

“镁、铝及其化合物”计算题例析

河北省唐山市第十二高级中学 063000 王春红

一、镁、铝与盐酸反应的计算

例 1 在标准状况下,进行甲、乙、丙三组实验,三组各取 60 mL 同浓度盐酸,加入同一种镁铝合金粉末,产生气体,有关数据列于表 1。

实验序号	甲	乙	丙
合金质量/mg	510	770	918
气体体积/mL	560	672	672

则下列说法正确的是()。

- A. 甲组和乙组实验中,盐酸均是过量的
- B. 盐酸的物质的量浓度为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. 合金中镁铝的物质的量之比为 1:1
- D. 丙组中铝的物质的量为 0.009 mol

解析 比较三组数据可知,60 mL 盐酸最多能产生 672 mL 氢气,则甲组实验说明盐酸过量,乙组实验不能够说明盐酸过量,A 项错误。由关系式“ $2\text{HCl} \sim \text{H}_2$ ”可得 $n(\text{HCl}) = 2n(\text{H}_2) = 2 \times \frac{0.672 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.06 \text{ mol}$,则 $c(\text{HCl}) = \frac{0.06 \text{ mol}}{0.06 \text{ L}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,B 项错误。因甲组实验镁铝完全反应,利用甲组数据计算镁铝的物质的量,设镁铝的物质的量分别为 x, y ,则 $24 \text{ g/mol} \times x + 27 \text{ g/mol} \times y = 0.51 \text{ g}$ ……①;由关系式“ $\text{Mg} \sim \text{H}_2$ ”和“ $\text{Al} \sim 1.5\text{H}_2$ ”得 $x + 1.5y = \frac{0.56 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}}$ ……②,解方程组①②得 $x = 0.01 \text{ mol}, y = 0.01 \text{ mol}$,则合金中镁铝的物质的量之比为 1:1,C 项正确。因为合金的组成是均匀的,设丙组实验中镁铝的物质的量均为 n ,则 $24 \text{ g/mol} \times n + 27 \text{ g/mol} \times n = 0.918 \text{ g}$,解得 $n = 0.018 \text{ mol}$,D 项错误。故答案为 C。

二、镁、铝与稀硫酸反应所得混合物与氢氧化钠反应的计算

例 2 为测定某镁铝合金样品中铝的含量,进行下列实验:取一定量的合金,加入 100 mL $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸,合金完全溶解,产生的气体在标准状况下体积为 560 mL;再加入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液至沉淀质量恰好不再变化,用去 350 mL NaOH 溶液。则所取样品中铝的物质的量为()。

- A. 0.005 mol
- B. 0.01 mol
- C. 0.025 mol
- D. 0.03 mol

解析 由题意可知, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.03 \text{ mol}$,镁铝合金与稀硫酸完全反应;再加入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液至沉淀质量恰好不再变化,所得溶液为 Na_2SO_4 和 NaAlO_2 的混合溶液,根据 Na、S 守恒原则可得, $n(\text{NaOH}) = 2n(\text{Na}_2\text{SO}_4) + n(\text{NaAlO}_2)$,其中, $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$,则 $n(\text{NaAlO}_2) = n(\text{NaOH}) - 2n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.35 \text{ L} - 2 \times 0.03 \text{ mol} = 0.01 \text{ mol}$;根据铝元素守恒原则可得,所取样品中铝的物质的量为 $n(\text{Al}) = n(\text{NaAlO}_2) = 0.01 \text{ mol}$ 。故答案为 B。

例 3 将一定质量的镁和铝混合物投入 200 mL 稀硫酸中,固体全部溶解后,向所得溶液中加入 NaOH 溶液,生成沉淀的物质的量 n 与加入 NaOH 溶液的体积 V 的变化如图 1 所示。则下列说法不正确的是()。

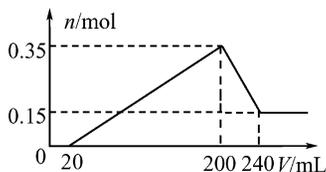
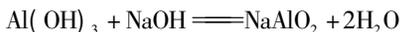


图 1

- A. 镁和铝的总质量为 9 g
- B. 最初 20 mL NaOH 溶液用于中和过量的硫酸
- C. 硫酸的物质的量浓度为 $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. 生成的氢气在标准状况下的体积为 11.2 L

解析 由图像信息可知,从开始至加入 20 mL NaOH 溶液,没有沉淀生成,说明溶解镁、铝后硫酸有剩余,B 项正确。当加入 200 mL NaOH 溶液时沉淀量最大,此时沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$,其物质的量之和为 0.35 mol;当加入 240 mL NaOH 溶液时,沉淀量不再减少,此时的沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$,其物质的量为 0.15 mol;则 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的物质的量为 $0.35 \text{ mol} - 0.15 \text{ mol} = 0.20 \text{ mol}$;因溶解 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 所用 NaOH 溶液的体

积为 240 mL - 200 mL = 40 mL 由反应



可知,溶解 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 所消耗 NaOH 的物质的量 $n(\text{NaOH}) = n[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0.20 \text{ mol}$, 则 $c(\text{NaOH}) = \frac{0.20 \text{ mol}}{0.040 \text{ L}} = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 根据镁、铝元素守恒原则可得 $n(\text{Al}) = n[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0.20 \text{ mol}$, $n(\text{Mg}) = n[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 0.15 \text{ mol}$, 则镁和铝的总质量为 $= 0.20 \text{ mol} \times 27 \text{ g/mol} + 0.15 \text{ mol} \times 24 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$, A 项正确。沉淀量最大时, 所得溶液为 Na_2SO_4 溶液, 根据电荷守恒原则得 $n(\text{Na}^+) \times 1 = n(\text{SO}_4^{2-}) \times 2$, 则 $n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{1}{2}n(\text{Na}^+) = \frac{1}{2} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.2 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$, 从而可得 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{0.5 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, C 项正确。由关系式“ $\text{Mg} \sim \text{H}_2$ ”和“ $\text{Al} \sim 1.5\text{H}_2$ ”得 $n(\text{H}_2) = n(\text{Mg}) + 1.5n(\text{Al}) = 0.15 \text{ mol} + 1.5 \times 0.20 \text{ mol} = 0.45 \text{ mol}$, 则生成的氢气在标准状况下的体积为 $V(\text{H}_2) = 0.45 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 10.08 \text{ L}$, D 项不正确。答案为 D。

三、镁、铝与盐酸反应所得混合物与 NaOH 反应的计算

例 4 一定量的镁铝合金,用足量的盐酸溶解后,再加入过量的 NaOH 溶液,然后滤出沉淀物,加热灼烧,得白色粉末,干燥后称量,这些粉末与原合金的质量相等,则合金中铝的质量分数是()。

- A. 20% B. 40% C. 58.6% D. 60%

解析 镁铝合金溶于足量盐酸中,加入过量 NaOH 溶液,沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 沉淀物经灼烧得到干燥的白色粉末为 MgO ; 由于 MgO 的质量等于镁铝合金的质量, 则 MgO 中氧元素的质量等于合金中 Al 的质量, 从而可知, MgO 中氧元素的质量分数 = 合金中 Al 的质量分数, 即合金中 Al 的质量分数 $= \frac{16}{40} \times 100\% = 40\%$ 。故答案为 B。

例 5 将 $a \text{ g}$ 镁铝合金投入到 $x \text{ mL}$ $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸中,合金完全溶解后,再加入 $y \text{ mL}$ $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,得到的沉淀量最大,沉淀质量为 $(a + 1.7) \text{ g}$ 。则下列说法中正确的是()。

- A. 镁铝合金与盐酸反应时转移电子的物质

的量为 0.3 mol

- B. $x = 2y$
C. 标准状况下共放出氢气 2.24 L
D. $2x = y$

解析 由题意可知,得到的沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的混合物, 根据质量守恒原则可知, 沉淀的质量 = 合金的质量 + OH^- 的质量 = $(a + 1.7) \text{ g}$, 则 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的混合物中 OH^- 的质量为 1.7 g , 即 $n(\text{OH}^-) = \frac{1.7 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$; 则镁铝合金与盐酸反应时转移电子的物质的量 = 混合物中 OH^- 的物质的量 = 0.1 mol , A 项错误; 加入 NaOH 溶液后所得溶液为 NaCl 溶液, 根据电荷守恒原则可得 $n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-)$, 即 $y \text{ mL} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = x \text{ mL} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 解得 $y = 2x$, B 项错误, D 项正确; 根据得失电子守恒原则可得生成氢气的物质的量为 $\frac{0.1 \text{ mol}}{2} = 0.05 \text{ mol}$, 其在标准状况下的体积为 $0.05 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 1.12 \text{ L}$, C 项错误。故答案为 D。

四、镁与铝的化合物与 NaOH 反应的计算

例 6 现有 AlCl_3 和 MgSO_4 混合溶液, 向其中不断加入 NaOH 溶液, 得到沉淀的量与加入 NaOH 溶液的体积如图 2 所示, 原溶液中 Cl^- 与 SO_4^{2-} 的物质的量之比为()。

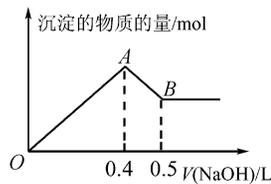


图 2

- A. 1 : 3 B. 2 : 3 C. 6 : 1 D. 3 : 1

解析 A 点沉淀量最大, 沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的混合物; B 点沉淀量不再变化, 沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$; 由图像信息可知, 完全溶解 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 消耗 0.1 L NaOH 溶液, 则 AlCl_3 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀消耗 0.3 L NaOH 溶液, MgSO_4 生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀消耗 0.1 L (即 $0.4 \text{ L} - 0.3 \text{ L} = 0.1 \text{ L}$) NaOH 溶液。由 $\text{Al}^{3+} \sim 3\text{OH}^- \sim \text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}^{2+} \sim 2\text{OH}^- \sim \text{Mg}(\text{OH})_2$, 可求出原溶液中 $n(\text{Al}^{3+}) : n(\text{Mg}^{2+}) = 2 : 1$, 即 $n(\text{AlCl}_3) : n(\text{MgSO}_4) = 2 : 1$, 则原溶液中 Cl^- 与 SO_4^{2-} 的物质的量之比为 $6 : 1$ 。故答案为 C。

(收稿日期: 2018 - 05 - 19)