

综合法在化学计算中的应用

黑龙江省大庆实验中学 (163316) 张万霞 刘鹏

综合法就是将具有一定关系的不同事物联合起来,作为一个整体进行研究的思维方法.运用这种思维方法解答化学计算题,可开辟解题捷径,简化运算过程.

一、按物质的性质进行综合

思维方法 将性质相似的物质的有关物理量联系起来,建立计算关系.

例 1 把 6.56 g NaHCO_3 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的混合物溶于水,制成 100 mL 溶液,则溶液中 Na^+ 浓度为 0.500 mol/L. 如果将 6.56 g 这种混合物加热到恒重,质量会减轻多少克?

评讲 题目所讨论的混合物中的两种成分,溶于水都会电离出 Na^+ , 加热都会分解,并且都生成 Na_2CO_3 固体. 因此,这两种成分的质量、电离产生 Na^+ 的物质的量、分解得到的 Na_2CO_3 的质量都可以联合起来考虑,不必分开求解.

$$\begin{aligned} \text{解 } n(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{1}{2}n(\text{Na}^+) \\ &= \frac{1}{2} \times 0.500 \times 100 \times 10^{-3} \\ &= 0.0250(\text{mol}) \\ m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 0.0250 \times 106 = 2.65(\text{g}) \\ \text{加热后减轻的质量为:} \\ 6.56 - 2.65 &= 3.91(\text{g}) \end{aligned}$$

例 2 把一定量的碳酸钠、碳酸氢钠和硫酸钠的混合物溶解在 200 mL 浓度为 1.00 mol/L 的盐酸中,完全反应后,生成的二氧化碳在标准状况下的体积为 2016 mL. 然后,加入 400 mL 0.100 mol/L 的氢氧化钡溶液,使硫酸根离子完全沉淀. 再加入 40.0 mL 1.00 mol/L 的盐酸,恰好把溶液中过量的碱完全中和,得到沉淀的质量为 1.48 g. 求原混合物中三种成分的质量分数.

▶ NaHCO_3 溶于水有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀生成,且 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀溶于稀盐酸, C 项符合题意; 对于 D 项, KCl 和 Na_2CO_3 受热都不会分解生成气体,且 KCl 和 Na_2CO_3 溶于水时无沉淀生成, D 项不符合题意.

故答案为 A、C.

6. 考查根据离子反应鉴别物质

例 10 (2010 年重庆理综卷) 能鉴别 MgI_2 、 AgNO_3 、 Na_2CO_3 、 NaAlO_2 四种溶液的试剂是 ().

- A. HNO_3 B. KOH C. BaCl_2 D. NaClO

解析 因 KOH 溶液与 Na_2CO_3 溶液和 NaAlO_2 溶液分别混合时均无明显现象产生; BaCl_2 溶液与 MgI_2 溶液和 NaAlO_2 溶液分别混合时均无明显现象产生, BaCl_2 溶液与 AgNO_3 溶液和 Na_2CO_3 溶液分别混合时均产生白色沉淀; NaClO 溶液与 AgNO_3 、 Na_2CO_3 、 NaAlO_2 三种溶液分别混合时均无明显现象产生; 只有 HNO_3 与 MgI_2 、 AgNO_3 、 Na_2CO_3 、 NaAlO_2 四种溶液分别混合时产生的现象各不相同, 分别是使溶液显黄色或褐色(因 HNO_3 将 I^- 氧化生成 I_2)、无明显现象产生、产生无色无味的气体、产生白色沉淀又可溶于过量的 HNO_3 , 则能鉴别这四种溶液的

试剂是 HNO_3 . 故答案为 A.

例 11 (2014 年重庆理综卷) 下列实验可实现鉴别目的是 ().

- A. 用 KOH 溶液鉴别 $\text{SO}_3(\text{g})$ 和 SO_2
 B. 用湿润的碘化钾淀粉试纸鉴别 $\text{Br}_2(\text{g})$ 和 NO_2
 C. 用 CO_2 鉴别 NaAlO_2 溶液和 CH_3COONa 溶液
 D. 用 BaCl_2 溶液鉴别 AgNO_3 溶液和 K_2SO_4 溶液

解析 尽管 $\text{SO}_3(\text{g})$ 和 SO_2 均能与 KOH 溶液反应, 但均没有明显现象产生, 则用 KOH 溶液不能鉴别 $\text{SO}_3(\text{g})$ 和 SO_2 ; $\text{Br}_2(\text{g})$ 和 NO_2 均具有氧化性, 均能将 I^- 氧化为 I_2 , 而使湿润的碘化钾淀粉试纸变蓝, 则用湿润的碘化钾淀粉试纸不能鉴别 $\text{Br}_2(\text{g})$ 和 NO_2 ; CO_2 与 NaAlO_2 溶液反应能够产生白色沉淀, CO_2 与 CH_3COONa 溶液不反应(将 CO_2 通入 CH_3COONa 溶液无明显现象产生), 则用 CO_2 能够鉴别 NaAlO_2 溶液和 CH_3COONa 溶液; BaCl_2 溶液分别与 AgNO_3 溶液和 K_2SO_4 溶液反应均产生白色沉淀(分别生成 AgCl 和 Ag_2SO_4), 则用 BaCl_2 溶液不能鉴别 AgNO_3 溶液和 K_2SO_4 溶液. 故答案为 C.

(收稿日期: 2015-02-12)

评讲 碳酸钠、碳酸氢钠跟盐酸反应都生成二氧化碳,将二者生成的二氧化碳的量联合起来,就有一个计算关系.题目分两次加入盐酸,这些盐酸被碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钡等三种物质消耗,将三种物质消耗的盐酸的量联合起来,又会建立一个计算关系.

解 设原混合物中含碳酸钠 x mol,碳酸氢钠 y mol.则有:

$$\begin{cases} x + y = 2016/22400 = 9.00 \times 10^{-2} \\ 2x + y + 2 \times 0.100 \times 400 \times 10^{-3} \\ = 1.00 \times 200 \times 10^{-3} + 1.00 \times 40.0 \times 10^{-3} \end{cases}$$

解得: $\begin{cases} x = 0.0700(\text{mol}) \\ y = 0.0200(\text{mol}) \end{cases}$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaSO}_4) = 1.48/233 = 6.35 \times 10^{-3}(\text{mol})$$

混合物中三种成分的物质的量均求出了,那计算它们的质量分数就容易了.答案分别为 74.2%、16.8%、9.0%.

二、按物质的类别进行综合

思维方法 看题目涉及的物质是否可以归类,将同一类物质的有关物理量联系起来建立计算关系.

例 3 将一定量 Fe 和 Fe_2O_3 的混合物溶于 500 mL 稀硝酸中,放出一氧化氮在标准状况下的体积为 2.24 L,并剩余 5.44 g Fe.向反应后的溶液中通入标准状况下体积为 2.016 L 的氯气,恰好能将溶液中的 Fe^{2+} 全部氧化.求原混合物中铁单质的质量分数.

评讲 在氧化还原反应中,氧化剂化合价降低的总数与还原剂化合价升高的总数相等.混合物溶于硝酸过程的反应中, Fe_2O_3 与 HNO_3 都是氧化剂,可看成同一类物质,它们的化合价变化的数目可联合起来考虑.反应后的溶液中通入 Cl_2 ,全部的 Fe^{2+} 都作还原剂而被 Cl_2 氧化, Fe^{2+} 化合价升高的总数与 Cl_2 化合价降低的总数相等,又可依此建立一个计算关系.

解 设原混合物中被硝酸溶解的铁为 x mol、氧化铁为 y mol.则:

$$\begin{cases} 2x = 2y + 3 \times \frac{2.24}{22.4} (\text{氧-还原反应电荷守恒}) \\ x + 2y = 2 \times \frac{2.016}{22.4} (\text{溶液中铁元素守恒}) \end{cases}$$

解得: $x = 0.160(\text{mol})$ $y = 0.0100(\text{mol})$

铁的质量分数为:

$$w(\text{Fe}) = \frac{0.160 \times 56.0 + 5.44}{0.160 \times 56.0 + 0.0100 \times 160 + 5.44} \times$$

$$100\% = 90.0\%$$

例 4 硫氰根离子 SCN^- 与 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 等卤素离子的性质相似,都可以跟硝酸银溶液反应生成沉淀.利用这个性质,可以测定 NaBr 和 NaCl 混合物的组成.现称取混合物样品 0.3675 g 溶于水,加入 30.00 mL 浓度为 0.2000 mol/L 的硝酸银溶液.反应完成后,再加入少量含 Fe^{3+} 的溶液作指示剂,然后用 0.1000 mol/L 的 NH_4SCN 溶液去滴定过量的 Ag^+ ,当滴定到溶液呈红色时即达到终点,这时共用去 NH_4SCN 溶液 20.00 mL.试求原试样中氯化钠的质量分数.

评讲 Cl^- 、 Br^- 、 SCN^- 三种离子可归成一类,将它们物质的量联合起来,与 Ag^+ 的物质的量之间可以建立一个计算关系.

解 设试样中含 x mol NaCl、 y mol NaBr.则:

$$\begin{cases} 58.5x + 103y = 0.3675 \\ x + y + 0.1000 \times 20.00 \times 10^{-3} \\ = 0.2000 \times 30.00 \times 10^{-3} \end{cases}$$

解得: $x = 1.000 \times 10^{-3}(\text{mol})$
 $y = 3.000 \times 10^{-3}(\text{mol})$

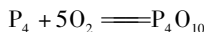
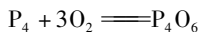
NaCl 的质量分数为:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{1.000 \times 10^{-3} \times 58.5}{0.3675} \times 100\% = 15.92\%$$

三、按物质的组成进行综合

思维方法 看题目所涉及的物质的组成中是否有相同的成分,将相同的成分联合起来建立计算关系.

例 5 已知白磷跟氧气可发生如下反应:



62 g 白磷与标准状况下 50.4 L 的氧气完全反应.则生成产物中 P_4O_{10} 与 P_4O_6 的物质的量之比为多少?

评讲 两种产物都是由磷元素和氧元素组成的,将磷元素联合起来,与白磷之间可建立一个计算关系;将氧元素联系起来,与氧气之间又可以建立一个计算关系.

解 设产物中 P_4O_{10} 与 P_4O_6 分别为 x mol 和 y mol.则:

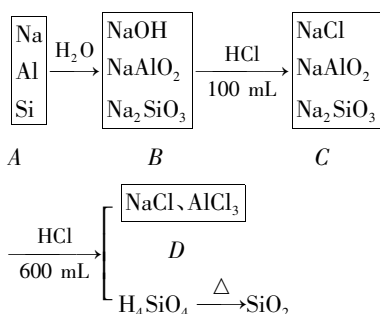
$$\begin{cases} 4x + 4y = \frac{62}{31} \\ 10x + 6y = \frac{50.4}{22.4} \times 2 \end{cases}$$

解得: $x:y=3:1$

即答案为 3:1.

例 6 一块由钠、铝、硅组成的合金,投入足量的水中,充分反应后得到一澄清透明的溶液. 向此溶液中逐滴加入盐酸(浓度为 1.00 mol/L),当加入 100 mL 盐酸时尚无明显现象发生. 继续滴入盐酸,溶液中开始出现沉淀,当一共加入 700 mL 盐酸后,沉淀的量就不再随盐酸的加入而变化. 过滤、洗涤并灼热沉淀,最终得到固体的质量为 6.00 g. 试求出这一块合金的质量.

评讲 题目中物质的转化关系如下图所示:



C 中的物质都含有钠元素,把钠元素的量联合起来,可建立一个计算关系;D 中的物质都含有氯元素,将氯元素的量联合起来,又可以建立一个计算关系.

解 设合金中含 x mol 钠、 y mol 铝. 则:

$$n(\text{Si}) = \frac{6.00}{60.0} = 0.100(\text{ mol})$$

$$\begin{cases} x = 1.00 \times 100 \times 10^{-3} + y + 2 \times 0.100 \\ x + 3y = 1.00 \times 700 \times 10^{-3} \end{cases}$$

$$\text{解得: } \begin{cases} x = 0.400(\text{ mol}) \\ y = 0.100(\text{ mol}) \end{cases}$$

合金的质量为:

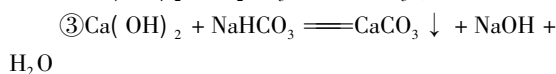
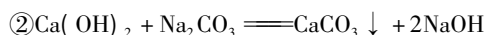
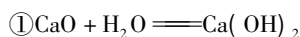
$$0.400 \times 23.0 + 0.100 \times 27.0 + 0.100 \times 28.0 = 14.7(\text{ g})$$

四、按化学反应过程进行综合

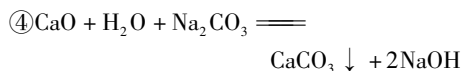
思维方法 对于连续发生几个反应的化学过程,将各反应中的反应物和生成物分别联合起来,形成一个总的化学方程式,根据总的化学方程式建立计算关系.

例 7 现有 14.8 g 由 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 组成的混合物,用水溶解配成溶液后,再向其中加入 12.4 g 碱石灰,充分反应后溶液中的 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 全部转化为沉淀. 将产物中的水分蒸干,共得到 29.0 g 固体. 求原混合物中 Na_2CO_3 与 NaHCO_3 的质量分别是多少克?

评讲 碱石灰是 CaO 与 NaOH 的混合物,碱石灰加入溶液中会发生如下反应:



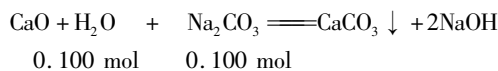
将①与②联合、①与③联合,可得到④和⑤两个新的化学方程式:



⑤ 的反应物和生成物都是固体,该反应不会引起固体质量变化.

④ 的反应中 H_2O 是液态的,其余均为固态. 可见题目中固体物质的质量变化是由于这一部分水引起的.

$$\text{解 } n(\text{H}_2\text{O}) = (29.0 - 14.8 - 12.4) / 18.0 = 0.100(\text{ mol})$$

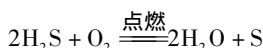


$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \times 0.100 = 10.6(\text{ g})$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 14.8 - 10.6 = 4.2(\text{ g})$$

例 8 在同温同压下,把 70 mL 硫化氢气体跟 90 mL 氧气混合,点燃,充分反应后恢复到原来状况. 若不考虑气体在反应生成的水中溶解,则反应后得到的二氧化硫的体积是多少?

评讲 点燃条件下,硫化氢与氧气可能发生的反应为:

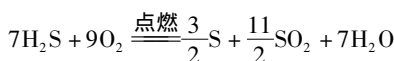


若将这两个反应合并起来,并按 H_2S 与 O_2 的体积比(70:90=7:9)进行配平.

用得到的化学方程式去求 SO_2 的体积,非常简便.

$$\text{解 } n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{O}_2) = 70 : 90 = 7 : 9$$

混合气体点燃时发生的反应为:



$$V(\text{SO}_2) = \frac{11}{2} \times \frac{V(\text{H}_2\text{S})}{7} = \frac{11}{2} \times \frac{70}{7} = 55(\text{ mL})$$

应用综合法解答化学计算题,确实有它的独到之处,希望读者能够灵活运用.

(收稿日期: 2015-01-13)