



例析守恒法在化学计算中的妙用

福建省沙县第一中学 365050 钟舜方

守恒法是中学化学计算题当中经常使用的方法之一,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。它的优点是可以不必纠缠过程的细节,只注意所涉及问题始态和终态的某种守恒关系,建立等式求解。本文把守恒法在化学计算中的妙用例析如下。

一、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、原子个数、物质的量、质量不变。用这种方法计算不需要写化学方程式,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1 将 0.8 mol CO_2 完全通入 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液中充分反应后,所得溶液中 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 的物质的量之比为()。

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

解析 由于反应前后钠离子与碳原子守恒。假设 NaHCO_3 和 Na_2CO_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 $x + 2y = 1 \text{ mol}$, 解得 $x = 0.6 \text{ mol}, y = 0.2 \text{ mol}$ 故 $x:y = 3:1$, 故答案为 A。

二、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2 已知 Q 与 R 的摩尔质量之比为 $9:22$, 在反应 $X + 2Y \rightleftharpoons 2Q + R$ 中,当 $1.6 \text{ g } X$ 与 Y 完全反应后,生成 $4.4 \text{ g } R$, 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 $9:22$, 结合化学方程式:生成的 Q 和 R 的质量比为 $18:22$, 也就是 $1.6 \text{ g } X$ 与 Y 完全反应后,生成了 $4.4 \text{ g } R$, 同时生成了 $4.4 \times 18 \div 22 = 3.6 \text{ g } Q$, 消耗 Y 的质

量为 $3.6 + 4.4 - 1.6 = 6.4 \text{ g}$ 。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。

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 $25.0 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液恰好可以将 224 mL (标准状况) Cl_2 完全转化为 Cl^- , 则 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 将转化成()。

A. S^{2-} B. S C. SO_3^{2-} D. SO_4^{2-}

解析 根据得失电子守恒: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 $(0.224 \text{ L} / 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 = 0.025 \text{ L} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \times (x - 2)$, 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,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 体积为 1 L 混合溶液中含 $0.00025 \text{ mol SO}_4^{2-}$, 0.0005 mol Cl^- , $0.00025 \text{ mol NO}_3^-$, 0.00025 mol Na^+ , 其余为 H^+ , 则 H^+ 物质的量浓度为()。

A. $0.0025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $0.0001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C. $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

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 $0.00025 \text{ mol} + n(\text{H}^+) = 2 \times 0.00025 \text{ mol} + 0.0005 \text{ mol} + 0.00025 \text{ mol}$, 解得 $n(\text{H}^+) =$

0.001 mol, 故 $c(\text{H}^+) = 0.001 \text{ mol}/1\text{L} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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,所以物料守恒中的等式一定是非 H、O 的关系。

比如: (1) 在 NH_4Cl 溶液中 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{Cl}^-)$

(2) Na_2CO_3 溶液中 $c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$

(3) 在 NaHCO_3 溶液中 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$

例 5 0.5 mol · L⁻¹ 的 Na_2CO_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 CO_3^{2-} 水解,使得二者比值要大于 2:1,所以 A 错; B 中由于 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 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 H_2CO_3 三种,据 Na_2CO_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

质子守恒法即溶液中可以失去 H^+ 的微粒,失去 H^+ 总数等于得 H^+ 的微粒得到 H^+ 总数。比如: (1) 在 NH_4Cl 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ 但是部分 OH^- 被 NH_4^+ 结合成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,而且是 1:1 结合,而 H^+ 不变,得到: $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 。(2) 在 Na_2CO_3 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ 但是部分 H^+ 被 CO_3^{2-} 结合成 HCO_3^- 和 H_2CO_3 ,而 OH^- 不变,得到: $c(\text{OH}^-) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{H}^+)$

例 6 在 Na_2S 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 Na_2S 溶液中,水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$,但是部分 H^+ 被 S^{2-} 结合成 HS^- ,而且是 1:1 结合,还有部分继续被 HS^- 结合成 H_2S ,相当于被 S^{2-} 以 1:2 结合,而 OH^- 不变,得到 $c(\text{OH}^-) = c(\text{HS}^-) + c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{S})$,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⁻¹ HAc 溶液和 0.01 mol · L⁻¹ 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. $c(\text{HAc}) + c(\text{Ac}^-) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

解析 两种溶液混合后变成了含 0.005 mol · L⁻¹ HAc 和 0.005 mol · L⁻¹ NaAc 的混合溶液。A 中由于混合溶液呈酸性, HAc 电离程度大于 Ac^- 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:

$$c(\text{HAc}) + c(\text{Ac}^-) = c(\text{Na}^+) \times 2 = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad ②$$

由②可知 D 正确。将①×2 + 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,掌握守恒法在化学计算中的妙用,对解决此类计算题能起到事半功倍的效果。

(收稿日期:2018-02-10)