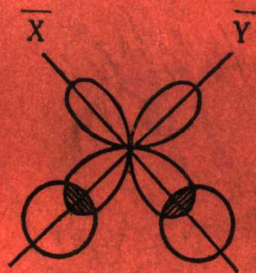


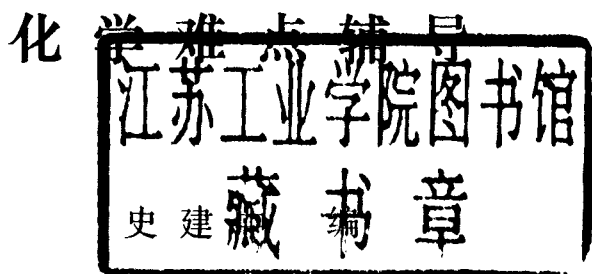
史 建 中

化学难点辅导

Huaxue nandian fudao



青海人民出版社



青海人民出版社

化 学 难 点 辅 导

史 建 中 编

*

青海人民出版社出版

(西宁市西关大街96号)

青海省新华书店发行 杭州风光彩印装璜厂印刷

*

开本787×1092毫米 1/32 印张:8.125 字数: 171,500

1985年10月第1版 1985年10月 第1次印刷

印数: 1—30000

统一书号: ~~13087~~ · 58 定价: 1.25元

13097

目 录

第一讲 化学基本概念	1
§1 元素 分子 摩尔.....	1
§2 化学式 化学方程式 氧化数.....	5
§3 克当量.....	13
第二讲 电子云和能级交错现象	23
§1 电子云.....	23
§2 核外电子的能级分组.....	29
第三讲 分子和晶体	38
§1 离子.....	38
§2 化学键.....	42
§3 杂化轨道.....	49
§4 分子的空间构型.....	53
§5 范德华力和氢键.....	56
§6 晶体.....	58
第四讲 元素周期律	64
§1 元素周期律.....	64
§2 元素周期表的区分.....	71
第五讲 化学反应速度和化学平衡	83
§1 化学反应速度.....	84
§2 化学平衡.....	90
§3 化学平衡的移动.....	98
§4 化学平衡的计算.....	103
第六讲 溶解度和溶液的浓度	1

§1	溶解度	114
§2	溶液的浓度	123
第七讲	弱电解质	130
§1	弱电解质的电离	131
§2	溶液的酸碱性 pH值	134
§3	溶液pH值的计算	138
§4	盐的水解	144
第八讲	电极电势和电解	150
§1	原电池	150
§2	电极电势	154
§3	电解	158
§4	法拉第电解定律	165
第九讲	常见气体和离子的鉴定	168
§1	离子的定性鉴定	168
§2	几种气体的定性鉴定	179
第十讲	同分异构现象	196
§1	同分异构现象	196
§2	烃的同分异构现象	199
§3	烃的含氧衍生物的同分异构现象	212
§4	简单有机物同分异构体数目的计算	222
第十一讲	化学计算	242

第一讲 化学基本概念

§1 元素 分子 摩尔

化学的主要研究对象是元素。随着科学的发展，人们对元素的认识也是逐步深入的。初学化学的人，往往不易掌握元素概念的实质，常将元素和单质两个概念混淆；还不能很好地地区分元素和原子这两个既有区别又有联系的概念。

摩尔是物质的量的单位，在化学计算中，它是最重要的概念，它是联系各种有关量的纽带，正确掌握和运用摩尔概念解题，不仅解题意义明确，而且解法简练。摩尔概念难于理解，是因为它联系着微观粒子的数目和这些微粒集合体的质量。化学变化的定量化，就是涉及微粒个数和质量，但在日常生活中这样的关系是不多见的。

一 元 素

随着科学的发展，原子结构的阐明和同位素的发现，揭示了元素概念的实质，即：元素是具有相同核电荷数的那一类原子的总称。根据这个定义，氕、氘、氚虽然是三种不同的原子，化学性质亦有一些差异，但它们仍然属于同一种元素——氢，只不过互为同位素而已。

元素是一个抽象的、种类的概念，是抓住了原子“具有相同核电荷数”这一本质而不管这原子处在什么状态。例如，无论是氯气中的氯原子，还是氯化钠、氯酸钾、氯化氢中的氯离子或氯原子，也不论是 ^{35}Cl 还是 ^{37}Cl ，均称之为氯元

素，因为它们具有相同的核电荷数——17。只不过氯气是氯元素的游离态，而其它的则是氯元素的化合态。游离态与化合态都是氯元素的存在形式。虽然在氯化氢分子与氯酸根离子中，由于氯原子与其它原子结合方式不同，核外电子层结构有所改变，性质也有差别，但它们的本质——核电荷数却没有改变。如果在核反应中，它们的核电荷数改变了，那么氯元素就变为另一种元素，这就是元素的嬗变。在化学反应中，元素的种类是不变的。

原子是物质进行化学反应的基本微粒，或者说原子是物质在化学反应里不能再分的最小微粒。但是，应该看到，当原子相互结合时，其电子层结构要发生变化，有的失去或得到若干电子，成为离子；有的以形成若干共用电子对而互相结合。可见，原子在发生化学变化即原子结合生成分子时，并不是绝对不变的。

元素与原子是既有区别又有联系的两个概念。元素是宏观的、抽象的概念，原子是微观的、具体的概念；元素只能论种类不能论个数，而原子既要论种类，又要论个数。例如，我们说硫酸由氢、硫、氧三种元素组成。也可以说1个硫酸分子由2个氢原子、1个硫原子和4个氧原子组成。

单质是元素的游离态，它是具体的概念。但是，应当明确，在单质中元素的原子由于键合的其它原子的影响，已与自由的原子有所不同。

二 分 子

不少物质是由分子组成的，如氧气、二氧化碳、硫酸、水等等。所谓分子，就是保持原物质化学性质的最小微粒。

这里“保持原物质的化学性质”一语可以这样理解：物质的化学性质是由分子的结构决定的，分子变了，它的结构

也就改变了,化学性质当然也变了,原物质不复存在,这就是说发生了化学变化;另一方面,分子只保持该物质的化学性质,而不保持物质的物理性质,因为化学性质决定于分子内原子之间的相互作用,而物理性质则决定于分子间的相互作用。

这里“最小”二字,说明分子通常是组成该物质的具有固定组成的最小单元,继续“分割”就会发生“质变”。

三 摩 尔

摩尔是一个系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与0.012千克碳—12的原子数目相等;

在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,也可以是这些粒子的特定组合。

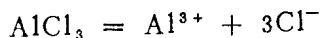
现在,将0.012千克碳—12的原子数目称为阿佛加德罗常数,它的值是 6.02×10^{23} /摩尔,1摩尔的任何物质均含有这么多基本单元。

应当指出,摩尔不是质量的单位,虽然它与物质的质量有关。每一个基本单元都有一定的质量,当然阿佛加德罗常数那么些个基本单元的总质量,就是一个基本单元质量的 6.02×10^{23} 倍,这个质量就叫做该物质的摩尔质量,它的单位是克/摩尔,其数值等于该物质的原子量或分子量……等(视基本单元而定)。

物质的质量与该物质摩尔质量的比值,就是通常所说的“摩尔数”。摩尔数是表示物质的量的多少,即它是阿佛加德罗常数那么些个基本单元的多少倍,它的单位当然应该是摩尔。

例1 将27克的 AlCl_3 、标准状况下5.6升的 HCl 和0.075摩尔的 MgCl_2 溶于水中,在此溶液里 Cl^- 的量是多少摩尔? Cl^- 个数是 H^+ 个数的多少倍?

解 (1) 求 AlCl_3 溶于水后, 溶液中 Cl^- 的量:

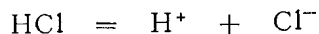


$$133.5 \text{ 克} \qquad 3 \text{ 摩尔}$$

$$27 \text{ 克} \qquad x$$

$$x = 0.6 \text{ 摩尔}$$

(2) 求 HCl 溶于水后, 溶液中 H^+ 和 Cl^- 的量:



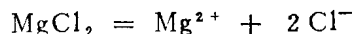
$$22.4 \text{ 升} \quad 1 \text{ 摩尔} \quad 1 \text{ 摩尔}$$

$$5.6 \text{ 升} \quad y \quad z$$

$$y = 0.25 \text{ 摩尔}$$

$$z = 0.25 \text{ 摩尔}$$

(3) 求 MgCl_2 溶于水后, 溶液中 Cl^- 的量:



$$1 \text{ 摩尔} \qquad 2 \text{ 摩尔}$$

$$0.075 \text{ 摩尔} \qquad w$$

$$w = 0.15 \text{ 摩尔}$$

(4) 溶液中 Cl^- 的总量为:

$$0.6 + 0.25 + 0.15 = 1 \text{ 摩尔}$$

(5) 溶液中 Cl^- 个数是 H^+ 个数的倍数为:

$$\frac{1 \text{ 摩尔}}{0.25 \text{ 摩尔}} = 4$$

答: (略)

例2 多少克 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 中所含氧原子的个数与标准状况下 11.2 升氧气中氧原子个数相同?

解 设与标准状况下 11.2 升氧气中氧原子个数相等的 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的质量为 x , 则:

$$\frac{x}{342 \text{ 克/摩尔}} \times 12 = \frac{11.2 \text{ 升}}{22.4 \text{ 升/摩尔}} \times 2$$

$$x = 28.5 \text{ 克}$$

答：（略）

例 3 90℃时，硝酸钾的饱和溶液中，钾离子数与水分子数之比为 9 : 25，求 90℃时，硝酸钾的溶解度是多少？

解 设 90℃时硝酸钾的溶解度为 x ，则

$$9 \text{ 摩尔} \times 101 \text{ 克/摩尔} : 25 \text{ 摩尔} \times 18 \text{ 克/摩尔} = x : 100 \text{ 克}$$

$$x = 202 \text{ 克}$$

答：（略）

§2 化学式 化学方程式 氧化数

元素符号、化学式和化学方程式是化学的语言，正确书写和使用化学用语是学好化学必须具备的前提条件。初学化学的人，觉得化学方程式的平衡方法不易掌握、没有规律可循，特别是对用化合价升降法配平氧化—还原反应的化学方程式感到不好理解，有些分子中各元素的化合价不易求得。所以，本节除了指出化学方程式的含义及一般的平衡方法和注意事项外，还着重介绍氧化数的概念及应用，以求对化学方程式的配平有所帮助。

一 化 学 式

用元素符号表示组成物质的原子或离子间最简单的个数比的式子是化学式。表示分子真正组成的分子式当然也是化学式。

物质是由原子、分子或离子组成的。对于离子化合物，在离子晶体中，正、负离子是一种有序的排列，我们不能验证

哪些相邻的正、负离子之间的结合与其它相邻的正、负离子之间的结合有什么差异，即在离子晶体中不会有哪几个离子能成为单独的、组成固定的、独立运动的“分子”。如氯化钠晶体中，每一个钠离子周围有六个氯离子，同样，每一个氯离子周围也有六个钠离子，不能区分出单独存在的氯化钠分子（虽然在气态时有组成为 NaCl 的分子存在）。因此， NaCl 这一式子只表示在氯化钠晶体中钠离子与氯离子的个数比为 $1 : 1$ 。严格讲， NaCl 不能称为氯化钠的分子式，而只能称为氯化钠的化学式。同理，58.5 也不能称为氯化钠的分子量，而应称为“式量”。

同样， SiO_2 表示在二氧化硅晶体中，硅原子与氧原子个数的比是 $1 : 2$ ，它是化学式而非分子式。 CO_2 与 SiO_2 不同， CO_2 是气体二氧化碳的分子式，它表明二氧化碳分子确实是由一个碳原子和两个氧原子组成的。

对于由分子组成的物质，如水、硫酸、甲烷、氯气等，它们无论在固态、液态还是气态均以 H_2O 、 H_2SO_4 、 CH_4 、 Cl_2 为一个独立的单元，这是真实存在的分子。因此，上述化学式确实表示一个真正存在的分子，表示组成这物质的元素和一个分子中每种元素的原子数，也能计算它的分子量和质量百分组成，这是名符其实的分子式。

最简式与分子式不同，它仅表示一种有机物分子中各元素的原子最简单的整数比，如苯和乙炔的最简式都为 CH 。最简式也是化学式的一种，离子化合物的化学式也可以看成是最简式，但有机化合物的最简式求出后，可通过测定分子量而求出其分子式。

二 化学方程式

用化学式按照一定的规则组合起来，并反映客观存在的

化学反应的式子叫化学方程式，根据质量守恒定律，化学方程式要进行配平。化学方程式还能表示哪些物质发生反应，生成什么物质；反应前后的能量变化；反应物与生成物之间量的关系。这里说的“量的关系”，一方面是指反应物和生成物的微粒个数即摩尔数的关系，另一方面也反映出它们之间的质量关系。

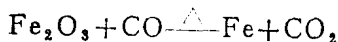
为了表示化学反应进行的条件，可在等号上方或下方标明，对于反应物和生成物的聚集状态，可用“(固)”、“(液)”和“(气)”标在该物质化学式的后面。尽管采取了这些辅助措施，仍然不能克服化学方程式的重大缺欠，即不能表示反应的历程。

化学反应的实质是在一定条件下，组成反应物的分子、原子或离子之间的化学键发生一定程度的破坏，这些微粒重新组合成生成物的分子、原子或离子。这里，只有旧化学键的破坏和新化学键的生成，而绝没有参与反应的各元素的原子种类和数量的改变，也就是说，参加化学反应的各元素的原子总数与反应后各元素的原子总数相等。故化学反应必须遵守质量守恒定律的要求。

配平化学方程式就是要使反应前后每一种元素的原子数都相等。平衡化学方程式的要求是：调整各个化学式前面的系数，而且各系数应约至最简。

配平化学方程式的方法很多，下面只简单介绍中学里常用的几种方法。

1. 观察法 我们看用一氧化碳还原三氧化二铁的反应



我们可以这样考虑，1摩尔CO转变成1摩尔CO₂要获得1

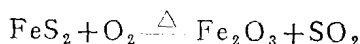
摩尔氧原子，而1摩尔 Fe_2O_3 转变成铁需失去3摩尔氧原子，反应前后氧原子个数必须相等，所以化学式 CO 和 CO_2 的系数均应为3，结果得



2. 单双数法 配平化学方程式要求反应前后每一种元素的原子数都相等，当然对任一种元素来讲反应前的原子数是奇数，反应后当然也应该是奇数，反应前的原子数是偶数，反应后也应该是偶数。

配平时首先选择某元素的原子数在反应前后分别为奇数和偶数，如果有几种元素均如此，则常选择在这个化学方程式的各个化学式中出现次数最多的那一个元素（当然也有例外情况），然后在该元素奇数原子数的那个化学式前面添上系数2，使该元素原子数变为偶数。若以后在平衡过程中出现不平衡的情况，则可变2为4、6等偶数。对许多化学方程式用此法都可以平衡。

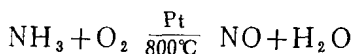
例如，平衡化学方程式



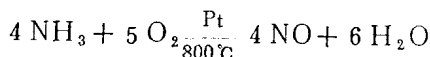
时可这样考虑，化学式 O_2 和 SO_2 的系数无论为什么数，氧原子个数均为偶数，可是 Fe_2O_3 前的系数只有为偶数时才能保证反应前后的氧原子个数均为偶数，故先在化学式 Fe_2O_3 前填系数2，据此 FeS_2 前填系数4，考虑硫原子，则 SO_2 的系数为8，最后计算反应前后的氧原子数，在 O_2 前填系数11，得



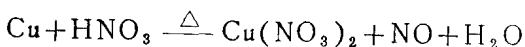
又如平衡氨的催化氧化的化学方程式



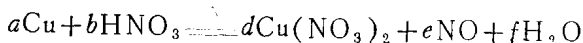
这里选择氧为平衡的起点是不合适的，因为反应前的氧原子数一定为偶数，而反应后的两个奇数氧原子数的和也是偶数，故可以从氢元素开始考虑。 H_2O 的系数不论是什么数，氢原子数均为偶数，所以 NH_3 的系数必为偶数，这样反应物中氮原子就必须是偶数，可见， NO 的系数亦应为偶数，再考虑氧原子数的奇偶，则 H_2O 的系数必为偶数。若在 H_2O 前填2，则生成物中氢原子个数为4，而反应物中氢原子数为了满足偶数的要求，应为6、12、18……，考虑4和6的最小公倍数为12，则 NH_3 的系数为4， H_2O 的系数为6，最后再计算 NO 和 O_2 的系数，得



3. 待定系数法 对于铜与稀硝酸反应，有



设平衡后，各化学式的系数如下：



根据反应前后铜原子个数相等，得

$$a = d$$

根据反应前后氢原子个数相等，得

$$b = 2f$$

根据反应前后氮原子个数相等，得

$$b = 2d + e$$

根据反应前后氧原子个数相等，得

$$3b = 6d + e + f$$

表面上看，五个未知数只有四个独立的代数方程，好象应有无数组解，其实不然，因为还有一个条件，即五个系数要约成最简单的正整数，故只有唯一的解。若反应物中元素种类为 m ，反应物与生成物的总数为 n ，那么当

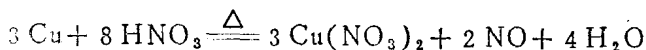
$$n-m \leq 1$$

则用待定系数法确有唯一的解，对于

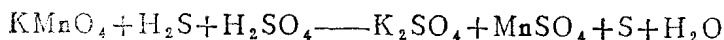
$$n-m > 1$$

的情况，才有无穷多组最简单正整数解。

对于上例，令 $e=1$ ，则 $b=4$ ， $f=2$ ， $d=\frac{3}{2}$ ， $a=\frac{3}{2}$ 。因系数为最简之正整数，取 $a=3$ ，则 $b=8$ ， $d=3$ ， $e=2$ ， $f=4$ ，方程式平衡如下：



又如下述反应：



元素的种类为5，反应物与生成物总和为7，故不能得到唯一的、最简的正整数解。但是应当注意，并不是这些解都符合化学事实。遇到这种情况，应从氧化—还原反应的实质出发，运用下面介绍的氧化数来平衡。

三 氧化数

氧化数是个经验概念。用氧化数可以定义氧化剂和还原剂；配平氧化还原方程式；计算氧化还原当量等等。

某结合状态原子的氧化数是以一定方式将化合物的键合电子分配给各原子时，表示该原子所带电荷的一个数值。这里的“一定方式”是指：

1. 在离子化合物中，原子的氧化数就等于该原子的离子所带的电荷数。

2. 在单质中, 原子的氧化数为零。

3. 在结构已知的共价化合物中, 当属于两原子的共用电子对完全移向电负性更大的一个原子以后, 在两原子中留下的电荷数就是氧化数。

4. 在结构未知的化合物中, 某原子的氧化数可根据该化合物中适当指定了的其它原子的氧化数算出。计算时, 下面的习惯规定很有用:

(1) 在一个中性化合物中, 所有原子的氧化数总和等于零。

(2) 在一个复杂离子中, 所有原子氧化数之和等于该离子的电荷数。

(3) 除了在金属氢化物中的氧化数为 -1 外, 其余所有氢化合物中氢的氧化数全为 $+1$ 。

(4) 除了过氧化物和 OF_2 外, 氧的氧化数均为 -2 。

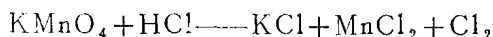
原子的氧化数与该原子的化合价、氧化—还原反应中得失的电子数既有区别又有联系。对于离子, 化合价与氧化数均等于该离子所带的电荷数; 在正常的共价化合物中氧化数与化合价的数值亦一样, 如 H_2O 、 H_2SO_4 等。但对于含有过氧团及其类似化合物和目前尚未搞清分子结构的化合物, 它们的数值很可能是不一致的。如 H_2O_2 中, 氧原子的化合价仍然是 2 价, 但其氧化数却是一 1 。又如氯气分子中, 每个氯原子的化合价均为 1 价, 但其氧化数却规定为零。有些氧化—还原反应确实伴随着电子的转移, 这时氧化数的改变与得失电子数是一致的; 有的氧化—还原反应并没有电子的完全得失。所以, 切不可将氧化数的改变误认为就是化合价的改变或得失电子数。在表示方法上亦应加以区别, 目前大多以 $+m$ 、 $-n$ 表示化合价亦表示氧化数, 用 $m+$ 和 $n-$ 表

示阳、阴离子所带的电荷数。

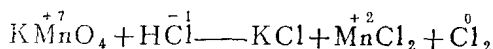
应用氧化数的概念，我们可把凡是组成物质的元素的氧化数有变化的反应，统称为氧化—还原反应，其中含氧化数升高的元素的物质称为还原剂，含氧化数降低的元素的物质称为氧化剂。

利用氧化数能较快地平衡氧化—还原反应的化学方程式。在氧化—还原反应中，氧化剂中原子氧化数降低的数值等于还原剂中原子氧化数升高的数值。

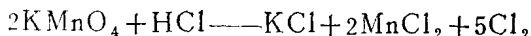
例如配平反应：



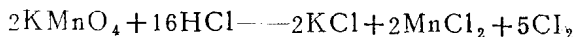
第一，找出反应过程中氧化数改变的原子，标出它们变化前后的氧化数的值：



第二，调整氧化剂、还原剂及其相应生成物的化学式前面的系数，使氧化数有改变的原子的降、升值相等：

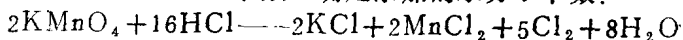


第三，据此，调整其它化学式前的系数，使除氢和氧以外的其它元素的原子个数在反应前后相等：



化学式“HCl”前添系数“16”而不添“10”是因为生成5个 Cl_2 分子需要“10”个“HCl”分子，但反应后还有6个没有发生氧化—还原反应的“ $\overset{-1}{\text{Cl}}$ ”，所以，“HCl”的系数为“16”。

第四，配平氢原子个数以确定添加的水分子个数：



应当注意，由于此反应是在水溶液中进行的，根据反应前后氢原子的数目，反应中可以生成水，也可以有水参加反应。本