

铁、铝计算题中的代换简化策略

江苏省宝应中学 (225800) 乔伟蔚

一、依结合方式代换简化

例1 将一定量的 Fe、FeO 和 Fe₂O₃ 的混合物投入 250 mL 2 mol/L 的 HNO₃ 溶液中, 固体完全溶解后, 生成 1.12 L(标准状况下) NO(HNO₃ 的还原产物仅此一种). 再向反应后的溶液中加入 1 mol/L 的 NaOH 溶液, 要使铁元素完全沉淀下来, 所加入的 NaOH 溶液的体积最少是().

A. 450 mL B. 500 mL C. 400 mL D. 无法确定

简析 此题涉及了多种复杂的氧化还原反应, 若依一般过量计算题对待很费时. 当铁元素完全沉淀时, 则溶液中 NO₃⁻ 与 NaOH 完全结合为 NaNO₃, 则 $n(\text{Na}^+) = n(\text{NaOH}) = n(\text{NO}_3^-) = n(\text{HNO}_3) - n(\text{NO})$.

$$\text{所以 } V(\text{NaOH}) = \frac{250 \times 2 - \frac{1.12}{22.4} \times 10^3}{1} = 450 \text{ mL}$$

选 A.

例2 将镁、铝的混合物 0.1 mol 溶于 100 mL 2 mol/L 的 H₂SO₄ 溶液中, 然后再滴加 1 mol/L 的 NaOH 溶液. 请回答:

(1) 若在滴加 NaOH 的过程中, 沉淀质量随加入 NaOH 溶液的体积变化如图 1 所示. 当 V₁ = 160 mL 时, 则金属粉末中 n(Mg) = _____ mol, V₂ = _____ mL;

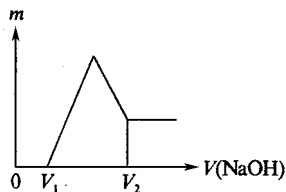


图 1

(2) 若在滴加 NaOH 溶液过程中, 欲使 Mg²⁺、Al³⁺ 刚好沉淀完全, 则滴入 NaOH 溶液的体积 V = _____ mL.

简析 此题十分典型, 若依结合方式作代换简化则十分灵便. 当 NaOH 溶液滴至 V₁ 时, 则原 H₂SO₄ 中的 SO₄²⁻ 刚好结合为 Na₂SO₄、MgSO₄、Al₂(SO₄)₃. 故有下列关系:

$$\begin{cases} n(\text{Mg}) + n(\text{Al}) = 0.1 \text{ mol} \\ \frac{1}{2}n(\text{Na}^+) + n(\text{Mg}) + \frac{3}{2}n(\text{Al}) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ n(\text{Mg}) + \frac{3}{2}n(\text{Al}) = 100 \times 10^{-3} \times 2 \text{ mol} - \frac{1}{2} \times 160 \times 10^{-3} \times 1 \text{ mol} \end{cases}$$

解得 $n(\text{Mg}) = 0.06 \text{ mol}$ $n(\text{Al}) = 0.04 \text{ mol}$
当 Mg²⁺ 和 Al³⁺ 刚好完全沉淀时, 则溶液中只有 Na₂SO₄, 此时有:

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{SO}_4) &= n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{1}{2}n(\text{Na}^+) \\ &= \frac{1}{2}n(\text{NaOH}) \\ V(\text{NaOH}) &= \frac{2 \times 100 \times 10^{-3} \times 2 \text{ mol}}{1 \text{ mol/L}} \\ &= 400 \times 10^{-3} \text{ L} = 400 \text{ mL} \end{aligned}$$

当 Al³⁺ 刚好完全转化为 AlO₂⁻ 时, 则溶液中有 Na₂SO₄ 和 NaAlO₂, 故:

$$\begin{aligned} n(\text{Na}^+) &= n(\text{NaOH}) = 2n(\text{SO}_4^{2-}) + n(\text{AlO}_2^-) \\ \text{而 } n(\text{H}_2\text{SO}_4) &= n(\text{SO}_4^{2-}) \quad n(\text{Al}) = n(\text{AlO}_2^-) \\ \text{故 } V_2(\text{NaOH}) \times 1 &= 2 \times 100 \times 10^{-3} \times 2 + 0.04 \\ V_2(\text{NaOH}) &= 0.44 \text{ L} = 440 \text{ mL} \end{aligned}$$

例3 有一铁的氧化物样品, 用 5 mol/L 的盐酸 40 mL 恰好完全溶解, 所得溶液还能吸收标准状况下 0.56 L 的 Cl₂, Fe²⁺ 全部转化为 Fe³⁺. 该氧化物可能的化学式为().

A. Fe₂O₃ B. Fe₃O₄
C. 3FeO · Fe₂O₃ D. Fe₅O₆

简析 此题多采用求 +2 和 +3 价铁元素物质的量之比求算. 笔者认为最快还是利用结合方式代换处理的方法. 所有的铁元素最终以 FeCl₃ 存在.

$$\begin{aligned} n(\text{Fe}) &= n(\text{Cl}) / 3 \\ \text{而 } n(\text{Cl}) &= n(\text{HCl}) + 2n(\text{Cl}_2), \text{ 氧化物中的氧元素刚好与盐酸电离出的 } \text{H}^+ \text{ 结合为 } \text{H}_2\text{O}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n(\text{O}) &= n(\text{H}^+) / 2 \quad n(\text{H}^+) = n(\text{HCl}) \\ \text{故 } \frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} &= \frac{n(\text{Cl}) / 3}{n(\text{H}^+) / 2} = \frac{2[n(\text{HCl}) + 2n(\text{Cl}_2)]}{3n(\text{HCl})} \\ &= \frac{2(40 \times 10^{-3} \times 5 + \frac{0.56 \times 2}{22.4})}{3 \times 40 \times 10^{-3} \times 5} = \frac{5}{6} \end{aligned}$$

为 Fe₅O₆, 选 D. 必须注意的是 Fe₅O₆ 可分拆表达为 3FeO · Fe₂O₃, 故不可漏选 C.

二、电量守恒的代换简化

例4 Na₂O₂、HCl 和 Al₂O₃ 在水中反应, 若最后所得溶液中只含 AlO₂⁻、Na⁺、Cl⁻, 而不含 Al³⁺, ▶

2014 年高考“物质结构 元素周期律” 试题分类例析

河南省鲁山县第三高级中学 (467300) 师殿峰

一、考查表示物质结构的化学用语正误的判断

例 1 (江苏化学卷) 下列关于化学用语的表示正确的是()。

A. 过氧化钠的电子式: $\text{Na} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} : \text{Na}$

B. 质子数为 35、中子数为 45 的溴原子: $^{80}_{35}\text{Br}$

C. 硫离子的结构示意图:

D. 间二甲苯的结构简式:

解析 过氧化钠是离子化合物,其电子式为

$\text{Na}^+ [: \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} :]^{2-} \text{Na}^+$, 则 A 项错误; 在原子构成表

=====

▶ 则 Na_2O_2 、 HCl 和 Al_2O_3 物质的量之比为()。

A. 4:6:1 B. 8:6:1 C. 3:3:1 D. 4:6:3

简析 由电量守恒, 则 $n(\text{AlO}_2^-) + n(\text{Cl}^-) = n(\text{Na}^+)$ (此类问题均忽略水解因素的影响——作者注), 而 $n(\text{AlO}_2^-) = 2n(\text{Al}_2\text{O}_3)$

$n(\text{Na}^+) = 2n(\text{Na}_2\text{O}_2)$ $n(\text{Cl}^-) = n(\text{HCl})$

所以 $2n(\text{Al}_2\text{O}_3) + n(\text{HCl}) = 2n(\text{Na}_2\text{O}_2)$

结合选项可知 $8 = 6 + 1 \times 2$ $8 \div 2 = 4$ 。

故选 A。

三、化合价的代换简化

例 5 在 $V \text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中通入过量的 NH_3 , 使 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀过滤, 灼烧、电解, 然后与适量的铁红混合加热, 再将加热后的产物用 NaOH 处理, 最后可得 $m \text{ g}$ 固体, 原溶液中 SO_4^{2-} 的物质的量浓度为()。

A. $\frac{3m}{112V} \text{ mol/L}$ B. $\frac{3m}{56V} \text{ mol/L}$

C. $\frac{m}{112V} \text{ mol/L}$ D. $\frac{3m}{34V} \text{ mol/L}$

简析 铝热反应与氧化铁的俗名是此题的两个重要的考点。此题中铁和铝的化合价均在 0~3 之间变动, 所以,

$$n(\text{Fe}) = n(\text{Al}) = \frac{2}{3}n(\text{SO}_4^{2-})$$

示式($^A_Z X$)中 X 为元素符号, 元素符号左下角数字 Z 表示质子数, 元素符号左上角数字 A 表示质量数 [质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)] , 则 B 项正确; 硫离子核外有 18 个电子, 硫离子的结构示意图

为

为

故答案为 B。

点评 此题考查了电子式、原子构成表示式、离

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{3}{2}n(\text{Fe}) = \frac{3 \times m}{2 \times 56} (\text{mol})$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{3m}{112V} \text{ mol/L}$$

选 A。

四、等质量的代换简化

例 6 向 4 g 由 Fe 、 Al 、 Ba 、 Si 组成的合金样品中加入 20 g 20% 的盐酸, 恰好完全反应, 经测定知所生成的混合氯化物粉末中含氯 50%, 则合金中金属的质量分数为()。

A. 0.9426 B. 0.9526 C. 0.9626 D. 0.9726

简析 若分别求出各物质的质量再相加, 即入“圈套”。

$$m(\text{HCl}) = 20 \text{ g} \times 0.20 = 4 \text{ g} = m_{\text{合金}}$$

由氯含量为 50% 知 $m(\text{Cl}^-) = m_{\text{金属}}$

$$\frac{m_{\text{金属}}}{m_{\text{合金}}} = \frac{m(\text{Cl}^-)}{c(\text{HCl})} = \frac{35.5}{36.5} = 0.9726$$

选 D。

总之, 有关铁和铝的计算题题型极为丰富, 也较难, 用常规的方法则运算量较大, 易于出错。通过一些特殊的等量代换处理往往能收到事半功倍的效果。因此, 在平时的测验、练习中有意识地强化此法的训练是极有意义的。

(收稿日期: 2014-07-12)