



## 第三章 铁 金属材料

### 第一节 铁及其化合物

#### 课时 1 铁和铁的氧化物

1. **A** 【解析】硅胶可以吸收空气中的水,在食品包装中作干燥剂;Fe 粉具有还原性,能与氧气反应,故铁粉用作脱氧剂(还原剂),A 正确,B、C、D 错误。
2. **C** 【解析】司南是由天然磁石制成的,其主要成分为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,故选 C。
3. **B** 【解析】钠和氧气在常温下生成  $\text{Na}_2\text{O}$ ,A 不符合题意;Fe 和氯气反应生成  $\text{FeCl}_3$ , $\text{FeCl}_2$  不能由 Fe 和氯气化合生成,B 符合题意;铝和氯气在加热条件下反应生成  $\text{AlCl}_3$ ,C 不符合题意;氢气在氯气中燃烧生成  $\text{HCl}$ ,D 不符合题意。
4. **C** 【解析】铁在氧气中燃烧,生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,A 错误;铁和稀硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{H}_2$ ,离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ,B 错误;铁在纯氧中燃烧生成的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  为黑色,C 正确;常温下,Fe 与  $\text{H}_2\text{O}$  不反应,但在空气中的  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  共同作用生成  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,D 错误。
5. **C** 【解析】氧化铁为红棕色固体,则得到的红棕色铁矿石的主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,A 正确;炼铁过程中,铁矿石中的铁元素的化合价降低,得到还原产物铁水,B 正确;Fe 与  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  在高温条件下生成四氧化三铁和氢气,C 错误;在剑身上涂油可隔绝氧气和水,防止铁剑生锈,D 正确。
6. **B** 【解析】高温制备纳米级 Fe 的反应为  $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe} + 2\text{HCl}$ ,反应前需向反应器中通入氮气,目的是排尽装置内的空气,防止加热时发生爆炸,同时制得的纳米铁易被空气中的氧气氧化,故需用  $\text{N}_2$  作保护气,并且氮气有利于铁粉分散形成纳米级铁,A 正确;纳米级 Fe 与盐酸反应生成氯化亚铁和氢气,离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ,B 错误; $\text{FeCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  固体加热脱水生成  $\text{FeCl}_2$ ,有新物质生成,即该过程属于化学变化,C 正确;纳米级 Fe 比普通铁粉颗粒更小,与氧气反应时接触面积更大,更易与氧气反应,D 正确。
7. **B** 【解析】根据  $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ,可知 1 mol Fe 与盐酸反应生成的氢气的物质的量为 1 mol;根据  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ,可知 1 mol Fe 与水蒸气反应生成



的氢气的物质的量为  $\frac{4}{3}$  mol。相同条件下气体体积之比等于物质的量之比,则两反应中生成  $H_2$  的体积之比为  $1:\frac{4}{3}=3:4$ ,故选 B。

8. D 【解析】图甲中湿棉花中有水,可提供水蒸气,肥皂液用于检验氢气,A 正确;图乙实验时应该先点燃 C 处酒精灯,排尽 A 处试管内的空气后,再点燃图乙中 A 处的酒精喷灯,B 正确;用蒸发皿装肥皂液,该仪器若用于蒸发结晶,则应蒸发到有大量晶体析出时,停止加热,切不可加热蒸干,C 正确;取少量图乙反应后得到的黑色粉末,放入另一试管中,加入少量盐酸,微热,检验出溶液不含  $Fe^{3+}$ ,不能说明产物中只有 FeO,也可能是过量的 Fe 将  $Fe^{3+}$  还原,D 错误。

9. (1)不是

(2) $FeSO_4$  过滤

(3)反应的环境为纯氧,要求较高不易达到(合理即可)

(4)+3 2:1

(5)① $3FeO+H_2O \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4+H_2 \uparrow$

②取一定量的纳米高性能  $Fe_3O_4$  分散在水中,用一束光线通过该体系,可以观察到一条光亮的“通路”

【解析】(1) $Fe_3O_4$  与碱不反应,不是酸性氧化物。

(2)铁与稀硫酸反应生成硫酸亚铁与氢气,碳与硫酸不反应,则溶液 A 中的溶质为硫酸亚铁,化学式为  $FeSO_4$ ,操作 I 和操作 II 都为过滤。

(3)方法一需要在纯氧的环境下,对反应环境的要求较高,不易达到(答案合理即可)。

(4)化合物中各元素化合价的代数和为 0, $FeOOH$  中 H 元素为 +1 价,O 元素为 -2 价,则 Fe 元素为 +3 价;A 溶液①中 +2 价 Fe 转化为 +3 价 Fe, $Fe_3O_4$  可表示为  $FeO \cdot Fe_2O_3$ ,含有的 +2 价 Fe 与 +3 价 Fe 的质量之比为 1:2,故当 A 溶液①和 A 溶液②的质量之比为 2:1 时,铁元素全部转化为  $Fe_3O_4$ 。

(5)①反应 b 为  $FeO$  与  $H_2O$  在加热的条件下反应生成  $Fe_3O_4$  与  $H_2$ ,化学方程式为  $3FeO+H_2O \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4+H_2 \uparrow$ 。

10. (1)试管 先将试管 A 倾斜,然后用药匙(或纸槽)将普通铁粉送至试管底部,再将试管竖起

(2) $3Fe+4H_2O(g) \xrightarrow{\text{高温}} Fe_3O_4+4H_2$   $H_2O$  168

(3)检验导管 F 出口处氢气的纯度 ②③  $Fe+2H^+ \xrightarrow{\quad} Fe^{2+}+H_2 \uparrow$

【思路分析】图甲的装置 B 中装有水,受热产生水蒸气,装置



A 中装有普通铁粉,铁粉和水蒸气在高温条件下反应得到四氧化三铁和氢气;图乙仪器 I 中的稀硫酸和装置 H 中的铁粉反应生成氢气,装置 G 可以干燥氢气,氢气和四氧化三铁在装置 E 中发生反应。

**【解析】**(2)用酒精喷灯加热试管 A,反应条件为高温,发生反应的化学方程式为  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ 。该反应中, $\text{H}_2\text{O}$  中的 H 元素化合价降低,发生还原反应,Fe 元素化合价升高,发生氧化反应,由化学方程式可知,生成 8 g (即 4 mol)  $\text{H}_2$  时,发生氧化反应的铁的质量  $m(\text{Fe}) = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 3 \text{ mol} = 168 \text{ g}$ 。

(3)图乙中,装置 H 中发生反应  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ ,离子方程式为  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ , $\text{H}_2$  不纯时,受热易发生爆炸,为了安全,加热装置 E 前,需要在导管 F 出口处检验氢气的纯度;E 中发生反应:  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$ ,装置 E、H 中发生的两个反应都有元素价态变化,属于氧化还原反应,且均是单质与化合物反应生成另一种单质与另一种化合物的反应,属于置换反应,均不属于复分解反应,故选②③。

## 课时 2 铁的氢氧化物、铁盐和亚铁盐

**1. B** **【解析】**在空气中,氧气能够把  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ 。加入维生素 C 能防止  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化,说明维生素 C 具有还原性,故选 B。

**2. B** **【解析】** $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  为蓝色晶体, A 不符合题意; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  为绿色晶体,亚铁离子不稳定,易被氧化成铁离子,即  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  在空气中灼烧后变为赤色, B 符合题意; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  为无色晶体, C 不符合题意; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  呈土白或浅黄色, D 不符合题意。

**3. B** **【解析】**铁屑溶于过量的稀盐酸后生成氯化亚铁,加入过量的 NaOH 溶液后,生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  白色沉淀, $\text{Fe}(\text{OH})_2$  在空气中易被氧化为红褐色的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  受热分解生成水和红棕色的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , B 正确。

**4. C** **【解析】**制备  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀的过程中需要隔绝氧气,可将胶头滴管伸入液面以下,不违反实验操作规范,此操作是为了避免  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  与空气接触,从而可以长时间观察到白色  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀, A、B 错误。实验甲中氢氧化钠溶液与硫酸亚铁溶液反应生成白色  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  迅速被空气中的氧气氧化;实验乙中花生油能隔绝空气中的氧气,将装有氢氧化钠溶液的胶头滴管插入硫酸亚铁溶液中,氢氧化钠



溶液与硫酸亚铁溶液反应生成白色  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀,能长时间观察到白色  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀,C 正确、D 错误。

**5. C** 【解析】选项所给离子方程式中,电荷不守恒、得失电子不相等,应为  $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ ,A 不正确;违背客观事实,并未发生氧化还原反应, $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{S}^{2-}$  反应生成  $\text{FeS}$  沉淀,则离子方程式应为  $\text{S}^{2-} + \text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{FeS} \downarrow$ ,B 不正确; $\text{Fe}^{2+}$  被  $\text{MnO}_4^-$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{MnO}_4^-$  被还原为  $\text{Mn}^{2+}$ ,离子方程式为  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ,C 正确;氨水中  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  为弱碱,正确的离子方程式应为  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ ,生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  被氧气氧化成红褐色的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,D 不正确。

**6. B** 【解析】铁盐溶液显黄色,亚铁盐溶液显浅绿色。实验①向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入铁粉,溶液由黄色变成浅绿色,证明  $\text{Fe}^{3+}$  可以与  $\text{Fe}$  发生反应转化为  $\text{Fe}^{2+}$ ,A 不符合题意;实验②可以证明溶液中不存在  $\text{Fe}^{3+}$ ,实验③滴加氯水后,溶液变红,证明生成  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ , $\text{Fe}^{2+}$  被氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,若二者调换顺序,无法排除溶液中可能存在未反应的  $\text{Fe}^{3+}$  的可能性,B 符合题意;滴加氯水后溶液变红,说明  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,发生反应  $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$ ,C 不符合题意;根据  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+}$  可知,氧化性:  $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ ,根据  $\text{Cl}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \longrightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$  可知,氧化性:  $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+}$ ,所以氧化性强弱顺序为  $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ ,D 不符合题意。

**7. B** 【解析】甲组实验是在  $\text{Fe}^{3+}$  存在的条件下检验  $\text{Fe}^{2+}$ ,要排除  $\text{Fe}^{3+}$  的干扰,所选试剂应具备两个条件:一是能与  $\text{Fe}^{2+}$  发生有明显现象的反应;二是与  $\text{Fe}^{3+}$  不反应。稀溴水呈橙黄色, $\text{Br}_2$  可氧化  $\text{Fe}^{2+}$  生成  $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$  的溶液呈黄色,颜色变化不明显,酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液更符合条件,若含  $\text{Fe}^{2+}$ ,则实验现象是溶液紫红色变浅或褪去。乙组实验是在  $\text{Fe}^{2+}$  存在的条件下检验  $\text{Fe}^{3+}$ ,可选用  $\text{KSCN}$  溶液,若含  $\text{Fe}^{3+}$ ,则实验现象为溶液显红色,B 正确。

**8. D** 【解析】 $\text{FeSO}_4$  容易被氧化,需要现用现配且使用过量的铁,A 正确;实验时先注入稀硫酸,等生成的二氧化碳排尽具支锥形瓶内的空气后,再注入  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{FeSO}_4$  溶液,生成氢氧化亚铁沉淀,B 正确;烧杯内紫色石蕊溶液变红,说明具支锥形瓶内空气完全排尽,同时装置 N 可以防止空气进入具支锥形瓶,起到液封作用,C 正确;氢气的密度比空气小,用铁粉代替  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  粉末,不能排尽装置内的空气,D 错误。

**9. D** 【解析】a 是  $\text{Fe}$  单质,b 是  $\text{FeO}$ ,c 是  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,d 是  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,e 是  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。 $\text{Fe}(\text{OH})_2$  在湿空气中被氧化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,化学方程式为  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,A 正确; $\text{Fe}$  与  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  可以发生化合反应生成  $\text{FeSO}_4$ ,化学方



程式为  $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \xrightarrow{\quad} 3\text{FeSO}_4$ , B 正确;  $\text{FeO}$  不稳定, 在空气中加热会生成  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , C 正确;  $\text{Fe}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$  与稀硫酸反应都有  $\text{FeSO}_4$  生成, D 错误。

**10. B** 【解析】铁与水蒸气在高温条件下发生反应会生成四氧化三铁, 不是氧化铁, A 错误; 铁与氯气加热可生成氯化铁, 氯化铁水溶液中加入铜会发生氧化还原反应生成氯化亚铁和氯化铜, 相关转化均能实现, B 正确; 氯化铁溶液直接蒸发会得到氢氧化铁, 甚至  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , C 错误; 高铁酸钾在水中不稳定, 生成氢氧化铁胶体, 被还原, 根据氧化还原反应规律, 铁的化合价降低, 氧的化合价升高, 故得不到氢气, 得到的为氧气, D 错误。

**11. C** 【解析】已知茶水中含有鞣酸, 与亚铁离子结合成浅色的鞣酸亚铁, 进而变为蓝黑色的鞣酸铁, 说明鞣酸亚铁易被氧气氧化为鞣酸铁; 已知维生素 C 具有还原性, ②→③的实验现象证明了维生素 C 能将鞣酸铁还原成鞣酸亚铁, ③→④加入 KSCN 溶液是检验  $\text{Fe}^{3+}$  是否存在,  $\text{H}_2\text{O}_2$  可将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ 。①→②过程中, 鞣酸先转化为鞣酸亚铁, 鞣酸亚铁再发生氧化还原反应生成蓝黑色的鞣酸铁, A 正确; ③→④的过程中加入 KSCN 溶液, 无现象, 说明③中“茶水”不含  $\text{Fe}^{3+}$ , ④→⑤的过程中加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液生成红色的溶液, 说明③中含  $\text{Fe}^{2+}$ , B 正确; ①中含有鞣酸, ①→③的过程中加入了  $\text{FeSO}_4$  溶液、维生素 C, ③→④的过程中又加入了 KSCN 溶液, 所以①、③、④中所含粒子种类不相同, C 错误; ④中含有鞣酸、 $\text{Fe}^{2+}$  等粒子, 均具有还原性, 则④→⑤的过程中至少有两种粒子被氧化, D 正确。

**12. A** 【解析】还原性:  $\text{Fe} > \text{Cu}$ , 将金属铁、铜投入  $\text{FeCl}_3$  溶液中,  $\text{Fe}^{3+}$  先和 Fe 反应, 待 Fe 反应完全,  $\text{Fe}^{3+}$  再和 Cu 反应, 不可能出现铁有剩余而铜无剩余的情况, A 项评价正确; Fe 与  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  均反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ , 当铁有剩余时, 溶液中必定无  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ , B 项评价错误; 当铜有剩余, 铁无剩余时, 可能有部分铜被  $\text{Fe}^{3+}$  氧化生成  $\text{Cu}^{2+}$ , C 项评价错误; 若  $\text{Fe}^{3+}$  过量, 铜与铁完全被氧化后, 溶液中可能还有  $\text{Fe}^{3+}$ , D 项评价错误。

**13. (1) 玻璃棒、胶头滴管**



(3) 过滤 冷却

(4)  $\frac{70n}{m}\%$  (或  $\frac{7n}{10m} \times 100\%$ )

(5) ①KSCN (或  $\text{NH}_4\text{SCN}$  等) ②a

(6) 作为保护层, 防止硫酸亚铁被氧化 (合理即可)

【思路分析】测定补血剂中铁元素的含量, 首先将补血剂溶



于  $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸溶液中,过滤掉滤渣后加入过量氯水将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,再加入过量  $\text{NaOH}$ ,将溶液转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  悬浊液,然后进行过滤、洗涤、灼烧、冷却,获得氧化铁固体,通过称量获得的氧化铁的质量计算补血剂中铁元素的含量。

**【解析】**(1)用浓硫酸配制  $500 \text{ mL } 1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸溶液,除量筒、烧杯、 $500 \text{ mL}$  容量瓶外,还需要用到的玻璃仪器有玻璃棒和胶头滴管。

(2)步骤②中加入过量氯水将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,离子方程式为  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。

(4)若实验中无  $\text{Fe}$  元素的损耗,则有  $n(\text{Fe}) = 2n(\text{Fe}_2\text{O}_3) =$

$$2 \times \frac{n \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{n}{80} \text{ mol}, \text{ 则 } m(\text{Fe}) = \frac{n}{80} \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} =$$

$$\frac{7n}{10} \text{ g}, \text{ 该补血剂中铁元素的质量分数为 } \frac{\frac{7n}{10} \text{ g}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{70n}{m}\%。$$

(5)① $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  反应生成红色络合物,则取少量滤液滴加  $\text{KSCN}$ (或  $\text{NH}_4\text{SCN}$  等)溶液,溶液变红说明该补血剂已部分变质;② $\text{Fe}^{2+}$  具有还原性,能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色,检验滤液中是否含有  $\text{Fe}^{2+}$  应选用的试剂是酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液。

(6)糖衣的主要作用是作为保护层,防止硫酸亚铁因为被氧化而失效。



(2)除去  $\text{H}_2$  中的水蒸气

(3)硬质玻璃管中黑色固体变红,且右端管壁有水珠

(4)①稀硫酸

②酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色  $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

③硬质玻璃管 B 中反应后的固体含有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{Fe}$ ,加入稀硫酸后  $\text{Fe}$  将  $\text{Fe}^{3+}$  全部还原为  $\text{Fe}^{2+}$

(5)3:4

**【解析】**(1)在硬质玻璃管 B 中, $\text{Fe}$  与水蒸气在高温下反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ ,该反应的化学方程式为  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ 。

(2)装置 D 的作用是干燥  $\text{H}_2$ ,防止水蒸气进入装置 E 中。

(3)装置 E 中发生反应:  $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ,硬质玻璃管中固体由黑色变为红色,且右端管壁有水珠。

(4)①试剂 a 用于溶解硬质玻璃管 B 中固体物质,由于酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液可以与盐酸发生反应,所以在溶解硬质玻璃管

B 中固体时,选用稀硫酸;

②稀硫酸溶解硬质玻璃管 B 中反应后的固体物质后,生成的溶液中含有  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  具有还原性,可用酸性高锰酸钾溶液检验,若观察到酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色,说明其中含有  $\text{Fe}^{2+}$ ;根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒,可得反应的离子方程式为  $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ;

③若现象 2 为溶液未变红色,则溶液中不含  $\text{Fe}^{3+}$ ,可能是因为硬质玻璃管 B 中反应后的固体物质含有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{Fe}$ ,滴加稀硫酸,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  先与硫酸反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ,由于氧化性:  $\text{Fe}^{3+} > \text{H}^+$ ,则  $\text{Fe}$  先与  $\text{Fe}^{3+}$  反应,  $\text{Fe}$  将  $\text{Fe}^{3+}$  全部还原为  $\text{Fe}^{2+}$ 。

(5) 向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入  $\text{Cu}$ , 发生反应  $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$ , 一段时间后取出铜片, 溶液中  $c(\text{Fe}^{3+}) : c(\text{Fe}^{2+}) = 2 : 3$ , 设生成  $\text{Fe}^{2+}$  的物质的量为 3 mol, 则生成 1.5 mol  $\text{Cu}^{2+}$ , 反应后溶液中含 2 mol  $\text{Fe}^{3+}$ , 故溶液中  $\text{Cu}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量之比为 1.5 mol : 2 mol = 3 : 4。

## 第二节 金属材料

1. A 【解析】妇好鸛尊为青铜器, 主要成分为合金, A 符合题意; 骨笛由动物的骨头制作而成, 成分不是合金, B 不符合题意; 彩陶双连壶属于陶制品, C 不符合题意; 绘制四神云气图壁画的颜料不属于合金, D 不符合题意。

2. D 【解析】钢是指含碳量为 0.03%~2% 的铁的合金, 炼钢的原理是以生铁为原料设法降低其含碳量, A 正确; 水滴石穿是二氧化碳、水和碳酸钙反应生成可溶的碳酸氢钙的过程:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , B 正确; 钢是铁的合金, 性能远优于铁, C 正确; 真金不怕火炼是指金的化学性质不活泼, D 错误。

3. C 【解析】对表中数据进行对比发现, 该合金熔点高、密度小、硬度大、导电能力差。铁常作炉具材料, 而该合金熔点比铁高, 可用于制作炉具, 故 A 不符合题意; 该合金硬度比铁大, 可用于制作门窗框, 故 B 不符合题意; 导线一般由导电性强的金属制成, 如  $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$  等, 该合金导电性比铁还弱, 不适合制作导线, 故 C 符合题意; 该合金耐腐蚀、强度大、密度小, 可用于制作飞机外壳, 故 D 不符合题意。

4. C 【解析】 $\text{Mg}_3\text{N}_2$  是化合物, 不是合金, A 错误; 合金的熔点一般低于成分金属, 所以镁合金的熔点低于纯镁, B 错误; 合金一般具有良好的耐腐蚀性, C 正确; 合金中可能含有非金属元素, 比如生铁和钢都含有碳元素, D 错误。

5. C 【解析】铝合金的密度小、强度大、抗腐蚀能力强, A 正确; 稀土元素加入钢中有多种作用, 例如增加钢的韧性、抗氧化





性等,B 正确;钢是铁碳合金,熔点比铁的熔点低,C 错误;超级钢强度很大,在应用时能够实现钢板轻薄化,D 正确。

**6. C** 【解析】记忆合金的形状变化没有新物质生成,属于物理变化,A 错误;合金的硬度一般比各成分金属大,B 错误;形状记忆合金等新型合金具有独特的性能,如在一定条件下能自动恢复形状等,广泛应用于航空航天、生物工程等领域,C 正确;钛合金的化学性质与钛单质不完全相同,D 错误。

**7. A** 【解析】 $\text{CO}_2$  与过量  $\text{NaOH}$  浓溶液反应生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,罐内气体减少,导致压强减小,因而使易拉罐渐渐凹陷,该反应的离子方程式为  $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ,故 A 正确;易拉罐内壁表面的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  与氢氧化钠溶液反应,生成可溶性的  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,离子方程式为  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,故 B 错误; $\text{Al}_2\text{O}_3$  被  $\text{NaOH}$  浓溶液溶解后,铝和  $\text{NaOH}$  溶液反应产生氢气,使罐内气体压强增大,罐壁又重新凸起,离子方程式为  $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\text{H}_2 \uparrow$ ,故 C 错误;题述过程中没有  $\text{Al}^{3+}$  生成,不存在  $\text{Al}^{3+}$  与  $\text{OH}^-$  的反应,故 D 错误。

**8. D** 【解析】甲、乙中分别发生反应  $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 、 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ ,A 错误;若酸、碱均过量,生成的氢气的量相同,B 错误;酸、碱的量相同,由化学方程式知,Al 与盐酸反应时,盐酸消耗完毕,Al 与碱反应时,Al 消耗完毕,C 错误、D 正确。

**9. A** 【解析】生成标准状况下 11.2 L(即 0.5 mol)氢气得到的电子的物质的量为 1 mol,Zn、Fe、Mg、Al 与稀硫酸反应时,失去 1 mol 电子消耗金属的质量分别为 32.5 g、28 g、12 g、9 g,该合金中含有 Fe 和 Zn,此合金可能为锌铁合金,A 项符合题意。

**10. A** 【解析】由图可知,开始加入 10 mL  $\text{NaOH}$  溶液,没有沉淀生成,说明盐酸有剩余,此过程发生的反应为  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;继续滴加  $\text{NaOH}$  溶液至  $V(\text{NaOH 溶液}) = 50 \text{ mL}$ ,得到的沉淀为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,清液中溶质为  $\text{NaCl}$ ;再继续滴加  $\text{NaOH}$  溶液,发生反应:  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ , $\text{Al}(\text{OH})_3$  溶解。加入 50 mL  $\text{NaOH}$  溶液时,沉淀量最大,生成沉淀消耗 40 mL  $\text{NaOH}$  溶液,则根据元素守恒,  $n(\text{HCl}) = n(\text{NaCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.04 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$ ,则氢气的物质的量为 0.02 mol,故一共产生标准状况下  $0.02 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.448 \text{ L}$  即 448 mL  $\text{H}_2$ ,A 错误;加入 50 mL  $\text{NaOH}$  溶液时,溶液溶质为  $\text{NaCl}$ ,则根据元素守恒,100 mL 盐酸中  $n(\text{HCl}) = n(\text{NaCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ ,因此盐酸的浓度为  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,B 正确;根据分





析,C 正确;A 点之前未产生沉淀,则盐酸有剩余,镁铝合金已经完全溶解于盐酸中,D 正确。

**11. D** 【解析】根据溶液呈电中性可知: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{NO}_3^-) + c(\text{Cl}^-)$ , 则  $c(\text{NO}_3^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) - 2c(\text{SO}_4^{2-}) - c(\text{Cl}^-)$ , 故  $m = 5.5 \times 10^{-3} + 2.0 \times 10^{-4} - 2 \times 8.5 \times 10^{-4} - 3.4 \times 10^{-3} = 6.0 \times 10^{-4}$ , 故选 D。

**12. B** 【解析】由题意知,向一定量的 Cu、CuO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的混合物中加入 100 mL 2 mol · L<sup>-1</sup> 的盐酸恰好反应,所得溶液中不含 Fe<sup>3+</sup>,则溶质为 CuCl<sub>2</sub>、FeCl<sub>2</sub>,混合物中的 O 元素全部转化为 H<sub>2</sub>O,用过量的 CO 在高温下还原相同质量的原混合物,固体减少的质量是混合物中 O 元素的质量,则可建立关系式: $n(\text{O}) \sim n(\text{H}_2\text{O}) \sim 2n(\text{HCl})$ ,  $n(\text{HCl}) = 0.100 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \text{ mol}$ , 故  $n(\text{O}) = 0.1 \text{ mol}$ , 则固体减少的质量  $m(\text{O}) = 0.1 \text{ mol} \times 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.6 \text{ g}$ , 故选 B。

**13. A** 【解析】根据反应后溶液中含有 H<sup>+</sup>,可知加入的盐酸过量,溶液中的溶质为 NaCl、AlCl<sub>3</sub>、HCl,根据溶液呈电中性得  $n(\text{H}^+) + n(\text{Na}^+) + 3n(\text{Al}^{3+}) = n(\text{Cl}^-)$ , 溶液中离子浓度之比等于物质的量之比, 设  $n(\text{Al}^{3+})$ 、 $n(\text{H}^+)$ 、 $n(\text{Cl}^-)$  分别为 1 mol、3 mol、9 mol, 故  $n(\text{Na}^+) = 9 \text{ mol} - 1 \text{ mol} \times 3 - 3 \text{ mol} = 3 \text{ mol}$ , 根据钠元素守恒计算  $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1.5 \text{ mol}$ , 故 O 元素、Al 元素的质量之比为  $1.5 \text{ mol} \times 2 \times 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} : 1 \text{ mol} \times 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 16 : 9$ 。答案选 A。

**14. D** 【解析】100 mL 1.0 mol · L<sup>-1</sup> 稀硫酸中的硫酸的物质的量  $n = cV = 0.1 \text{ L} \times 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1 \text{ mol}$ , 硫酸中含有的氢离子的物质的量  $n(\text{H}^+) = 0.2 \text{ mol}$ , 氢离子与 Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub> 中氧元素结合成水,  $\frac{a}{2} \text{ g}$  样品和硫酸恰好完全反应, 根据原子守恒, 一份 Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub> 中氧元素的物质的量  $n(\text{O}) = 0.1 \text{ mol}$ , 铁元素的质量  $m(\text{Fe}) = \left( \frac{a}{2} - 0.1 \times 16 \right) \text{ g} = (0.5a - 1.6) \text{ g}$ , 故足量 H<sub>2</sub> 还原铁的氧化物后所得金属铁的质量是  $(0.5a - 1.6) \text{ g}$ , 答案选 D。

**15. D** 【解析】草酸钙晶体中钙元素为+2 价、氢元素为+1 价、氧元素为-2 价, 则碳元素为+3 价, A 正确; 16.4 g 草酸钙晶体的物质的量为 0.1 mol, 生成 M 时, 固体质量减少了  $(16.4 - 12.8) \text{ g} = 3.6 \text{ g}$ , 即在此过程中失去了 0.2 mol 结晶水, 则物质 M 的化学式为 CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, B 正确; 200~520 °C 阶段, 固体质量减少了  $(12.8 - 10.0) \text{ g} = 2.8 \text{ g}$ , 即失去了 0.1 mol CO, 反应的化学方程式为  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCO}_3 + \text{CO} \uparrow$ , C 正确; 520~940 °C 阶段, 固体质量减少了  $(10.0 - 5.6) \text{ g} = 4.4 \text{ g}$ , 即失去

了  $0.1 \text{ mol CO}_2$ , 发生的反应为碳酸钙分解生成氧化钙和二氧化碳, 物质 X 是氧化钙, 俗称生石灰, D 错误。

16. (1) 导热性、延展性、抗腐蚀性(任写两个, 合理即可)



(4)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液(或澄清石灰水)

(5) 称量后再次灼烧, 冷却后称量, 若质量差不超过  $0.1 \text{ g}$ , 则可确定  $\text{Al}(\text{OH})_3$  已完全分解



【解析】(1) 飞机上常采用铝箔餐盒, 是由于铝箔具有良好的导热性、延展性、抗腐蚀性。

(2) 步骤 I 为铝和  $\text{NaOH}$  溶液反应得到  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液和氢气, 化学方程式为  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。

(3) 步骤 II 为向  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液中通入过量  $\text{CO}_2$  得到  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀, 离子方程式为  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$ 。

(4) 步骤 IV 中  $\text{Al}(\text{OH})_3$  表面的杂质主要为  $\text{HCO}_3^-$ , 可以用  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液或澄清石灰水来进行检验。

(6) 利用  $\text{Al}(\text{OH})_3$  制取明矾, 需先加入  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{K}_2\text{SO}_4$  溶液, 得到硫酸铝钾溶液, 由已知数据可知, 明矾的溶解度随温度升高而增大, 且变化较大, 故采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤的方法得到明矾晶体。

17. (1)  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$  97

(2) 偏大

(3) 向漏斗中加入蒸馏水至没过沉淀, 使水自然流下, 重复操作 2~3 次

(4) 不需要

(5) ABCD

(6) 生成物的质量

(7) 是

【思路分析】探究一: 镁和氢氧化钠溶液不反应, 铝和氢氧化钠溶液反应生成四羟基合铝酸钠和氢气, 镁铝合金与足量  $\text{NaOH}$  溶液反应剩余的固体为镁;

探究二: 镁和盐酸反应生成氯化镁和氢气, 铝和盐酸反应生成氯化铝和氢气;

探究三: 镁铝合金在氧气中燃烧, 镁燃烧生成氧化镁, 铝燃烧生成氧化铝。

【解析】(1) 含镁 3%~5% 的镁铝合金中镁的质量分数为 3% 时铝的含量最大, 此时  $5.4 \text{ g}$  镁铝合金粉末样品中铝的



质量为  $5.4 \text{ g} \times (1 - 3\%) = 5.238 \text{ g}$ , 物质的量为  $0.194 \text{ mol}$ , 由化学方程式可知, 要使  $0.194 \text{ mol Al}$  恰好完全溶解, 需要  $n(\text{NaOH}) = n(\text{Al}) = 0.194 \text{ mol}$ , 则消耗的  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液的体积为  $\frac{0.194 \text{ mol}}{2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.097 \text{ L} = 97 \text{ mL}$ , 故  $V \geq 97$ 。

(2) 过滤得到的镁上会附有  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ , 未洗涤会导致镁的质量偏大, 测得镁的质量分数将偏大。

(3) 洗涤沉淀的方法是向漏斗中加入蒸馏水至没过沉淀, 使水自然流下, 重复操作 2~3 次。

(4) 因为氯化氢极易溶于水, 挥发出来的氯化氢不影响氢气体积的测定结果, 所以不需要加除酸雾装置。

(5) 该装置是利用生成氢气的体积和合金的质量计算镁的质量分数, 因此需保证装置的气密性, A 正确; 为保证合金完全反应, 应加入足量的盐酸, B 正确; 利用量气管测量生成气体体积时, 需保证水准管 (B 装置) 中气体压强等于外界气压, 即水准管与量气管液面应相平, C 正确; 金属与酸反应放热, 气体受热体积变大, 影响实验结果, 因此需冷却至室温后再读数, D 正确。

(6)  $\text{Mg}$ 、 $\text{Al}$  均会与氧气反应生成对应的金属氧化物, 则还需测定生成物的质量, 才能计算出铝镁合金中镁的质量分数。

(7) 若用空气代替氧气进行实验, 则镁还会与空气中的氮气和二氧化碳反应, 影响测定结果。