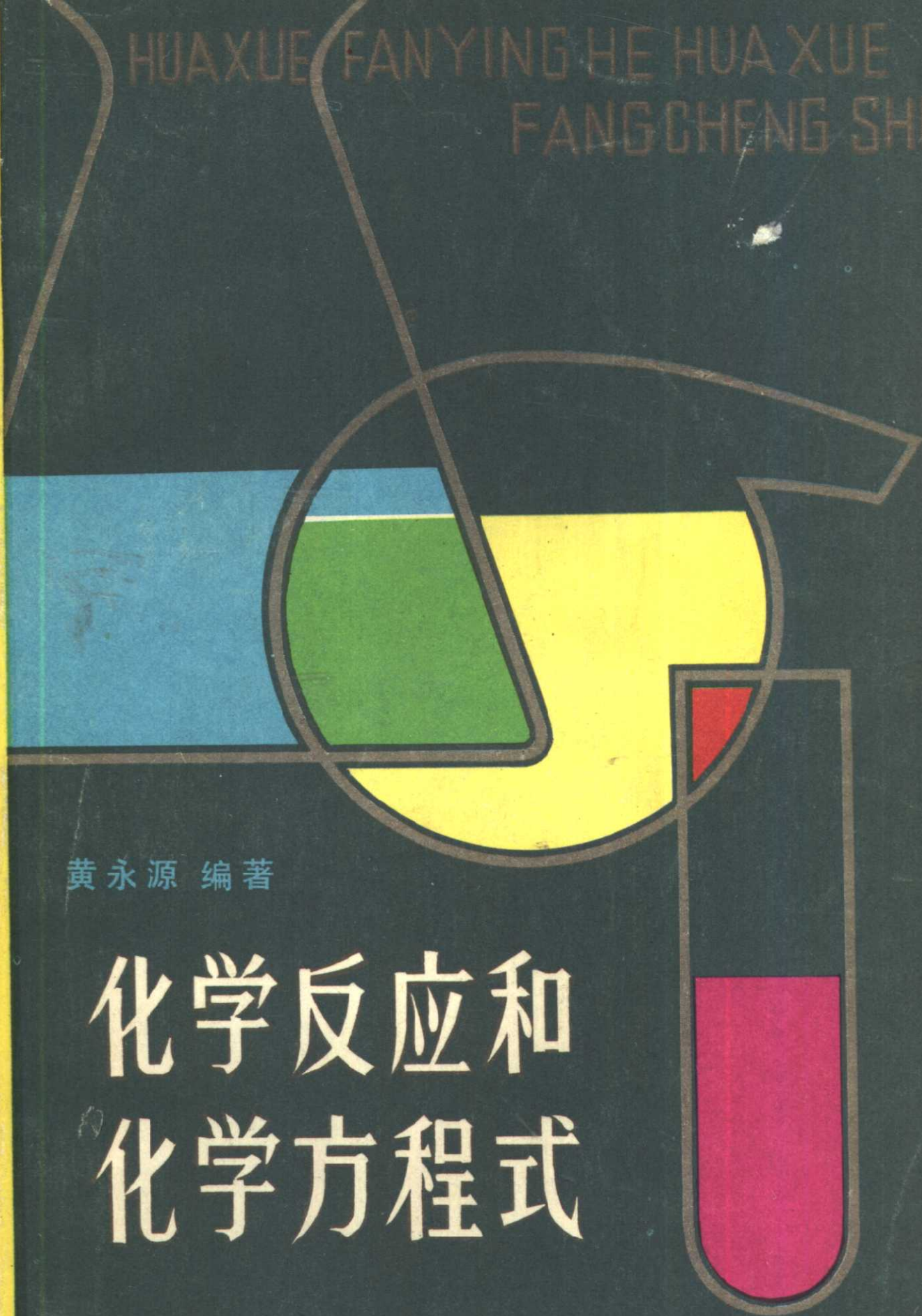


HUAXUE FANYING HE HUA XUE
FANGCHENG SHI

黄永源 编著

化学反应和 化学方程式



化学反应和化学方程式

黄永源 编著

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书是加强化学基础知识和基本技能训练的中级读物。主要介绍了化学反应的基本规律，和如何运用这些规律写出正确的化学反应方程式。书中又着重介绍了氧化还原反应的基本概念，和氧化还原方程式的写法。并联系生产实际和科学实验，收集了二十种重要元素的化学反应方程式，书末附有习题和习题解答，可供中学生及具有中等文化程度的广大干部和知识青年自学之用，也可作为中学教师的教学参考读物。

化学反应和化学方程式

黄水源 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年7月第一版 开本：787×1092 1/32

1980年7月第一次印刷 印张：6 7/8 插页：1

印数：0001—127,300 字数：134,000

统一书号：13031·1265

本社书号：1760·13—4

定价：0.60元

前 言

书写化学方程式是中学生学习化学的基本技能之一。很多学生希望获得一些参考材料，以便进一步了解化学反应基本规律，掌握书写化学方程式的一般方法。从而克服学习上的一些困难，增进学习化学的兴趣，提高学习化学质量。为此，编者根据多年来的教学实践体会，联系工农业生产实际，参考国内外有关书籍，写成本书，以供中学生、知识青年自学之用，也可供中学教师教学参考。

因水平所限，对本书的缺点和错误，希读者批评指正。

编 者

1978年11月

目 录

前言	
第一章 化学式的涵义及运用	1
第二章 书写化学方程式的步骤	11
一、化学方程式的意义和写法	11
二、配平化学方程式的方法	13
化学方程式配平练习	27
第三章 化学反应和化学方程式	29
一、化学反应的类型	29
二、化学方程式的几种表示法	36
三、为什么会写错化学方程式	39
四、化学方程式的局限	42
第四章 非氧化还原反应类型方程式的写法	46
一、化合反应	46
二、复分解反应	48
第五章 氧化还原反应方程式的写法	55
一、氧化还原反应的基本知识	56
二、氧化还原反应的分类	70
三、氧化还原反应方程式的写法和配平	73
四、写氧化还原反应方程式时应注意的问题	83
第六章 有关化学方程式的计算	86
一、原料量或产品量的计算	86
二、原料或产品是气体的计算	88

三、应用溶液浓度的计算	89
四、已知两种原料量的计算	93
五、有关物质纯度和产率或原料利用率的计算	93
六、多步反应问题的计算	97
七、利用化学方程式求元素的原子量	100
八、利用化学方程式求物质的分子式	101
九、关于剩余物的计算	102
十、特殊化学方程式的计算	104
十一、利用热化学方程式计算	106
习题	109
第七章 重要元素的化学方程式	113
一、常见元素的主要化学方程式	113
氢(113) 氧(115) 硫(117) 氟(119) 氯(120) 溴(122)	
碘(123) 氮(124) 磷(127) 碳(128) 硅(130) 铝(131)	
镁(133) 钙(134) 钠(136) 铜(138) 锌(139) 铬(141)	
锰(142) 铁(144)	
二、有机化合物的主要化学方程式	146
甲烷(146) 乙烯、丙烯(147) 乙炔(149) 苯及其同系物(150)	
烃的衍生物(152) 醇(153) 苯酚(155) 甲醛、丙酮(156)	
有机酸(158) 碳水化合物(159) 含氮的有机物(160) 几种	
高分子化合物(161)	
习题	164
习题解答	179
附录 1 酸、碱、盐的溶解性表(20℃)	211
附录 2 常见还原剂及氧化产物	212
附录 3 常见氧化剂及还原产物	213
附录 4 国际原子量表	214
附录 5 长式元素周期表	
附录 6 短式元素周期表	

第一章 化学式的涵义及运用

化学是研究物质的组成、结构、性质，研究物质的相互变化以及相互合成等化学变化规律的一门自然科学。属于微观科学的范畴。人们在长期的生产实践和科学实验的积累下，创设了一套表示物质及其组成的元素符号、分子式、电子式和结构式等化学式。这些化学式对于学习和研究化学起了很大的帮助和便利作用。因此，要学好化学，首先必须理解化学式的涵义和熟练地掌握运用。

1. 元素符号：在化学式中，最基本的是元素符号，化学元素的符号均采用该元素的拉丁文名称的第一个字母（必须大写）来表示。例如氧的拉丁文为 Oxygenium，元素符号为 O；碳的拉丁文为 Carbonium，元素符号为 C，等等。有些化学元素的拉丁文开头的字母是相同的，那么就在开头字母的后面，用小写标出其第二个字母，第二个字母相同时，则标出第三个字母，如钨（Osmium）为 Os，是用第一个字母和第二个字母；镉（Cadmium）为 Cd，是用第一个字母和第三个字母，等等。这些元素符号不仅代表着元素名称，同时还代表着它的量和化合价。例如，“C”一方面代表一个碳原子，另一方面又代表碳的原子量为 12 或 1 摩尔原子的碳（即含有 6.023×10^{23} 个碳原子）。同时，还代表它的化合价为正二价和四价。

2. 分子式: 用元素符号来表示单质或化合物分子中所含元素的原子数目的式子, 叫做分子式。例如, 氢气 (H_2)、氧气 (O_2)、氮气 (N_2)、水 (H_2O)、硫酸 (H_2SO_4)、氢氧化钠 (NaOH)、碳酸钠 (Na_2CO_3) 等等。分子式不仅代表着单质或化合物, 同时在量的方面还有一定的意义。例如, H_2SO_4 表示着: 一个硫酸分子; 硫酸是由 H, S, O 三种元素组成的; 一个硫酸分子里含有两个 H 原子、一个 S 原子和四个 O 原子; 三种元素间的质量比是: $1 \times 2 : 32 : 16 \times 4$ 即 $1 : 16 : 32$; 硫酸的分子量是: $1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$; 也代表 1 摩尔分子的硫酸(含 6.023×10^{23} 个硫酸分子, 质量是 98 克)。

准确地写出分子式, 是正确地书写化学方程式的重要基础。下面介绍一下书写单质和常见化合物分子式的基本法则。

写单质的分子式时, 要先写出元素符号, 然后在元素符号的右下角注明数字, 以表示该单质一个分子里所含的原子个数。常见有三种类型的单质分子式。

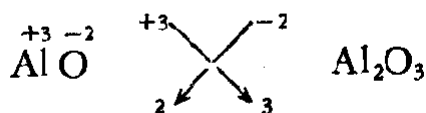
第一, 单原子分子式。如惰性气体, 是以单个原子存在的, 它们的分子是单原子分子, 可用元素符号表示它们的分子式(表示原子个数的“1”字可略去不写), 如氦 (He)、氖 (Ne)、氩 (Ar) 等。又如, 在通常情况下, 金属单质如铁、铜等和一些非金属单质如碳、硅等的晶体, 都是以原子为结构单位直接相结合而形成的, 不存在微观的、独立的分子。另外, 有一些非金属, 如硼、硫、磷等的分子结构则比较复杂, 为了方便, 一般也用它们的元素符号来表示这些单质。

第二, 双原子分子式。如氢气、氧气、氮气、氯气、溴、碘等

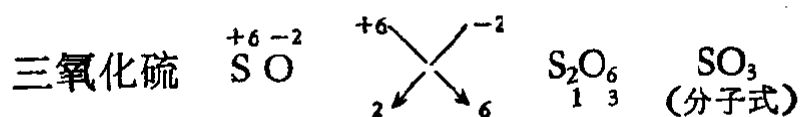
单质的分子,是由两个原子结合的,写它们的分子式时,就要在元素符号的右下角写上数字2。如 H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , Br_2 和 I_2 。

第三,多原子分子式。象臭氧分子,是由三个原子结合的,分子式为 O_3 。

写化合物的分子式时,最常用的是根据化合价利用交叉法书写分子式。口诀是:“先念后写,后念先写,正价在左,负价在右,等价结合,交叉写数,是否写对,检查一下。”例如,写氧化铝的分子式



检查: Al 的正价总数是: $2 \times (+3) = +6$; O 的负价总数是: $3 \times (-2) = -6$ 。正负化合价都是6价;总数相等,符合上述口诀里的等价结合原则,所写的分子式是对的。但要注意,在化合物中,如果两种元素的化合价数目中有公约数时,那末交叉后的原子数,要约为最简数;例如



如果两种元素的正负化合价数值相等,则原子数目各为1(省略不写)。例如



但非金属元素与氢元素所形成的化合物,写分子式时,通常把氢元素符号写在 B, C, Si, N, P, As 诸元素的右边,例

如,甲烷(CH₄)、氨(NH₃)、磷化三氢(PH₃)等,这些物质分子式里的负价元素却在左边。

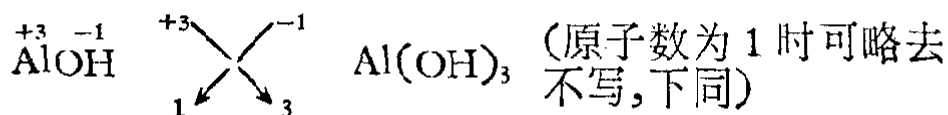
无机化合物的组成,除二元化合物外,绝大多数的三元化合物均以酸、碱、盐的分子形式出现,其中的酸或碱的原子团,可以看成是一个整体,就象二元化合物一样,由两个部分组成。这种作为一个整体而参加化学反应的原子团叫做根。弄清楚这些根式的写法及其根价,就能正确地书写酸、碱、盐的分子式。

下面是酸、碱、盐的分子式写法:

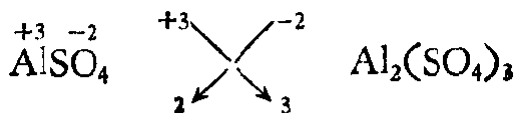
酸 常见的含氧酸分子中,含有氢、氧和另一种非金属元素。写它们的分子式时,将氢的元素符号写在前面,非金属的元素符号写在中间,氧的元素符号写在后面,并且标明各元素的原子数。如

酸的名称	分子式	根式及根价
硝酸	HNO ₃	NO ₃ ⁻
硫酸	H ₂ SO ₄	SO ₄ ²⁻
亚硫酸	H ₂ SO ₃	SO ₃ ²⁻
碳酸	H ₂ CO ₃	CO ₃ ²⁻
硅酸	H ₂ SiO ₃	SiO ₃ ²⁻
磷酸	H ₃ PO ₄	PO ₄ ³⁻

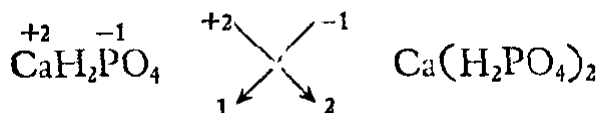
碱 比如水(H₂O),也可以写作HOH,其中氢氧根(OH)是和1个氢离子相结合的,因而是负1价。碱的分子就是由金属离子代替氢离子而和氢氧根(OH⁻)原子团相结合而成的,因此,在写碱的分子式时,金属是几价就有几个氢氧根(OH⁻)。例如,写氢氧化铝的分子式



盐 盐的分子是由金属元素和酸根原子团相结合而成的。写盐的分子式时,也可根据金属元素和酸根的化合价利用交叉法写出。例如,硫酸铝的分子式写法是



又如,磷酸二氢钙的分子式写法是



在写酸、碱、盐的分子式中,以写盐的分子式最为重要,因酸和碱只有几十种固定组成的分子,而盐的种类却多得多。例如

正盐: Na_2CO_3 (碳酸钠), FeSO_4 (硫酸亚铁)

酸式盐: NaHCO_3 (碳酸氢钠), $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ (亚硫酸氢钙)

碱式盐: $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ (碱式碳酸铜), $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ (碱式硝酸铋)

混盐: CaOCl_2 (漂白粉), $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (三水合氯化钾硫酸镁)(在同一晶体中)

复盐: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (硫酸钾铝)

络盐: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (亚铁氰化钾), $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ (硫酸四氨铜)

3. 最简式: 用元素符号表示化合物中所含各元素原子数

之间的最简单比例的式子，叫做最简式。根据定性定量的分析数据，求得某化合物的元素组成和该化合物中所含的元素的原子量，就可以确定最简式；若能测出其分子量，就可以完全确定分子式。求最简式的步骤是：

第一步：求出物质中各元素组成的百分比或重量比，再除以该元素的原子量，便得出分子中各元素的摩尔原子数。

第二步：把各元素的摩尔原子数用最简整数比来表示（因为原子个数只有整数，没有小数）。这整数比就代表该分子中各原子的相对个数。这样，便求出了最简式。

例题 由实验分析结果得知醋酸分子里含C 40%，H 6.7% 和 O 53.3%，求醋酸的最简式。

解：先求出在 100 克这种化合物中，所含每种元素的摩尔原子数是多少。

$$\text{C 的摩尔原子数} = 40 \div 12 = 3.33$$

$$\text{H 的摩尔原子数} = 6.7 \div 1 = 6.7$$

$$\text{O 的摩尔原子数} = 53.3 \div 16 = 3.33$$

C, H, O 的最简整数比是

$$3.33:6.7:3.33 = 1:2:1$$

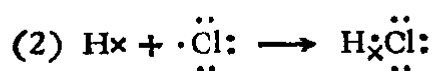
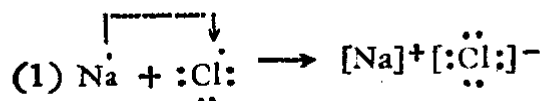
所以醋酸的最简式为 CH_2O 。这个式子仅表明了醋酸分子里各种原子之间的最简单的比例，并不表示分子里各原子的实际个数。这是因为它可能是 CH_2O , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdots (\text{CH}_2\text{O})_n$ ，这里 n 值的多少，只有在测定了醋酸的分子量等于 60 之后，才可以确定醋酸的分子式为 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ （即 $(\text{CH}_2\text{O})_n = 60$, $(12 + 2 + 16)_n = 60$, $n = 60 \div 30 = 2$ ）。最简式也叫

实验式,通常适用于下列两种情况:

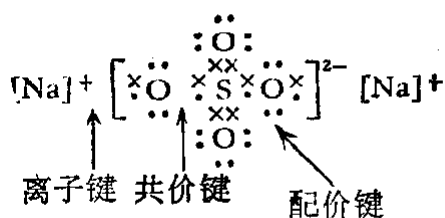
(1) 表示有机化合物的简单组成。在有机化合物中,往往由于同分异构现象,不同的化合物有相同的最简式。如苯(C_6H_6)和乙炔(C_2H_2)的最简式都是 CH 。

(2) 表示固态无机化合物的分子式。有许多固态化合物,如氯化钠、氧化铜、三氧化二铁、二氧化硅等,都是以不同元素的原子或离子为结构单位相结合而形成的,不存在微观的独立分子。对于这些化合物,根据实验,只能求出它们所含各元素的原子之间最简单的数目之比。通常就用它们的最简式代表分子式。如氯化钠中钠与氯原子数目之比为1:1,最简式为 $NaCl$;氧化铜中铜与氧原子数目之比为1:1,最简式为 CuO ;三氧化二铁中铁与氧原子数目之比为2:3,最简式为 Fe_2O_3 。

4. 电子式: 在化学上,为了简便起见,通常在元素符号周围用小黑点(或 \times)表示原子最外层的电子数,这种式子叫做电子式。例如, $H\cdot$, $:\ddot{Cl}\cdot$, $\cdot\ddot{N}\cdot$ 等。利用电子式可以简明地表示分子的形成。例如

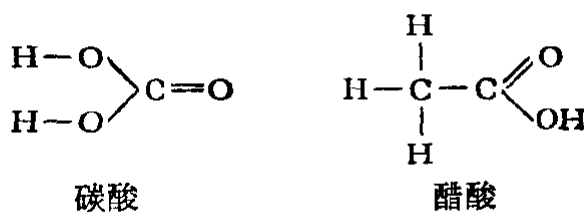


在(1)式的氯化钠中,通过钠离子和氯离子之间的静电作用力而形成的化学键,叫做离子键。在(2)式的氯化氢分子中,以共用电子对而形成的化学键,叫做共价键。有时在同一分子中存在几种类型的化学键。例如,硫酸钠分子



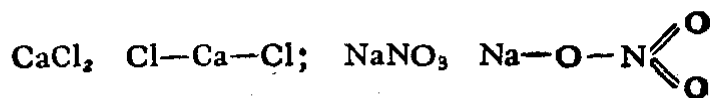
在硫酸钠的电子式中,有三种化学键,一是S原子的两个电子各与两个O原子共用电子对而形成的典型共价键。这时成键的一对共用电子由两个原子提供;二是S原子剩下的四个电子各与另外两个O原子形成配价键。这时成键的电子对不是来源于两个原子,而是由一方的原子单独提供;三是两个Na原子各转移一个电子到硫酸根离子(SO₄²⁻)上去,使硫酸根离子带上两个负电荷,即-2价,于是两个Na⁺离子与SO₄²⁻离子之间便以离子键结合。

5. 结构式: 将分子内各个元素的化学符号用短线按一定顺序联接起来的式子叫做结构式。每一短线代表一个共用电子对,叫做键。原子周围的键数必须和化合价数相等。例如,碳酸(H₂CO₃)和醋酸(C₂H₄O₂)的结构式

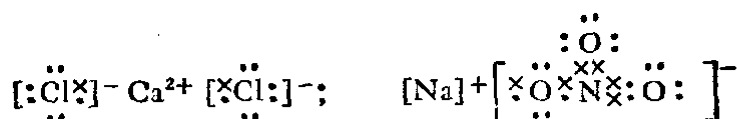


结构式不仅能清楚地表明分子中的原子种类和数目,而且也能从本质上简明地揭示分子中各原子的排列顺序和结合方式。然而,运用结构式时常会遇到下列几个问题:

一是离子化合物能否写成结构式? 如

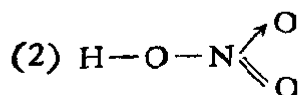
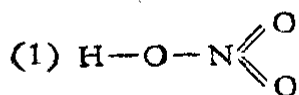


从上述结构式，只能看出元素的化合价和原子间的结合顺序。根据近代化学键理论，结构式中的每一短线代表一个共用电子对，而这种结构式从外观上却看不出是离子化合物还是共价化合物。因此，一般还是写成电子式



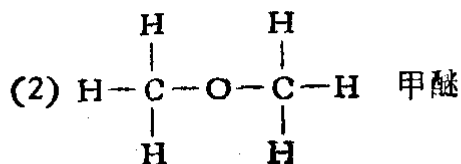
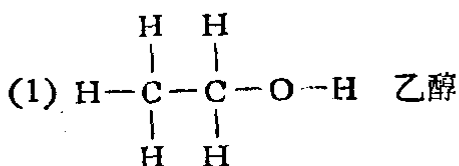
二是共价化合物分子中的配位键能否用结构式来表示？

如 HNO_3 的结构式

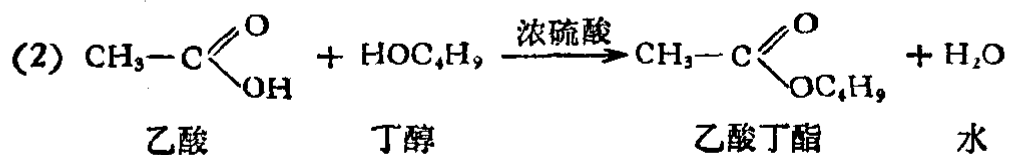
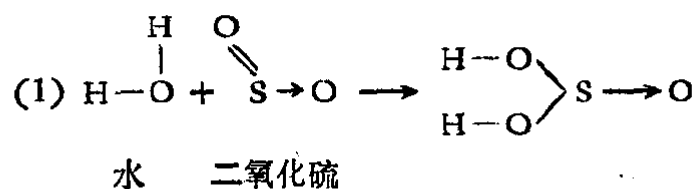


上述两种写法，究竟哪一个对？一般常用(2)式，式中的箭号(\rightarrow)表示配位键，箭尾表示提供共用电子对一方，箭头所指表示接受共用电子对一方。

三是结构式的应用。在化学中，常常发现许多物质的分子组成相同而性质不同，即同分异构现象。例如，分子式为 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 的有机物质有两种



因此,人们往往利用结构式去推知物质的性质。然而,在实际工作中,为了书写简便起见,又常用表示物质分子中所含基和它的性质的示性式来代替结构式。例如,乙醇的示性式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (或 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 甲醚的示性式为 CH_3OCH_3 。结构式(或示性式)常在有机化学(或无机化学)中用来表示化学反应。例如

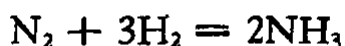


第二章 书写化学方程式的步骤

一、化学方程式的意义和写法

化学方程式是用化学式来表示化学反应的一个等式。等号左边写出全部反应物的化学式，右边为全部生成物的化学式。因为每一个化学反应都要遵守质量守恒定律（或物质不灭定律），也就是反应前后各元素的原子总数保持不变，所以在化学方程式中，每个化学式前面都有系数（若系数是1，可以不写），以使等号两边各元素的原子总数相等。因此，化学方程式表达了物质在化学反应中质的变化和量的关系。

例如，用物质的化学式表示合成氨的反应事实，就得到合成氨的化学方程式



这个化学方程式不仅说明氮气和氢气化合生成氨这一质的变化，而且表示了参加反应的各物质间量的关系。一个分子氮和三个分子氢化合，生成两个分子氨；或者是1摩尔分子氮和3摩尔分子氢化合，生成2摩尔分子氨。也就是 2×14 克氮和 3×2 克氢化合，生成 $2 \times (14 + 3)$ 克氨。因为它们都是气体，所以还表示了1体积氮和3体积氢反应生成了2体积的氨。

那么怎样才能正确写出化学方程式呢？