

浅谈高中化学解题中守恒法的有效运用

江苏省扬州市邗江区瓜洲中学 225129 毛宽云

一、高中化学解题中的守恒法

化学反应的实质是原子间重新组合,依据质量守恒定律在化学反应中存在一系列守恒现象,如:质量守恒、原子守恒、电荷守恒、化学价守恒等,利用这些守恒关系解题的方法叫做守恒法。它的优点是用宏观的统揽全局的方式列式,不去探求某些细微末节,直接抓住其中的特有守恒关系,快速建立计算式,巧妙地解答题目。

高中化学涉及到化学计算的题目非常多,守恒法是一种高中化学典型的解题方法。它利用物质变化过程中某一特定的量固定不变来列式求解,可以免去一些复杂的数学计算,大大简化解题过程,提高解题速度和正确率。通俗地说,就是抓住一个在变化过程中始终不变的特征量来解决问题。目的是简化步骤,方便计算。

二、高中化学解题中守恒法的有效运用

1. 质量守恒法

化学反应的实质是原子间重新结合,质量守恒就是化学反应前后各物质的质量总和不变,在配制或稀释溶液或浓缩溶液过程中,溶质的质量不变。其主要包括: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。利用质量守恒关系解题的方法叫做“质量守恒法”。

比如,利用化学反应过程中的质量守恒关系解化学计算题。

例1 铁有可变化合价,将 14.4 g FeC_2O_4 (草酸亚铁) 隔绝空气加热使之分解,最终可得到 7.6 g 铁的氧化物,则该铁的氧化物组成可能为 ()。

A. FeO B. Fe_3O_4 C. $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ D. Fe_2O_3

解析 已知 Fe、C、O 的相对原子质量分别为 56、12、16, FeC_2O_4 中含铁元素的质量:

$$m(\text{Fe}) = \frac{14.4 \text{ g} \times 56}{56 + 12 \times 2 + 16 \times 4} = 5.6 \text{ g}$$

将 FeC_2O_4 隔绝空气加热,在加热过程中,铁元素没有损耗,铁元素的质量是不变的。由“质量守恒法”可得:所得氧化物中 $m(\text{Fe})$ 仍为 5.6 g,则 $m(\text{O}) = 7.6 \text{ g} - 5.6 \text{ g} = 2.0 \text{ g}$ 。

依据物质的量(n)与质量(m)、摩尔质量(M)之间公式 $n = \frac{m}{M}$,又据 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_1}{N_2}$ (N_1 、 N_2 代表微粒个数) 则

$$\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} = \frac{\frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})}}{\frac{m(\text{O})}{M(\text{O})}} = \frac{\frac{5.6 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}}}{\frac{2.0 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}}} = \frac{4}{5}, \text{ 答案}$$

为 C。

再如,利用稀释前后溶质的质量守恒关系解化学计算题。

例2 用 98% (密度为 1.84 g/cm^3) 的浓 H_2SO_4 配制 200 g 20% 的稀 H_2SO_4 ,需这种浓度的浓 H_2SO_4 ()。

A. 40.8 g B. 40.8 mL C. 22.2 mL D. 20 mL

解析 在由浓溶液稀释而配制溶液的过程中, H_2SO_4 溶质的质量是不变的,设浓 H_2SO_4 的体积为 V ,依据 $\rho = \frac{m}{V}$ 公式,由质量守恒定律列出 H_2SO_4 质量守恒的式子:

$$V_1 \times 1.84 \text{ g/cm}^3 \times 98\% = 200 \text{ g} \times 20\%$$

$$\text{解得 } V_1 = 22.18 \text{ mL} \approx 22.2 \text{ mL}$$

需这种浓度的浓 H_2SO_4 的质量: $m = \rho V = 1.84 \text{ g/cm}^3 \times 22.18 \text{ mL} = 40.8 \text{ g}$, 答案为 A、C。

2. 原子守恒法

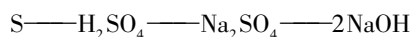
原子守恒即反应前后各元素种类不变,各元素原子个数不变,其物质的量、质量也不变。原子守恒法是依据反应前后原子的种类及个数都不变的原理,进行推导或者计算的方法。用这种方法计算不需要化学方程式,只需要找到起始和终止反应时离子的对应关系,即可通过简单的守恒关系,计算出所需结果。

例3 在氧气中灼烧 0.44 g 由硫、铁组成的化合物,使其中的硫经过一系列变化最终全部转

化为硫酸,用 20 mL 0.5 mol/L 的烧碱溶液恰好能完全中和这些硫酸。则原化合物中硫的质量分数约为()。

A. 36.4% B. 46.2% C. 53.1% D. 22.8%

解析 利用原子守恒法解答,依题意分析 S 元素经过一系列变化,最后变成了 H_2SO_4 , H_2SO_4 再与 NaOH 发生中和反应,根据 S、Na 的原子守恒关系:



得出: $\text{S} \longrightarrow 2\text{NaOH}$

32 g 2 mol

$$m(\text{S}) \quad 20 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.5 \text{ mol/L} = 0.01 \text{ mol}$$

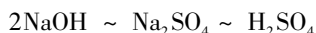
列比例式求得: $m(\text{S}) = 0.16 \text{ g}$

则原化合物中 S 的质量分数 $w = \frac{m(\text{S})}{m(\text{样品})} \times$

$$100\% = \frac{0.16 \text{ g}}{0.44 \text{ g}} \times 100\% = 36.4\% \text{ , 答案为 A.}$$

例 4 现有 19.7 g 由 Fe、FeO、Al、 Al_2O_3 组成的混合物,将它完全溶解在 540 mL $2.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液中,收集到标准状况下的气体 8.96 L。已知混合物中,Fe、FeO、Al、 Al_2O_3 的质量分数分别为 0.284、0.183、0.274 和 0.259。欲使溶液中的金属阳离子完全转化为氢氧化物沉淀,至少应加入 $2.70 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH(aq) 体积是_____。

解析 当溶液中金属离子完全转化为氢氧化物沉淀时,溶液的溶质为 Na_2SO_4 。根据 Na 原子守恒和 SO_4^{2-} 守恒得如下关系:



则: $n(\text{NaOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4)$

$c(\text{NaOH}) \cdot V[\text{NaOH}(\text{aq})]$

$= 2c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})]$

$V[\text{NaOH}(\text{aq})]$ 可求。答案: 800 mL

3. 电荷守恒法

电荷守恒,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。电荷守恒法解题的依据:电解质溶液中,不论存在多少种离子,溶液都是呈电中性的,即阴离子所带的电荷数与阳离子所带的电荷数是相等的;电荷守恒法解题时的计算公式: $\sum mc(R^{m+}) = \sum nc(R^{n-})$,此公式中 Σ 代

表“和”的意思, $c(R^{m+})$ 代表阳离子的浓度或物质的量或微粒个数, m 代表阳离子所带电荷数, $c(R^{n-})$ 代表阴离子的浓度或物质的量或微粒个数, n 代表阴离子所带电荷数。这种解题方法常用于溶液中离子浓度关系的推断,也可用此原理列等式进行有关反应中某些量的计算。

比如,利用电荷守恒法可巧解有关电解质溶液中离子浓度的计算题。

例 5 由硫酸钾、硫酸铝和硫酸组成的混合溶液,其 $\text{pH} = 1$, $c(\text{Al}^{3+}) = 0.4 \text{ mol/L}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0.8 \text{ mol/L}$,则 $c(\text{K}^+)$ 为()。

A. 0.15 mol/L B. 0.2 mol/L

C. 0.3 mol/L D. 0.4 mol/L

解析 巧用电荷守恒式:三种物质组成的混合溶液中共存在 5 种离子,它们分别是: H^+ 、 Al^{3+} 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 OH^- ,电荷守恒式如下: $c(\text{K}^+) + c(\text{H}^+) + 3c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})$,溶液的 $\text{pH} = 1$,可知溶液中 $c(\text{H}^+) = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,由水的离子积 K_w 的计算公式 $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ 在 25°C (常温) 时 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 得知 $c(\text{OH}^-) = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,由于 OH^- 的浓度极小,计算时可忽略不计,将 $c(\text{H}^+) = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Al}^{3+}) = 0.4 \text{ mol/L}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 代入电荷守恒式: $c(\text{K}^+) + c(\text{H}^+) + 3c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})$ 中,则不难得出 $c(\text{K}^+)$ 为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即答案为 C。

再如,利用电荷守恒法可巧解比较溶液中离子浓度大小的化学题。

例 6 常温下,将甲酸(HCOOH)与 NaOH 溶液混合,所得溶液的 $\text{pH} = 7$,则此溶液中()。

A. $c(\text{HCOO}^-) > c(\text{Na}^+)$

B. $c(\text{HCOO}^-) < c(\text{Na}^+)$

C. $c(\text{HCOO}^-) = c(\text{Na}^+)$

D. 无法确定 $c(\text{HCOO}^-)$ 和 $c(\text{Na}^+)$ 的大小关系

解析 用电荷守恒法进行分析,混合后溶液中所存在的离子共有 HCOO^- 、 Na^+ 、 H^+ 、 OH^- 四种,根据电荷守恒法可得出 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HCOO}^-) + c(\text{OH}^-)$,由于溶液的 $\text{pH} = 7$,溶液呈中性,则有 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$,进而可推出 $c(\text{Na}^+) = c(\text{HCOO}^-)$ 。答案为 C。 ►

不容忽视“三大强酸”浓度的变化

——有关“三大强酸”的计算题错解例析

江苏省徐州市铜山区夹河中学 221142 李金花

盐酸、硫酸和硝酸俗称“三大强酸”。浓盐酸具有还原性,而稀盐酸没有还原性。浓硫酸具有强氧化性,而稀硫酸的氧化性较弱,且浓硫酸与稀硫酸的氧化性的本质不同,浓硫酸的还原产物为 SO_2 ,而稀硫酸的还原产物为 H_2 。浓硝酸的氧化性比稀硝酸强,浓硝酸的还原产物为 NO_2 ,而稀硝酸的还原产物为 NO 。在求解有关浓盐酸、浓硫酸或浓硝酸参与氧化还原反应的计算题时,要注意随着反应的进行,浓酸会变成稀酸(浓盐酸会变成稀盐酸,浓硫酸会变成稀硫酸,浓硝酸会变成稀硝酸),从而使反应随着浓度变(使还原产物发生改变或使反应不再进行)。若忽视了这一点,就会导致失误。现举例进行分析,希望对学生有所启发。

一、浓盐酸与二氧化锰的反应

例 1 将 0.4 mol MnO_2 与 $800 \text{ mL } 12 \text{ mol/L}$ 浓盐酸混合加热,可制得氯气的物质的量是 ()。

- A. 0.24 mol B. 小于 0.24 mol
C. 0.48 mol D. 小于 0.48 mol

错解 因 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 +$

$\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $n(\text{MnO}_2) : n(\text{HCl}) = 0.4 \text{ mol} : 12 \text{ mol/L} \times 0.8 \text{ L} = 0.4 \text{ mol} : 0.96 \text{ mol} = 1 : 2.4 > 1 : 4$, MnO_2 过量,浓盐酸完全反应;应制得氯气的物质的量 $n(\text{Cl}_2) = \frac{1}{4} \times n(\text{HCl}) = \frac{1}{4} \times 0.96 \text{ mol} = 0.24 \text{ mol}$ 。故答案为 A。

错因分析 忽视了随着反应的进行,浓盐酸变成了稀盐酸,稀盐酸不能还原 MnO_2 。

正确解法 因 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $n(\text{MnO}_2) : n(\text{HCl}) = 0.4 \text{ mol} : 12 \text{ mol/L} \times 0.8 \text{ L} = 0.4 \text{ mol} : 0.96 \text{ mol} = 1 : 2.4 > 1 : 4$, MnO_2 过量;若 0.96 mol HCl 完全参加反应,则制得氯气的物质的量 $n(\text{Cl}_2) = \frac{1}{4} \times n(\text{HCl}) = \frac{1}{4} \times 0.96 \text{ mol} = 0.24 \text{ mol}$;但随着反应的进行,浓盐酸变为稀盐酸,而稀盐酸不能还原 MnO_2 , 0.96 mol HCl 不能完全反应,则制得 Cl_2 的物质的量小于 0.24 mol 。故答案为 B。

二、浓硫酸与金属的反应

1. 浓硫酸与不活泼金属的反应

例 2 在 $100 \text{ mL } 18.4 \text{ mol/L}$ 的浓 H_2SO_4 中加

► 4. 电子守恒法

电子守恒的关系原理为:氧化还原反应中氧化剂得电子总数 = 还原剂失电子总数。电子守恒法通常用于求化合价、求物质的量、配平、求质量、电极反应等化学问题中,应用较为广泛。

比如,可以用于求物质的量。

例 7 往 100 mL 溴化亚铁溶液中缓慢通入 2.24 L (标准状况) 氯气,反应完成后溶液中有 $\frac{1}{3}$ 的溴离子被氧化成溴单质。求原溴化亚铁溶液的物质的量浓度。

解析 用电子守恒法进行分析,由提示知,还原性: $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$, Br^- 已部分被氧化,故 Fe^{2+} 已全

部被氧化。

设原 FeBr_2 的物质的量浓度为 x ,根据电子守恒原则,得:

$$\begin{aligned} & (x + 2x \times \frac{1}{3}) \times 0.1 \text{ L} \times 1 \\ &= 2 \times \frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ & x = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

综上所述,高中化学教师应当结合教学内容,引导学生灵活运用守恒法,并将其应用到化学题的解题实践中。这样不仅能够真正提高学生的学习效率,还能培养学生的灵活思维能力,培养学生的化学综合水平。(收稿日期:2016-10-29)