

突破化学计算的五大思维方法

江苏省常熟市中学

215500

张玉荣

本文介绍五种在教学中非常适用的化学计算思维方法供大家参考。

一、“差量法”在化学方程式计算中的妙用

1. “差量法”思维要求

(1) 所谓“差量”就是指反应过程中反应物的某种物理量之和(始态量)与同一状态下生成物的相同物理量之和(终态量)的差,这种物理量可以是质量、物质的量、气体体积、气体压强、反应过程中的热效应等。

(2) 计算依据: 化学反应中反应物或生成物的量与差量成正比。

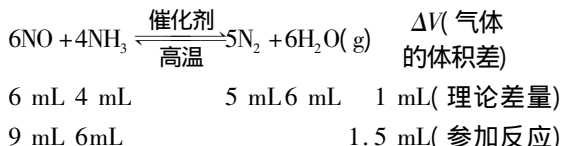
(3) 解题关键: 一是明确产生差量的原因,并能根据方程式求出理论上的差值(理论差量)。二是结合题中的条件求出或表示出实际的差值(实际差量)。

2. 示例应用解析

例 1 16 mL 由 NO 与 NH₃ 组成的混合气体在催化剂作用下于 400℃ 左右可发生反应: $6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \xrightleftharpoons[\text{高温}]{\text{催化剂}} 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 达到平衡时在相同条件下气体体积变为 17.5 mL 则原混合气体中 NO 与 NH₃ 的物质的量之比有四种情况: ①5:3、②3:2、③4:3、④9:7。下列正确的是()。

A. ①② B. ①④ C. ②③ D. ③④

解析 由于已知反应前后气体的总体积,故可用差量法直接求解。



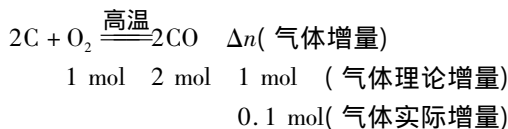
由此知共消耗 15 mL 气体,还剩余 1 mL 气体,假设剩余的气体全部是 NO,则 $V(\text{NO}) : V(\text{NH}_3) = (9\text{ mL} + 1\text{ mL}) : 6\text{ mL} = 5 : 3$ 假设剩余的气体全部是 NH₃,则 $V(\text{NO}) : V(\text{NH}_3) = 9\text{ mL} : (6\text{ mL} + 1\text{ mL}) = 9 : 7$,但因反应是可逆反应,剩余气体实际上是 NO、NH₃ 的混合气体,故

$V(\text{NO}) : V(\text{NH}_3)$ 介于 5:3 与 9:7 之间,对照所给的数据知 3:2 与 4:3 在此区间内。答案 C

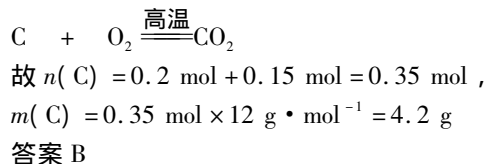
应用 1 一定质量的碳和 8 g 氧气在密闭容器中于高温下反应,恢复到原来的温度,测得容器内的压强变为原来的 1.4 倍,则参加反应的碳的质量为()。

A. 2.4 g B. 4.2 g C. 6 g D. 无法确定

解析 由化学方程式: $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO}_2$ 和 $2\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CO}$ 可知,当产物全部是 CO₂ 时,气体的物质的量不变,温度和体积不变时气体的压强不变;当产物全部是 CO 时,气体的物质的量增大 1 倍,温度和体积不变时压强增大 1 倍,现在气体压强变为原来的 1.4 倍,故产物既有 CO₂,又有 CO。 $n(\text{O}_2) = \frac{8\text{ g}}{32\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.25\text{ mol}$,由阿伏加德罗定律可知,气体压强变为原来的 1.4 倍,气体的物质的量变为原来的 1.4 倍,即 $\Delta n(\text{气体增量}) = 0.25\text{ mol} \times (1.4 - 1) = 0.1\text{ mol}$ 。



则生成 CO 消耗 0.1 mol O₂,消耗碳 0.2 mol。生成 CO₂ 消耗 0.15 mol O₂ 消耗碳 0.15 mol。



应用 2 为了检验某含有 NaHCO₃ 杂质的 Na₂CO₃ 样品的纯度,现将 w₁ g 样品加热,其质量变为 w₂ g,则该样品的纯度(质量分数)是()。

$$\begin{array}{ll}
 \text{A. } \frac{84w_2 - 53w_1}{31w_1} & \text{B. } \frac{84(w_2 - w_1)}{31w_1} \\
 \text{C. } \frac{73w_2 - 42w_1}{31w_1} & \text{D. } \frac{115w_2 - 84w_1}{31w_1}
 \end{array}$$

(请根据上面的示例解析自主解决。答案 A)

3. 归纳总结

解题的基本步骤

(1) 找出引起差量的物质,表示出理论差量及相应反应物、生成物对应的物理量,要注意不同物质的物理量及单位间的对应关系;

(2) 表示出实际差量并写在相应位置,注意应将理论差值与实际差值写在方程式最右侧,且单位必须一致;

(3) 根据比例关系建立方程式并求出结果。

二、解答连续反应类计算题的捷径——“关系式法”

1. “关系式法”思维要求

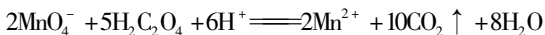
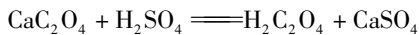
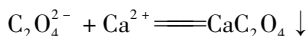
多步连续反应计算的特征是多步反应连续发生,起始物与目标物之间存在一定的定量关系。解题时应先写出有关反应的化学方程式,依据方程式找出连续反应的过程中不同反应步骤之间反应物、生成物物质的量的关系,最后确定已知物和目标产物之间的物质的量的关系,列出计算式求解,从而简化运算过程。

2. 示例应用解析

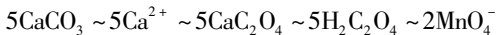
例 2 某实验小组为测定某石灰石样品中 CaCO_3 的质量分数,先称取 $w \text{ g}$ 石灰石样品,加入过量的浓度为 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸,使样品完全溶解,加热煮沸后,除去溶解的 CO_2 。再向溶液中加入足量的草酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4]$ 溶液后,慢慢加入氨水降低溶液的酸度,则析出草酸钙沉淀: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow$ 。过滤出 CaC_2O_4 后,用稀 H_2SO_4 溶解: $\text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{CaSO}_4$,再用蒸馏水稀释溶液至 $V_0 \text{ mL}$,取出 $V_1 \text{ mL}$,用 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的酸性 KMnO_4 溶液进行滴定,此时发生反应: $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。若达到滴定终点时消耗 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的酸性 KMnO_4 溶液 $V_2 \text{ mL}$,则样品中 CaCO_3 的质量分数为()。

- A. $\frac{25aV_0V_2}{wV_1}\%$ B. $\frac{25aV_1V_2}{wV_0}$
C. $\frac{25aV_1V_0}{wV_2}$ D. $\frac{25aV_2}{w}\%$

解析 本题涉及的化学方程式或离子方程式有 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$



由此得出相应的关系式:



$$\frac{5 \text{ mol}}{n(\text{CaCO}_3)} = \frac{2 \text{ mol}}{a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_2 \times 10^{-3} \text{ L}}$$

$$\text{解得: } n(\text{CaCO}_3) = 2.5aV_2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{则样品中}$$

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{2.5aV_2 \times 10^{-3} \times \frac{V_0}{V_1} \text{ mol} \times 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{w \text{ g}} \times$$

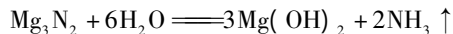
$$100\% = \frac{25aV_0V_2}{wV_1}\% \text{。答案: A}$$

应用 3 取一根镁条置于坩埚内点燃,得到氧化镁和氮化镁混合物的总质量为 0.470 g 。冷却后加入足量水,将反应产物加热蒸干并灼烧,得到的氧化镁质量为 0.486 g 。

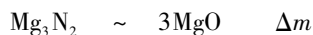
(1) 氮化镁与水反应生成氢氧化镁和氨气的化学方程式为_____。

(2) 燃烧所得混合物中氮化镁的质量分数为_____。

解析 (1) 由题意知化学方程式为



(2) 根据镁原子守恒,可得关系式:



$$\frac{100 \text{ g}}{m(\text{Mg}_3\text{N}_2)} = \frac{120 \text{ g}}{0.486 \text{ g} - 0.470 \text{ g} = 0.016 \text{ g}}$$

$$\text{则 } m(\text{Mg}_3\text{N}_2) = \frac{0.016 \text{ g} \times 100}{20} = 0.08 \text{ g}, \text{ 则所}$$

得混合物中氮化镁的质量分数为:

$$\frac{0.08 \text{ g}}{0.470 \text{ g}} \times 100\% \approx 17\%$$

答案 (1) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$ (2) 17%

应用 4 5.85 g NaCl 固体与足量浓 H_2SO_4 和 MnO_2 共热,逸出的气体又与过量 H_2 发生爆炸反应,将爆炸后的气体溶于一定量水后再与足量锌作用,计算可得 H_2 体积(标准状况)。答案 1.12 L)

3. 归纳总结

解题关键: 应用有关化学方程式、离子方程式

或某原子守恒规律找出物质变化过程中已知量与待求量之间的数量关系(即找准关系式)。当然有关化学方程式或离子方程式必须写正确,否则关系式中的数量关系就会出现错误。

三、有关混合物类计算的“简化高手”——平均值法

1. “平均值法”的思维方法

所谓“平均值法”就是一种将数学平均原理应用于化学计算中的一种解题方法。它所依据的数学原理是:两个数 Mr_1 和 Mr_2 (Mr_1 大于 Mr_2) 的算术平均值 $\overline{Mr}$ 一定介于两者之间。所以,只要求出平均值 $\overline{Mr}$, 就可以判断 Mr_1 和 Mr_2 的取值范围,或根据 M_1 和 M_2 确定 $\overline{M}$ 的取值范围,再结合题给条件即可迅速求出正确答案。常见的平均值有:平均相对原子质量、平均相对分子质量、平均浓度、平均含量、平均摩尔质量、分子(物质)平均组成等。

2. 示例应用解析

例 3 可能混有下列两种杂质的硫酸铵样品 13.2 g, 与过量 NaOH 溶液在加热条件下反应, 收集到标准状况下 4.3 L 气体, 则样品中不可能混入的杂质是()。

- A. NH_4HCO_3 NH_4NO_3
 B. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ NH_4Cl
 C. NH_4Cl NH_4HCO_3
 D. NH_4Cl NH_4NO_3

解析 13.2 g 纯净的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与过量 NaOH 溶液在加热条件下反应时最多能生成标准状况下 4.48 L 气体, 实际生成气体的体积为 4.3 L < 4.48 L, 故杂质中能转化为 NH_3 的氮元素含量低于 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中的氮元素含量。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中的氮元素含量为 14/66, NH_4HCO_3 中的氮元素含量为 14/79, NH_4NO_3 中能转化为 NH_3 的氮元素含量为 14/80 (注意 NO_3^- 中的氮元素不能转化为 NH_3) , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 中的氮元素含量为 14/48, NH_4Cl 中的氮元素含量为 14/53.5。B 项中两种物质中的氮元素含量均比硫酸铵中的高, C、D 两项中两种物质的氮元素含量一种比硫酸铵中的高, 一种比硫酸铵中的低, A 项中两种物质的氮元素含量均比硫酸铵的低, 依平均值原理知, 样品中不可能混入的杂质是 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 NH_4Cl 。答案 B

应用 5 现有 80 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KOH 溶

液, 将其和 40 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KOH 溶液混合 (混合后溶液的体积不等于两溶液的体积之和), 则所得混合溶液的物质的量浓度可能为()。

- A. $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $0.35 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 C. $0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

解析 两种 KOH 溶液的平均物质的量浓度为 $\frac{0.2 + 0.5}{2} = 0.35 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 而题中的低浓度的 KOH 所占体积大, 故混合溶液的浓度会偏向 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 而小于 $0.35 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

答案 A

应用 6 把含有某一种氯化物杂质的 MgCl_2 粉末 95 g 溶于水后, 与足量 AgNO_3 溶液反应, 测得生成的 AgCl 300 g, 则该 MgCl_2 中的杂质可能是()。

- A. NaCl B. AlCl_3 C. KCl D. CaCl_2

答案 B

3. 归纳总结

平均值规律的两大应用

(1) 介于关系: 即平均值介于组分值之间 (或介于最大值与最小值之间且可能与中间某一组分的值相等), 即 $n(A) > \overline{n} > n(B)$ [设 $n(B) < n(A)$]。若某一组分与平均值相同时, 该组分含量的多少对平均值的大小无影响。

(2) 趋向关系: 平均值越接近某组分值, 此组分在混合物中的含量越大。

四、终态分析法

1. “终态分析法”的思维方法

终态分析法是利用逆向思维方式, 以与待求量相关的物质 (离子、分子或原子) 在终态的存在形式为解题的切入点, 找出已知量与待求量之间的关系, 不考虑中间变化过程的一种快捷有效的解题方法。

在一些多步反应或多种混合物的计算中, 由于涉及到的反应繁多、数据不一或变化过程复杂, 解题时如果逐一去分析这些反应或过程, 按部就班的进行计算, 往往会纠缠不清, 导致思维混乱, 不但费时费力, 而且极易出错, 甚至无法解答。但如果我们淡化中间过程, 关注最终组成, 利用守恒关系进行整体分析, 就会简化思维。

2. 示例应用解析

例 4 向一定量 Fe 、 Fe_2O_3 的混合物中加入 250 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HNO_3 溶液,反应完成后生成 1.12 L NO (标准状况),再向反应后溶液中加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液,要使铁元素完全沉淀下来,所加入 NaOH 溶液的体积最少是()。

- A. 450 mL B. 500 mL
C. 400 mL D. 不能确定

分析 此题涉及多个反应,若全部写出化学方程式来计算显得十分繁琐,要使铁元素完全沉淀,但不能确定铁元素最终以 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 哪种形式存在, HNO_3 是否过量也不能确定,因而顺向求解比较困难。若忽略中间反应过程,运用终态分析法寻求守恒关系,即可迅速求解。

解析 要使铁元素恰好完全沉淀,最后溶液必为 NaNO_3 溶液,由原子守恒有 $n(\text{NaOH}) = n(\text{NO}_3^-) = n(\text{HNO}_3) - n(\text{NO})$,即 $0.25 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - \frac{1.12 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = V(\text{NaOH}) \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,所以 $V(\text{NaOH}) = 0.45 \text{ L} = 450 \text{ mL}$ 。

答案 A

应用 7 把 $a \text{ g}$ 铁铝合金粉末溶于足量盐酸中,加入过量 NaOH 溶液。过滤出沉淀,经洗涤、干燥、灼烧得到红棕色粉末的质量仍为 $a \text{ g}$,则原合金中铁的质量分数为()。

- A. 70% B. 52.4% C. 47.6% D. 30%

解析 把铁铝合金粉末溶于足量盐酸中,生成了 Al^{3+} 和 Fe^{2+} ,再加入过量 NaOH 溶液, Al^{3+} 转化为 AlO_2^- 留在溶液中; Fe^{2+} 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀。过滤后对沉淀进行灼烧得到红棕色粉末为被氧化和分解生成的 Fe_2O_3 。在此过程中涉及反应多且无具体数据,按常规方法计算容易出错。根据始态合金与终态 Fe_2O_3 的质量相等,而铁原子在整个反应过程中守恒,所以合金中铝的质量等于 Fe_2O_3 中氧的质量,则 $w(\text{Fe}) = \frac{112}{160} \times 100\% = 70\%$,选 A。

3. 归纳总结

“终态分析法”是一种整体思维方法,可以概括为“抓住反应本质,巧妙跨越中态,借助守恒关

系,利用终态列式”。因只考虑始态和终态,从而可大大简化解题过程,提高解题效率。

五、极限思维的妙用——“极值法”

1. “极值法”的思维方法

“极值法”是采用极限思维方式解决一些模糊问题的解题技巧。它是将题目假设为问题的两个极端,然后依据有关化学知识确定所需反应物和生成物的值,进行分析判断,从而求得正确结论。

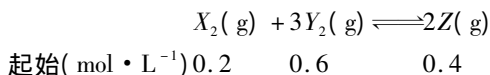
“极值法”可以将某些复杂的难以分析清楚的化学问题假设为极值问题,使解题过程简洁,解题思路清晰,把问题化繁为简,由难变易,从而提高解题速率。

2. 示例应用解析

例 5 密闭容器中进行反应: $\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$, X_2 、 Y_2 和 Z 的起始浓度分别为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,当平衡时,下列数据肯定不对的是()。

- A. X_2 为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Y_2 为 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
B. Y_2 为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C. X_2 为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Z 为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
D. Z 为 $0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

解析 依题意知:

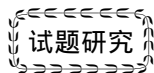


假设此可逆反应正向进行到底,则 X_2 为 0, Y_2 为 0, Z 为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;假设此可逆反应逆向进行到底,则 X_2 为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Y_2 为 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Z 为 0。A 项中,相当于反应逆向进行到底,对于可逆反应是不可能的,故 A 项不对。B 项中, $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < \text{Y}_2$ 的浓度 $< 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,相当于反应逆向进行一部分,有可能。C 项中,相当于反应逆向进行,消耗一半 Z 时的结果, C 项可能。D 项中,相当于反应正向进行一部分,且未进行到底的情况,有可能。答案 A

应用 8 向 100 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液中通入一定量的 SO_2 后,将所得的溶液蒸干得到 5.8 g 固体物质,则该固体的成分是()。

- A. Na_2SO_3 B. NaHSO_3
C. Na_2SO_3 、 NaHSO_3 D. Na_2SO_3 、 NaOH

解析 本题中反应后得到的物质只可能 ►



一道中考化学原创试题的磨制与思考*

黑龙江省牡丹江市教育教学研究院 157000 张颜涛

以 2012 年牡丹江市中考化学试题中的一道原创推断题为例来谈试题的命制和磨制过程,希望能给大家带来一些启示。

一、编制试题动机

依据 2012 年牡丹江市中考化学学科考试说明,试卷结构要求在第 21 题设置一道物质推断题。物质推断题一般是指在题干中给出即定条件,让学生联系相关的化学基础知识,从概念原理、元素化合物性质及化学实验现象等进行分析推理,得出正确结论的试题。这类试题最能体现化学学科特点,它能全面考查学生对元素化合物知识的掌握情况,同时具有知识面广、综合性强、题型多变、思维容量大和能力层次要求高等特征,还能考查学生的分析、推理、综合应用知识的能力,具有很强的区分度与选拔功能。物质推断题已成为现今中考的热点试题和亮点试题。因此,为保证考试的公平性,要求物质推断题必须要具有原创性。

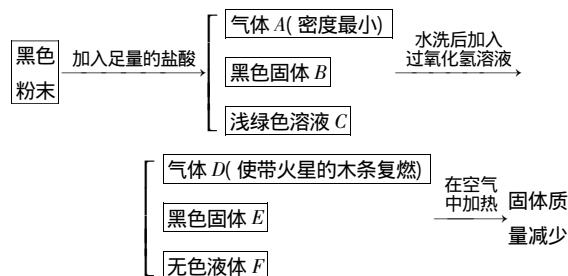
二、试题创作来源

推断题的解题技巧是在熟悉相关的基础知识的同时抓住题目中的特殊点,通过对物质特殊颜色、特征反应、特征现象等的分析推导,找出“突

破口”,大胆假设,综合论证,得出结论。依据试卷双向细目表所列的知识点要求,需要涉及金属铁、木炭的性质、还涉及到实验室用双氧水制取氧气的反应。考虑金属铁、木炭以及用双氧水制氧气的催化剂二氧化锰都为黑色粉末,命题组教师决定从物质的颜色作为切入点设置一道物质推断题。

试题初稿为:

实验室有一包由三种物质组成的黑色粉末状固体混合物。某小组想探究其成分,实验流程图如下:



- (1) 气体 A 的化学式_____;
- (2) 写出生成 D 的化学方程式:_____;
- (3) 写出 C 溶液中含有的溶质____(填化学式);
- (4) 推断这包黑色粉末的成分_____。

► 有 Na_2SO_3 、 NaHSO_3 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaHSO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH}$ 四种情况,其中只有 Na_2SO_3 或只有 NaHSO_3 时计算比较简单,故可先分别假设所得固体中只有 Na_2SO_3 或 NaHSO_3 。假设所得固体全部是 Na_2SO_3 ,则由钠原子守恒知可得到 0.05 mol Na_2SO_3 ,质量为 6.3 g;同理可求出当固体全部为 NaHSO_3 时的质量为 10.4 g,因计算出的两个数据均大于所得到的固体质量,故说明固体物质中有一部分 NaOH 没有转化为相应的盐。答案 D

3. 总结归纳

(1) 极值法解题的基本思路

①把可逆反应假设成向左或向右的完全反应。

②把混合物假设成纯净物。

③把平行反应分别假设成单一反应。

(2) 极值法解题的关键

紧扣题设的可能趋势,以简单组成或反应为基准,选好极端假设的落脚点。

化学计算题常常是综合性题型,在解题时用一种方法往往解决不了,因此在实际解题中,可能一个题目需要用上几种方法。在学习时只学会一两种方法,解题还是有局限性,所以在平时要注意多积累,多总结一些常规的解题方法,在解题时能够做到灵活应用,化学计算这一难点就不难解决了。当然不是所有的计算题都要用这些方法去套用,必须根据题目要求进行综合分析选择适用的解题方法。希望以上介绍的几种方法对的题解有一定的帮助。

(收稿日期:2015-07-15)