

(要求写出推断过程)；

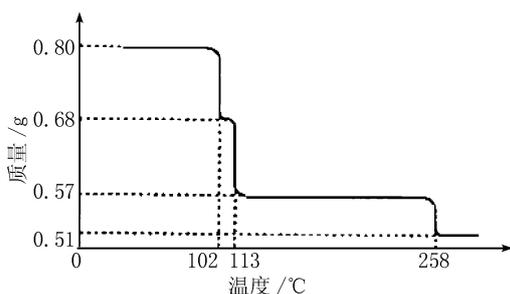


图 1

(2)取 270°C 所得样品,于 570°C 灼烧得到的主要产物是黑色粉末和一种氧化性气体,该反应的化学方程式为____。把该黑色粉末溶解于稀硫酸中,经浓缩、冷却,有晶体析出,该晶体的化学式为____,其存在的最高温度是____;

(3)上述氧化性气体与水反应生成一种化合物,该化合物的浓溶液与 Cu 在加热时发生反应的化学方程式为____;

(4)在 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜溶液中加入氢氧化钠稀溶液充分搅拌有浅蓝色氢氧化铜沉淀生成,当溶液的 $\text{pH}=8$ 时 $c(\text{Cu}^{2+}) = \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($K_{\text{ap}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$)。

若在 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸铜溶液中通入过量 H_2S 气体,使 Cu^{2+} 完全沉淀为 CuS ,此时溶液中的 H^+ 浓度是 $\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

解析 ((2)~(4)略)在 200°C 时,固体的质量由 0.80 g 变为 0.57 g ,若 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 完全失去结晶水生成 CuSO_4 时,则其质量应为 0.51 g ,因此说明固体中仍含有结晶水,因此设 0.57 g 固体物质的化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,则有:

$$\begin{array}{rcl} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & \xrightarrow{\quad} & \text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} + (5-n)\text{H}_2\text{O} \\ 250 & & 160 + 18n \\ 0.80 \text{ g} & & 0.57 \end{array}$$

解得 $n = 1$

根据上述关系,可将图象中的数据转化为表 1:

表 1

温度		102°C	113°C	258°C
质量(g)	0.80	0.68	0.57	0.51
摩尔质量(g/mol)	250	212.5	178.2	159.4
对应化学式	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	CuSO_4

例 2 硝酸发生氧化还原反应时,硝酸浓度越小,对应还原产物中氮的化合价越低。现有一定量的铝粉与铁粉的混合物与一定量的很稀的硝酸反应,反应过程中无任何气体放出,在反应结束后的溶液中,逐滴加入 4 mol/L NaOH 溶液,所加的 NaOH 溶液的体积 (mL) 与产生沉淀的物质的量 (mol) 关系如图 2 所示:

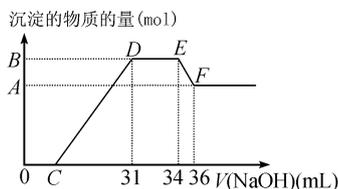


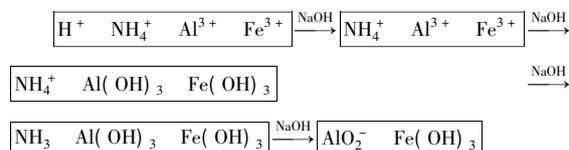
图 2

(1)反应中硝酸的还原产物的名称为____,写出 OC 段反应的离子方程式____, DE 段反应的离子方程式为____。(2) B 与 A 的差值为____ mol, B 的数值为____ mol。(3) C 的数值为____ mL。

解析 根据试题所给信息及氮元素的化合价可知, HNO_3 的还原产物为氮元素呈 -3 价的 NH_4^+ 。当向反应后的溶液加入 NaOH 溶液时,由图象变化可知: $O \sim C$ 段:无沉淀生成,说明溶液中存在 H^+ 。即 HNO_3 有剩余,则 Fe 与 HNO_3 反应后生成 Fe^{3+} ; $C \sim 31 \text{ mL}$ 段: Fe^{3+} 、 Al^{3+} 与 OH^- 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 两种沉淀; $31 \sim 34 \text{ mL}$ 段: NH_4^+ 与 OH^- 生成 NH_3 或 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

$34 \sim 36 \text{ mL}$ 段: $\text{Al}(\text{OH})_3$ 与 OH^- 生成 AlO_2^- 。

因此加入 NaOH 后,其反应过程可表示如下:



故 $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = (36 - 34) \times 10^{-3} \text{ L} \times 4 \text{ mol/L} = 0.008 \text{ mol}$, $n(\text{NH}_4^+) = (34 - 31) \times 10^{-3} \text{ L} \times 4 \text{ mol/L} = 0.012 \text{ mol}$,由电子转移守恒关系可知 $n(\text{Fe}^{3+}) = (0.012 \text{ mol} \times 8 - 0.008 \text{ mol} \times 3) / 3 = 0.024 \text{ mol}$ 。

将 0.024 mol Fe^{3+} 、 0.008 mol Al^{3+} 转化为沉淀时,所需 NaOH 的物质的量为 0.096 mol ,体积为 24 mL ,故 C 点的值为 24 。

通过以上分析可知,对图象分析时应注意以下三个方面:①横、纵轴表示的意义;②图象中曲

线变化的整体趋势; ③ 图象中特殊点的意义(特殊点包括: 起点、拐点、最高点、最低点、终点等等)。

二、表格类信息题

例 3 将固体 $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 放在一个可称量的容器中加热, 固体质量随温度变化而变化, 测得数据如表 2:

表 2

温度/℃	25	300	350	400	500	600	900
固体质量/g	1.000	0.800	0.800	0.400	0.444	0.444	0.430

根据数据分析推理, 完成下列问题: (1) 写出 25 ~ 300℃ 时固体发生变化的方程式____; (2) 350 ~ 400℃ 发生变化得到的产物是____, 物质的量之比为____; (3) 500℃ 时产物的含氧的质量分数为____; (4) 600 ~ 900℃ 时发生变化的化学方程式为____。

解析 300℃ 固体的质量为 25℃ 时固体质量的 80%, 则 1 mol $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 分解后固体生成物质量为 $180 \text{ g} \times 80\% = 144 \text{ g}$, 根据结晶水合物的性质可知该物质为 FeC_2O_4 ; 当温度升高时继续分解, 400℃ 时固体生成物质量为 $180 \text{ g} \times 40\% = 72 \text{ g}$, 其中 Fe 的质量为 56 g, 则 Fe 与 O 的原子个数比 1:1, 该物质为 FeO ; 同理 500℃ 时生成物的质量为 $180 \text{ g} \times 44.4\% = 80 \text{ g}$, Fe 与 O 的原子个数比 2:3, 则该物质为 Fe_2O_3 ; 900℃ 时生成物的质量为 $180 \text{ g} \times 43\% = 77.4 \text{ g}$, Fe 与 O 的原子个数比 3:4, 则该物质为 Fe_3O_4 。

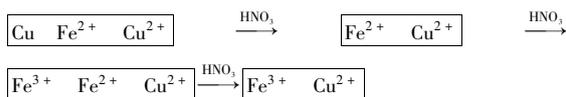
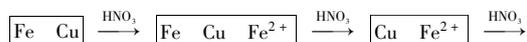
例 4 取一定质量的 Fe、Cu 混合物平均分成四等份, 分别加入不同体积但同浓度的稀硝酸中, 实验中收集到的 NO 气体及剩余固体的质量记录如表 3(气体体积均在标准状况下测定):

表 3

实验序号	①	②	③	④
稀硝酸体积(mL)	100	200		400
剩余固体质量(g)	17.2	8.0	固体恰好完全溶解	0
气体体积(L)	2.24	4.48		

求: (1) 计算稀硝酸的浓度; (2) 填写上表中的空格。

解析 根据硝酸的性质, 当增加硝酸的量时, 其反应过程可表示如下:



当加入 100 mL HNO_3 时产生 2.24 L 气体, 此时有固体剩余, 则 Fe 与 HNO_3 反应的生成物为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 。由反应方程式可知: $3\text{Fe} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 无论反应情况如何, 被还原的 HNO_3 均占硝酸反应总量的 1/4。因此 $c(\text{HNO}_3) = 0.1 \text{ mol} \times 4 / 0.1 \text{ L} = 4.0 \text{ mol/L}$ 。

当硝酸的体积由 100 mL 增大至 200 mL 时, 固体的质量由 17.2 g 减小到 8.0 g, 若简单的按比例关系处理则容易得出硝酸的体积为 287 mL 的错误结论。因为在反应过程中固体的成分发生了变化。因此分析减小的 9.2 g 固体的成分是解析此题的关键所在。

由电子转移守恒可知, 若溶解的固体为 Fe, 其质量应为 $56 \text{ g/mol} \times 0.15 \text{ mol} = 8.4 < 9.2 \text{ g}$, 故 9.2 g 固体为 Fe、Cu 混合物, 其中 Fe 为 0.05 mol, Cu 为 0.1 mol, 余下的 8.0 g 物质为 Cu。因此起始加入的 100 mL HNO_3 所溶解的固体为 Fe, 由产生的气体的物质的量可知溶解的 Fe 的物质的量为 0.15 mol, 故原固体混合物中 Fe 的物质的量为 $0.05 \text{ mol} + 0.15 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$, Cu 的物质的量为 $0.1 \text{ mol} + 8.0 \text{ g} / 64 \text{ g/mol} = 0.225 \text{ mol}$ 。

溶解 8.0 g Cu 时消耗的 HNO_3 的体积应为 $[8.0 \text{ g} / 64 \text{ g/mol} \times 8/3] / 0.4 \text{ mol/L} = 83.3 \text{ mL}$, 生成 NO 的体积为 $[8.0 \text{ g} / 64 \text{ g/mol} \times 2/3] \times 22.4 \text{ L/mol} = 1.87 \text{ L}$, 因此固体恰好完全溶解时消耗的 HNO_3 的总体积为 $200 \text{ mL} + 83.3 \text{ mL} = 283.3 \text{ mL}$, 生成 NO $4.48 \text{ L} + 1.87 \text{ L} = 6.35 \text{ L}$ 。当加入的 HNO_3 体积由 283.3 mL 增大到 400 mL 时, 溶液中的 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 由电子转移守恒关系可知 0.2 mol Fe^{2+} 被完全氧化, 生成 NO $(0.2 \text{ mol} / 3) \times 22.4 \text{ L/mol} = 1.49 \text{ L}$, 因此生成 NO 的总体积为 $1.49 \text{ L} + 6.35 \text{ L} = 7.84 \text{ L}$ 。

表格类信息题的实质是图象类问题的另一种呈现方式, 如例 3 与例 1 两例试题只是数据的呈现方式不同, 但试题的解题的思维方式是完全相同的。
(收稿日期: 2014 - 02 - 10)