

守恒不忘初心 提速方显本色

甘肃瓜州瓜州一中 736100 李海军

摘要:在化学反应中存在一系列守恒现象,如电子守恒、电荷守恒、物料守恒、质子守恒等,利用守恒关系解题的方法叫做守恒法.如电子得失守恒是指在发生氧化还原反应时,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、电解池中均如此,任何化合物或反应体系都呈电中性,是不受时空限制的客观规律.恰当运用守恒,对提高解题速度有意想不到的效果^[1].

关键词:守恒关系;化学反应;提高解题速度

守恒法是化学计算题常用的一种解题方法,其核心是化学反应中存在一系列守恒现象,恰当运用守恒这一原理,对提高解题速度有着意想不到的效果.

例1 足量铜与一定量浓硝酸反应,得到硝酸铜溶液和 NO_2 、 N_2O_4 、 NO 的混合气体,这些气体与 1.68 L O_2 (标准状况)混合后通入水中,所有气体完全被水吸收生成硝酸.若向所得硝酸铜溶液中加入 $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液至 Cu^{2+} 恰好完全沉淀,则消耗 NaOH 溶液的体积是()

A. 60 mL B. 45 mL C. 30 mL D. 15 mL

解析 后期所有气体完全生成 HNO_3 ,则整个过程中 HNO_3 的量没有变化,即 Cu 失去的电子都被 O_2 得到了,根据得失电子守恒:

$$n_{(\text{Cu})} \times 2 = n_{(\text{O}_2)} \times 4 = \frac{1.68 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 4, n_{(\text{Cu})} =$$

0.15 mol

根据反应 $\text{Cu}^{2+} \sim 2\text{OH}^-$ 可得关系 $n_{(\text{NaOH})} = 2n_{[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2]} = 2n_{(\text{Cu})} = 0.3 \text{ mol}$

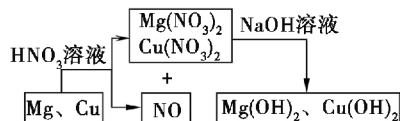
$$\text{则 NaOH 溶液体积 } V_{[\text{NaOH}(\text{aq})]} = \frac{0.3 \text{ mol}}{5 \text{ mol/L}} = 0.06 \text{ L,}$$

即 60 ml,选 A

例2 将 Mg 、 Cu 组成的 $m \text{ g}$ 混合物投入适量稀 HNO_3 中恰好完全反应,固体完全溶解时收集到的还原产物 NO 的体积为 0.896 L (标准状况),向反应后

溶液中加入 2 mol/L NaOH 60 mL 时,金属离子恰好沉淀完全,则形成沉淀的质量为()

A. $(m + 2.28) \text{ g}$ B. $(m + 2.04) \text{ g}$
C. $(m + 3.32) \text{ g}$ D. $(m + 4.34) \text{ g}$



解析 如图,守恒的巧妙之处在于

$$n_{(\text{OH}^-)} = n_{(\text{Mg,Cu失电子})} \quad \uparrow n_{(\text{Mg,Cu})} \times 2e^- \quad \downarrow n_{(\text{NO})} \times 3e^-$$

$$m(\text{淀}) = m_{(\text{Mg,Cu})} + m_{(\text{OH}^-)} = n_{(\text{NO得电子})} = \frac{0.896 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 3, \text{ 当金属离子恰好沉淀时, } m_{(\text{淀})} =$$

$$m_{(\text{Mg,Cu})} + m_{(\text{OH}^-)} = m \text{ g} + \frac{0.896 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 3 \times 17 \text{ g/mol} = (m + 2.04) \text{ g, 选 B}$$

例3 向一定量的 Fe 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 的混合物中加入 150 mL $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀硝酸恰好使混合物完全溶解,放出 2.24 L NO (标准状况),往所得溶液中加入 KSCN 溶液,无红色出现.若用足量的 H_2 在加热条件下还原相同质量的混合物,所得到的铁的物质的量为()

A. 0.21 mol B. 0.30 mol
C. 0.25 mol D. 0.35 mol.

解析 因一定量的 Fe、FeO、Fe₂O₃ 和 Fe₃O₄ 的混合物中加入 150mL 4mol/L 的稀硝酸,恰好使混合物完全溶解,所得溶液中加入 KSCN 溶液,无红色出现,则溶液中溶质为 Fe(NO₃)₂,令混合物的平均组成为 FeO_m,有 FeO_m + HNO₃(稀) → Fe(NO₃)₂ + NO↑ + H₂O,根据氮原子守恒, $n_{(\text{HNO}_3)} = n_{(\text{NO}_3^-)} + n_{(\text{NO})}$,即硝酸亚铁中的硝酸根离子的物质的量 $n_{(\text{NO}_3^-)} = 0.15\text{L} \times 4\text{mol/L} - \frac{2.24\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.5\text{mol}$,所以硝酸亚铁的物质的量为 $n_{[\text{Fe}(\text{NO}_3)_2]} = \frac{1}{2} \times 0.5\text{mol} = 0.25\text{mol}$,由铁元素守恒可知,H₂ 还原得到铁的物质的量为 $n_{(\text{Fe})} = 0.25\text{mol}$. 故选 C

例 4 取某铁的氧化物样品,用 140mL 5mol/L 盐酸恰好使其完全溶解,所得的溶液还能吸收标准状况下 0.56L 氯气,使其中的 Fe²⁺ 完全转化为 Fe³⁺,该样品可能的化学式是

A. Fe₃O₄ B. Fe₄O₅ C. Fe₅O₆ D. Fe₅O₇

解析 令铁的氧化物组成为 FeO_x,由 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 可知, $n_{(\text{Fe}^{2+})} = 2 \times n_{(\text{Cl}_2)} = 0.05\text{mol}$,由电荷守恒知^[2]: $2 \times 0.05 + 3n_{(\text{Fe}^{3+})} = 0.14 \times 5$, $n_{(\text{Fe}^{3+})} = 0.2\text{mol}$,于是有 $0.25\text{FeO}_x + 0.7\text{HCl} = 0.05\text{FeCl}_2 + 0.2\text{FeCl}_3 + 0.35\text{H}_2\text{O}$,依氧原子守恒 $0.25x = 0.35$, $x = 1.4$,选 D

例 5 已知单质铁溶于一定浓度的硝酸溶液中,反应的离子方程式为:

$a\text{Fe} + b\text{NO}_3^- + c\text{H}^+ = d\text{Fe}^{2+} + f\text{Fe}^{3+} + g\text{NO} \uparrow + h\text{N}_2\text{O} \uparrow + k\text{H}_2\text{O}$ (化学计量数 a~k 均为正整数). 回答下列问题:

(1) 反应中氮、氢、氧三种元素的原子个数守恒,可得 c、g、h 的关系式(用一个代数式表示,下同)_____.

(2) 根据反应中离子的电荷守恒,可得 b、c、d、f 关系式是_____.

(3) 根据反应中电子转移的总数相等,可得 d、f、

g、h 的关系式是_____.

(4) 若 a = 12,且铁和稀硝酸恰好完全反应,则 b 的取值范围是_____:c 的取值范围是_____.

解析 $a \overset{0}{\text{Fe}} + b \overset{+5}{\text{N}} \overset{-2}{\text{O}_3} + c\text{H}^+ = \overset{+2}{d\text{Fe}^{2+}} + \overset{+3}{f\text{Fe}^{3+}} + \overset{+2}{g\text{NO} \uparrow} + \overset{+1}{h\text{N}_2\text{O} \uparrow} + k\text{H}_2\text{O}$
 $\uparrow f \times 3e^- + \downarrow g \times 3e^- + \downarrow h \times 8e^-$

(1) 由氧元素守恒: $3b = g + h + k \dots$

由氢元素守恒: $c = 2k$

由氮元素守恒: $b = g + 2h$

由以上三式可得: $c = 4g + 10h$

(2) 由电荷守恒得: $c - b = 2d + 3f$

(3) Fe 被氧化成 Fe²⁺、Fe³⁺ 失去的总电子数与 HNO₃ 被还原为 NO、N₂O 得到的总电子数相等,即得失电子守恒: $2d + 3f = 3g + 8h$

(4) 极端假设法:反应中若 Fe 被氧化成 Fe³⁺,HNO₃ 被还原为 NO,则所需 n(HNO₃) 有最大值,

$\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

1mol 1mol 4mol

12mol b = 12 c = 48 故有 $6 < b < 12$

反应中若 Fe 被氧化成 Fe²⁺,反应中因 Fe 过量,Fe³⁺ 被过量 Fe 还原成 Fe²⁺,此时 HNO₃ 被还原为 N₂O,则所需 n(HNO₃) 有最小值,

$4\text{Fe} + 2\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{2+} + \text{N}_2\text{O} \uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$

4mol 2mol 10mol

12mol b = 6 c = 30 故有 $30 < c < 48$

实际上,氧化还原离子方程式的配平问题,只有按照:得失电子守恒→电荷守恒→原子守恒的步骤检查配平,结论才是完全正确的,得到结果既快又准确.

参考文献:

[1] 王佩文. 高中化学解题中守恒法的应用与解题思路[J]. 课程教育研究,2016年27期:55-56.

[2] 刘霞. 守恒法在高中化学解题中的应用分析[J]. 中学化学教学参考,2016年18期:33-34.