

“守恒法”在 Mg、Al 计算中的应用

湖南省永州市第一中学 425000 胡小峰

一、质量守恒在 Mg、Al 计算中的应用

例1 为测定一小块镁铝合金样品中的含铝量,现将其溶于足量盐酸中,然后再向其中加入足量的烧碱溶液,待沉淀全部沉淀后,然后过滤、洗涤、充分灼烧,最后得到白色粉末,经称量测得其质量跟原合金的质量相等。则合金中铝的质量分数为()。

A. 60% B. 40% C. 54% D. 无法计算

解析 因镁铝合金中的镁最终全部转化为白色粉末 MgO,且合金的质量与 MgO 的质量相等,根据质量守恒定律,镁铝合金中镁的质量与 MgO 中镁元素的质量相等,所以合金中镁的质量分数与 MgO 中氧的质量分数相等,即 $w(\text{Al}) = w(\text{O}) = \frac{16}{40} \times 100\% = 40\%$ 故答案为 B。

练习 向含 0.2 mol AlCl₃ 的溶液中加入了一定量的 1 mol/L 的 NaOH 溶液后,生成了 7.8 g 的沉淀,则加入的 NaOH 溶液的体积为()。

A. 300 mL B. 400 mL C. 500 mL D. 700 mL

提示 0.2 mol AlCl₃ 中含有 0.2 mol 的 Al³⁺,反应后生成的 Al(OH)₃ 中含有 0.1 mol 铝元素,由铝元素守恒,则另 0.1 mol 铝元素可能存在的形式为:①Al³⁺ ②AlO₂⁻。故答案为 AD。

二、电子守恒在 Mg、Al 计算中的应用

例2 镁铝合金 5.1 g 完全溶于 300 mL 1 mol · L⁻¹ 的稀硫酸时,反应生成标准状况下的气体 5.6 L。向反应后的溶液中加入 1 mol · L⁻¹ 氢氧化钾溶液 V mL,产生最大的沉淀量,通过计算求:

(1) V 的数值()。

A. 300 B. 400 C. 500 D. 600

(2) 得到最大沉淀的质量为()。

A. 9.35 g B. 12.6 g C. 13.6 g D. 15.8 g

解析 (1) 5.1 g Mg、Al 合金完全溶于 0.3 mol 的稀 H₂SO₄,通过极端假设法可知 0.3 mol 的硫酸过量,放出 H₂ 为 $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.25 \text{ mol}$,由电子守恒

►假设杂质不溶于水、受热不分解与 AgNO₃ 不反应。王华同学测定普通食盐样品中氯化钠的质量分数时所进行的实验操作流程和实验数据如图 2 所示。

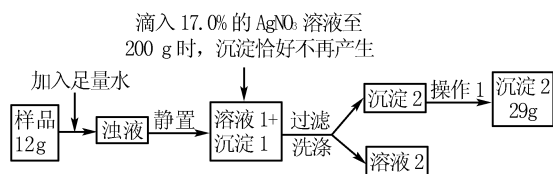


图 2

(实验中发生的化学反应方程式为: $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$)

请你完成空格和计算:

(1) 王华进行操作 1 的目的是_____。

(2) 求算样品中氯化钠的质量分数。(结果保留小数点后 1 位)

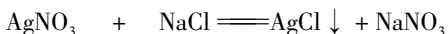
分析 本题用框图的形式承载了测定普通食盐中氯化钠的质量分数实验步骤,框图中信息包

括实验操作过程及称量数据。粗看 200 g 17% 的硝酸银与氯化钠恰好完全反应,此数据可参与运算,沉淀 2 的质量为 29 g,若沉淀 2 仅为氯化银沉淀,则此数据也可参与运算。

细心的学生发现这两个数据算出的结果是不一样的,读框图发现第三个框图中出现的溶液 1 和沉淀 1 并未分离,沉淀 2 实质为杂质与氯化银的混合物,故此数据不可参与运算,应舍弃,故此题目与学生的阅读能力、观察能力、分析处理数据的能力是密切相关。

解 (1) 操作 1 的目的是干燥沉淀。

(2) 设样品中 NaCl 的质量为 x。



170 58.5

200g × 17% x

170 : 200g × 17% = 58.5 : x

解得 x = 11.7g

(收稿日期:2015-05-10)

有: $n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3 = n(\text{H}_2) \times 2 = 0.5 \text{ mol}$ 。

向反应后的溶液中加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KOH 溶液 $V \text{ mL}$ 时,产生最大的沉淀量,即溶液中的 Mg^{2+} 与 Al^{3+} 全部转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$,而溶液中的溶质为 K_2SO_4 ,由 SO_4^{2-} 守恒得: $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.3 \text{ mol}$,则 $n(\text{K}^+) = 0.6 \text{ mol}$ 。即 $V = 600 \text{ mL}$;(1) 答案为 D。(2) 得到的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀质量为 Mg 、 Al 和 OH^- 的质量之和,而 Mg 和 Al 的质量之和为 5.1 g ,由 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的化学式可知: OH^- 的物质的量为 $[n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3] \text{ mol}$,其质量为 $[n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3] \text{ mol} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$,由上述电子守恒: $n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3 = 0.5 \text{ mol}$,故沉淀的质量为 $5.1 \text{ g} + 0.5 \text{ mol} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 13.6 \text{ g}$ 答案为 C。

练习 将一定量的镁、铝合金投入到一定量的稀硝酸中,金属完全溶解(假设硝酸的还原产物全部是 NO)。向反应后的溶液中加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液至产生最大的沉淀量,测得生成沉淀的质量比原合金的质量增加了 7.65 g ,则在标准状况下产生 NO 的体积为 ()。

- A. 1.12 L B. 2.24 L C. 3.36 L D. 4.48 L

提示 合金溶解时,遵循电子守恒: $n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3 = n(\text{NO}) \times 3$; 加入 NaOH 溶液时产生最大的沉淀量,增加质量 7.65 g 为 OH^- 的质量,而 OH^- 的物质的量为 $[n(\text{Mg}) \times 2 + n(\text{Al}) \times 3] \text{ mol}$,故答案为 C。

三、电荷守恒在 Mg 、 Al 计算中的应用

例 3 将一定量镁铝合金投入 100 mL 一定物质的量浓度的盐酸中,合金全部溶解,向所得溶液中滴加 $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,生成沉淀的质量与加入 NaOH 溶液的体积关系如图 1 所示。

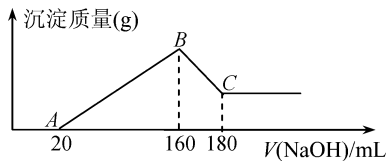
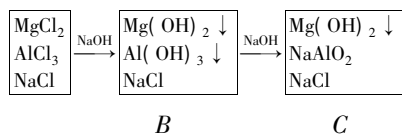
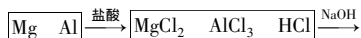


图 1

试求: (1) 原合金中 Mg 、 Al 的质量。

(2) 盐酸的物质的量浓度。

分析 由题意及图像中曲线的变化趋势构造反应过程为:



由图中曲线可知出现了三个拐点,设为 A 、 B 、 C 。这时溶液中的溶质分别为: A : MgCl_2 、 AlCl_3 、 NaCl ; B : NaCl ; C : NaAlO_2 、 NaCl 。设合金中 Mg 为 $x \text{ mol}$, Al 为 $y \text{ mol}$,盐酸的物质的量浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即盐酸的物质的量为 $0.1c \text{ mol}$ 。根据电荷守恒分别列出 A 、 B 、 C 三点的等式。 A 点: $2n(\text{Mg}^{2+}) + n(\text{Al}^{3+}) \times 3 + n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-)$,即 $2x + 3y + 5 \times 0.02 = 0.1c$ ①

B 点: $n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-)$,即 $5 \times 0.16 = 0.1c$ ②

C 点: $n(\text{Na}^+) = n(\text{AlO}_2^-) + n(\text{Cl}^-)$,即 $5 \times 0.18 = y + 0.1c$ ③

联立①②③求解得: $x = 0.2 \text{ mol}$, $y = 0.1 \text{ mol}$; $c = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即 $m(\text{Mg}) = 0.2 \text{ mol} \times 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.8 \text{ g}$, $m(\text{Al}) = 0.1 \text{ mol} \times 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.7 \text{ g}$ 。

练习 把由 NaOH 、 AlCl_3 、 MgCl_2 三种固体组成的混合物溶于足量的水中,有 0.58 g 白色沉淀洗出,向所得的浊液中逐滴加入 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸,加入盐酸的体积及生成沉淀的质量如图 2 所示。试求: (1) 混合物中 NaOH 、 AlCl_3 、 MgCl_2 的质量各为多少?

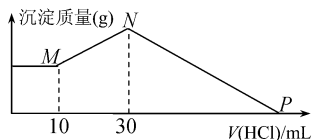


图 2

(2) P 点时表示加入盐酸的体积是多少?

提示 M 点时溶液中的溶质为 NaAlO_2 、 NaCl ,由电荷守恒有: $n(\text{Na}^+) = n(\text{AlO}_2^-) + n(\text{Cl}^-)$; N 点溶液中溶质只有 NaCl ,由电荷守恒有: $n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-)$; P 点成分 MgCl_2 、 AlCl_3 、 NaCl 与起始时固体成分 MgCl_2 、 AlCl_3 、 NaOH 比较可知: $n(\text{Cl}^-) = n(\text{OH}^-)$ 。

答案为: (1) $m(\text{NaOH}) = 2.6 \text{ g}$; $m(\text{AlCl}_3) = 1.335 \text{ g}$; $m(\text{MgCl}_2) = 0.95 \text{ g}$;

(2) P 点加入盐酸的体积为 130 mL 。

(收稿日期: 2015 - 05 - 15)