

## 巧用化学守恒法 速解中学计算题

福建省沙县第一中学

365050 钟舜方

守恒法在中学化学计算题中经常使用,它是利用物质变化过程中某一特定的量固定不变来列式求解。它的优点是可以简化解题过程,使用特定守恒关系快速列式、巧妙解答,从而提高解题的速度和准确度。现将几种常用的守恒法例析如下:

## 一、质量守恒法

质量守恒是根据化学反应前后反应物的总质量与生成物的总质量相等的原理,进行计算或推断。主要包括:反应物总质量与生成物总质量守恒;反应中某元素的质量守恒;结晶过程中溶质总质量守恒;可逆反应中反应过程总质量守恒等等。

例1 已知 $Q$ 与 $R$ 的摩尔质量之比为9:22,在反应 $X+2Y=2Q+R$ 中,当1.6 g  $X$ 与 $Y$ 完全反应后,生成4.4 g  $R$ ,则参与反应的 $Y$ 和生成物 $Q$ 的质量之比为( )。

A. 46:9 B. 32:9 C. 23:9 D. 16:9

解析 已知 $Q$ 与 $R$ 的摩尔质量比为9:22,结合方程式可以知道,反应生成的 $Q$ 和 $R$ 的质量比为18:22,也就是1.6 g  $X$ 与 $Y$ 完全反应后,生成了4.4 g  $R$ ,同时生成了 $4.4 \times 18 \div 22 = 3.6$  g  $Q$ ,消耗 $Y$ 的质量为 $3.6 + 4.4 - 1.6 = 6.4$  g。所以参加反应的 $Y$ 和生成物 $Q$ 的质量之比为 $6.4\text{g}:3.6\text{g} = 16:9$ ,故答案为D。

## 二、元素或原子守恒法

元素或原子守恒法,即化学反应前后各元素的种类不变,各元素的原子个数不变,其物质的量、质量也不变。用这种方法计算不需要写化学反应式,依据反应前后原子的种类及个数都不变的原理,找到起始和终止反应时物质之间的对应关系,计算出所需结果。

例2 将0.8 mol  $\text{CO}_2$ 完全通入1 L 1 mol/L  $\text{NaOH}$ 溶液中充分反应后,所得溶液中 $\text{NaHCO}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的物质的量之比为( )。

A. 3:1 B. 2:1 C. 1:1 D. 1:3

解析 由于反应前后元素的种类及原子数目不会改变,所以在反应中钠离子与碳原子守恒。

假设 $\text{NaHCO}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的物质的量分别为 $x$ 、 $y$ ,则根据碳原子守恒有 $x+y=0.8\text{mol}$ ,根据钠原子守恒有 $x+2y=1\text{mol}$ ,解之得 $x=0.6\text{mol}$ 、 $y=0.2\text{mol}$ ,故 $x:y=3:1$ ,故答案为A。

## 三、电子得失守恒法

电子得失守恒法,是指在氧化还原反应中,氧化剂得到的电子数一定等于还原剂失去的电子数。无论是自发进行的氧化还原反应,还是原电池或电解池中,均如此。它广泛应用于氧化还原反应中的各种计算,甚至还包括电解产物的计算。

例3 硫代硫酸钠可作为脱氯剂,已知25.0 mL 0.1 mol/L  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液恰好把224 mL (标准状况)  $\text{Cl}_2$ 完全转化为 $\text{Cl}^-$ 离子,则 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 将转化成( )。

A.  $\text{S}^{2-}$  B.  $\text{S}$  C.  $\text{SO}_3^{2-}$  D.  $\text{SO}_4^{2-}$ 

解析 根据氧化还原反应的得失电子数守恒可知,反应中氯气所获得的电子的物质的量与硫代硫酸钠中硫失去的电子的物质的量相等。设硫的最终价态为 $x$ 价。则有 $(0.224\text{ L}/22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}) \times 2 = 0.025\text{ L} \times 0.1\text{ mol/L} \times 2 \times (x-2)$ ,解得 $x=6$ ,故答案为D。

## 四、电荷守恒法

电荷守恒法,即对任一电中性的体系,如化合物、混合物、浊液等,电荷的代数和为0,即正电荷总数和负电荷总数相等。电荷守恒是利用反应前后离子所带电荷总量不变的原理,进行推导或计算。

例4 1 L混合溶液中含 $\text{SO}_4^{2-}$  0.00025 mol,  $\text{Cl}^-$  0.0005 mol,  $\text{NO}_3^-$  0.00025 mol,  $\text{Na}^+$  0.00025 mol,其余为 $\text{H}^+$ ,则 $\text{H}^+$ 物质的量浓度为( )。

A. 0.0025 mol·L<sup>-1</sup> B. 0.0001 mol·L<sup>-1</sup>  
C. 0.001 mol·L<sup>-1</sup> D. 0.005 mol·L<sup>-1</sup>

解析 由电荷守恒知: $n(\text{Na}^+) + n(\text{H}^+) = 2n(\text{SO}_4^{2-}) + n(\text{Cl}^-) + n(\text{NO}_3^-)$ ,即 $0.00025\text{ mol} + n(\text{H}^+) = 2 \times 0.00025\text{ mol} + 0.0005\text{ mol} + 0.00025\text{ mol}$ ,  $n(\text{H}^+) = 0.001\text{ mol}$ ,故 $c(\text{H}^+) = 0.001\text{ mol}/1\text{ L} = 0.001\text{ mol/L}$ ,故答案为C。

### 五、物料守恒法

物料守恒法即加入的溶质组成中存在的某些元素之间的特定比例关系,由于水溶液中一定存在水的H、O元素,所以物料守恒中的等式一定是非H、O元素的关系。

例如:(1)在 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中由于化学式中 $n(\text{N}):n(\text{Cl})=1:1$ 所以得到 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{Cl}^-)$ ; (2)在 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中由于 $n(\text{Na}):n(\text{C})=2:1$ ,所以得到 $c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$ ; (3)在 $\text{NaHCO}_3$ 溶液中由于 $n(\text{Na}):n(\text{C})=1:1$ ,所以得到 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$

例5 0.5 mol/L的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中,下列有关离子浓度的叙述中,正确的是( )。

- A.  $c(\text{Na}^+) : c(\text{CO}_3^{2-}) = 2:1$   
 B.  $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$   
 C.  $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$   
 D.  $c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$

解析 A选项由于 $\text{CO}_3^{2-}$ 水解,使得二者比值要大于2:1,所以A错;B中由于 $\text{CO}_3^{2-}$ 水解呈碱性,使得 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}^+)$ ,所以B错;C中由电荷守恒可知 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$ ,所以C错;D中碳原子的存在形式有 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 三种,据 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 化学式可知 $n(\text{Na}^+) = 2n(\text{C})$ 根据物料守恒,故选D。

### 六、质子守恒法

质子守恒法即 $\text{H}^+$ 守恒,溶液中失去 $\text{H}^+$ 总数等于得到 $\text{H}^+$ 总数,即所有提供的质子都由来有去。例如:(1)在 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ,但是部分 $\text{OH}^-$ 被 $\text{NH}_4^+$ 结合成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,而且是1:1结合,而 $\text{H}^+$ 不变,所以得到 $c(\text{H}^+) =$ 原来的总 $c(\text{OH}^-) =$ 剩余 $c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 。(2)在 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ,但是部分 $\text{H}^+$ 被 $\text{CO}_3^{2-}$ 结合成 $\text{HCO}_3^-$ ,而且是1:1结合,还有部分继续被 $\text{HCO}_3^-$ 结合成 $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,相当于被 $\text{CO}_3^{2-}$ 以1:2结

合,而 $\text{OH}^-$ 不变,所以得到 $c(\text{OH}^-) =$ 原来总 $c(\text{H}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3) +$ 剩余 $c(\text{H}^+)$

例6 在 $\text{Na}_2\text{S}$ 溶液中存在着多种离子和分子,下列关系正确的是( )。

- A.  $c(\text{OH}^-) = c(\text{HS}^-) + c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{S})$   
 B.  $c(\text{OH}^-) = 2c(\text{HS}^-) + c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{S})$   
 C.  $c(\text{OH}^-) = c(\text{HS}^-) + c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{S})$   
 D.  $c(\text{OH}^-) = c(\text{HS}^-) + 2c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{S})$

解析 在 $\text{Na}_2\text{S}$ 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ,但是部分 $\text{H}^+$ 被 $\text{S}^{2-}$ 结合成 $\text{HS}^-$ ,而且是1:1结合,还有部分继续被 $\text{HS}^-$ 结合成 $\text{H}_2\text{S}$ ,相当于被 $\text{S}^{2-}$ 以1:2结合,而 $\text{OH}^-$ 不变,所以得到 $c(\text{OH}^-) =$ 原来总 $c(\text{H}^+) = c(\text{HS}^-) + 2c(\text{H}_2\text{S}) +$ 剩余 $c(\text{H}^+)$ ,即 $c(\text{OH}^-) = c(\text{HS}^-) + c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{S})$ ,所以答案为A。

### 七、多重守恒法

多重守恒法是利用多种守恒关系列方程式组进行计算的方法。

例7 把0.02 mol/L HAc溶液和0.01 mol/L NaOH溶液等体积混合后的溶液呈酸性,则混合溶液中微粒浓度关系正确的是( )。

- A.  $c(\text{Na}^+) > c(\text{Ac}^-)$   
 B.  $c(\text{HAc}) > c(\text{Ac}^-)$   
 C.  $2c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) - c(\text{HAc})$   
 D.  $c(\text{HAc}) + c(\text{Ac}^-) = 0.01 \text{ mol/L}$

解析 两种溶液混合后变成了含0.005 mol/L HAc和0.005 mol/L NaAc的混合溶液。A中由于混合溶液呈酸性,HAc电离程度大于NaAc水解程度,使得 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ,所以 $c(\text{Ac}^-) > c(\text{Na}^+)$ 、 $c(\text{Ac}^-) > c(\text{HAc})$ ,A、B错。又因为:

由电荷守恒关系可得:

$$c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{Ac}^-) + c(\text{OH}^-) \quad ①$$

由物料守恒关系可得:

$$c(\text{HAc}) + c(\text{Ac}^-) = c(\text{Na}^+) \times 2 = 0.01 \text{ mol/L} \quad ②$$

由(2)可知D正确。将① $\times 2 +$ ②可得:

$$2c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) + 2c(\text{OH}^-) - c(\text{HAc})$$

故C选项错误,所以答案为D。

因此,熟悉掌握化学守恒法,对解决一此中学计算题能起到事半功倍的效果,从而提高解题的速率和准确率。(收稿日期:2016-03-15)