

模块二 元素及其化合物

第三章 金属及其化合物

第1节 钠及其化合物

刷基础

1. B 考查点 ▶ 钠及钠的氧化物

【解析】实验时，②中用于盛放钠块的坩埚需干燥，防止钠与水反应，A 正确；加热后，②中钠块先熔化后燃烧，B 错误；反应①中存在关系： $4\text{Na} \sim 2\text{Na}_2\text{O} \sim 4\text{e}^-$ ，反应②中存在关系： $2\text{Na} \sim \text{Na}_2\text{O}_2 \sim 2\text{e}^-$ ，Na 和 O_2 反应生成等物质的量的 Na_2O 或 Na_2O_2 ，转移电子数相同，C 正确； Na_2O 的电子式为 $\text{Na}^+[:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{Na}^+$ ，只含有离子键， Na_2O_2 的电子式为 $\text{Na}^+[:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{Na}^+$ ，含有离子键和非极性共价键，D 正确。

2. D 考查点 ▶ 钠及其化合物的性质

【解析】 Na_2O_2 与 H_2O 、 CO_2 反应的化学方程式分别为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ 、 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ，则生成相同质量的 O_2 时消耗 H_2O 和 CO_2 的物质的量相同，A 正确；根据 C 原子守恒可知，等物质的量的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 两种固体分别与足量盐酸反应，产生的 CO_2 的质量相同，B 正确；将金属钠投入 CuSO_4 溶液中，Na 先与 H_2O 反应，产生的 OH^- 与 Cu^{2+} 结合产生蓝色絮状沉淀 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，C 正确；固体混合物中只含钠和氧两种元素，投入水中产生两种气体，则固体混合物中一定有 Na 和 Na_2O_2 ，可能含有 Na_2O ，D 错误。

3. A 考查点 ▶ 钠及其化合物的实验、现象分析

【解析】黑色固体可能是 Na 与酒精灯燃烧产生的 CO_2 发生置换反应生成的炭黑，A 正确；“钠反复从底部上浮到液面，又下沉到底部”是因为钠的密度比乙醇的大，先沉入底部，由于反应生成 H_2 ，Na 会向上浮动，反复多次，B 错误；NaOH 溶液不具有漂白性，酚酞褪色是因为浓碱条件下，酚酞结构发生了变化，C 错误；K 元素的焰色为紫色，但易被钠元素的黄光掩盖，观察时需要透过蓝色钴玻璃，题述现象无法说明样品中一定不含有 K 元素，D 错误。

4. C 考查点 ▶ 侯氏制碱法与索尔维制碱法的区别

【解析】侯氏制碱法中，向溶液 1 中通 NH_3 后冷析，索尔维制碱法中则是加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，二者处理方法不同，A 正确；侯氏制碱法中可循环利用的物质为 CO_2 和 NaCl ，索尔维制碱法中可循环利用的物质为 CO_2 和 NH_3 ，B 正确；侯氏制碱法中 NaCl 可循环使用，提高了食盐的利用率，C 错误；两种制碱法都涉及饱和 NaCl 溶液、 CO_2 和 NH_3 反应生成 NaHCO_3 固体， NaHCO_3 受热分解生成 Na_2CO_3 ，都利用了 NaHCO_3 的溶解度小和不稳定的性质，D 正确。

5. B 考查点 ▶ Na_2CO_3 、 NaHCO_3 的性质分析

【解析】 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 中都含有 Na^+ ，焰色试验中火焰都是黄色，A 正确； Na_2CO_3 溶于水放热， NaHCO_3 溶于水吸热，B 错误； Na_2CO_3 、 NaHCO_3 溶液与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液反应，均会生成白色沉淀 CaCO_3 ，C 正确； Na_2CO_3 、 NaHCO_3 的水溶液均显碱性，可用作食用碱或者工业用碱，D 正确。

6. B 考查点 ▶ 碱金属元素性质的递变性

【解析】同主族元素随原子序数的递增，原子半径逐渐增大，则在碱金属元素中 Fr 具有最大的原子半径，A 正确；碱金属元素的金属性随周期序数增大而增强，金属性越强，与 O_2 反应的产物越复杂，则 Fr 燃烧除生成 Fr_2O 外，还可生成更复杂的氧化物，B 错误；元素的金属性越强，最高价氧化物对应的水化物的碱性越强，则 FrOH 是一种极强的碱，C 正确；元素的金属性越强，其单质与水反应越剧烈，则 Fr 能与水反应生成相应的碱和氢气，由于反应剧烈而发生爆炸，D 正确。

刷提分

1. D 考查点 ▶ 钠及其化合物的转化关系

思路分析

装置Ⅲ中产生白色沉淀,证明气体中一定含 CO_2 ,装置Ⅰ中的固体为 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ;装置Ⅴ中收集到一种无色气体,应为 O_2 ,则装置Ⅱ中的固体为 Na_2O_2 。

【解析】装置Ⅰ中的固体为 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ,A 正确;装置Ⅱ中主要发生 CO_2 与 Na_2O_2 反应,存在元素化合价的变化,属于氧化还原反应,B 正确;装置Ⅲ中反应的离子方程式为 $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- + \text{Ba}^{2+} = \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$,C 正确; O_2 中不含极性共价键,D 错误。

2. D 考查点 ▶ 过碳酸钠的制备流程分析

【解析】50℃时 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2(\text{s})$ 开始分解,且原料 H_2O_2 受热易分解,因此步骤①的关键是控制温度,可通过缓慢滴加 H_2O_2 溶液或冷水浴调节,A 正确;滤液 X 中,增大 $c(\text{Na}^+)$ 或加入无水乙醇降低溶剂极性,可以析出过碳酸钠,B 正确;无水乙醇容易挥发且无水乙醇中 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ 溶解度较小,使用无水乙醇洗涤可以减少因溶解而损耗的量并快速除去水分,有利于干燥,C 正确;过碳酸钠具有强氧化性,可以杀菌消毒,但不能吸附水中

易错点

悬浮的杂质,D 错误。

3. D 考查点 ▶ 钠与水、酸反应的现象探究

【解析】实验Ⅰ中,金属钠与水反应,反应的离子方程式为 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$,A 错误;浓盐酸中含有大量的水,

易错点

HCl 电离,以离子形式存在,B 错误;盐酸挥发出来的 HCl 遇水蒸气形成白雾,无论有无反应存在,浓盐酸产生的白雾均多于稀盐酸,无法根据该现象判断反应放热的多少,C 错误;盐酸与 Na 反应可以生成 NaCl ,浓盐酸中 Cl^- 浓度大,反应一段时间后,会析出白色沉淀 NaCl ,D 正确。

4. D 考查点 ▶ Na_2O_2 和 Na_2O 混合物中 Na_2O_2 质量百分含量的测定实验、量气法测定气体体积

【解析】恒压滴液漏斗的作用:①平衡气压,使液体顺利滴下;

关键点

②消除水滴入圆底烧瓶所占体积对生成气体体积测量的影响。若用分液漏斗代替恒压滴液漏斗,则会造成测量气体体积偏大,影响测量结果的准确性,A 正确。测量过程中生成气体的反应

为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$,则 $n(\text{O}_2) = \frac{b-a}{V_0} \text{ mol}$,

$n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 2n(\text{O}_2) = \frac{2(b-a)}{V_0} \text{ mol}$,混合物中 Na_2O_2 的质量百分含

量为 $\frac{2(b-a) \times 78}{X \cdot V_0} \times 100\%$,B 正确。测量气体体积读数时应注意:

恢复到室温;上下移动水准管使量气管和水准管中液面相平;视线与量气管中凹液面最低处相平,C 正确。若实验结束读数时仰视量气管,则 b 偏大,测量结果偏大,D 错误。

5. (1) 检查装置气密性

(2) 排尽装置内的空气,防止发生爆炸

(3) 吸收 HCl ,干燥 H_2

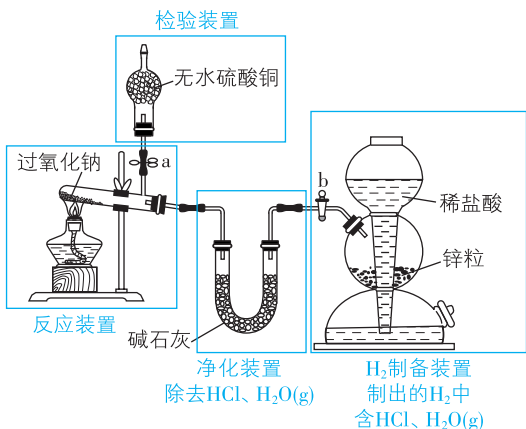
(4) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaOH}$

(5) B

(6) 80%

考查点 ▶ Na_2O_2 与 H_2 反应的实验探究,实验装置分析、元素化合物性质、差量法计算

要点图解



【解析】(1) 实验开始前应检查装置气密性。

(2) H₂ 为可燃性气体, 不纯时受热易发生爆炸, 在点燃前通入一段时间 H₂, 排尽装置中的空气, 可以防止发生爆炸。

(3) 根据要点图解可知, 碱石灰可以吸收 HCl, 干燥 H₂。

(4) 干燥管内无水硫酸铜并未变成蓝色, 证明反应中无 H₂O 生成, 则根据质量守恒判断, 反应中生成的白色粉末为 NaOH, 反应的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaOH}$ 。

(5) 实验结束时, 应先移去酒精灯, 再关闭活塞 b, 防止外界空气进入装置与 H₂ 混合, 遇热发生爆炸。

(6) 产品充分燃烧, Na₂O 被氧化为 Na₂O₂, 根据方程式 $2\text{Na}_2\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}_2$ 可知, 反应中 1 mol Na₂O 增重 16 g, 固体质量由

关键点

7.75 g 变为 9.35 g, 增重 1.6 g, 即该样品中含 0.1 mol Na₂O, 则 Na₂O 的质量分数为 $\frac{0.1 \text{ mol} \times 62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{7.75 \text{ g}} \times 100\% = 80\%$ 。

6. (1) a→e→f→b→c→g 将玻璃塞上的凹槽对准分液漏斗口处的小孔

(2) 关闭止水夹 a, 打开分液漏斗玻璃塞 (或凹槽与小孔对齐) 和旋塞, 若观察到分液漏斗中液体不能滴入锥形瓶中, 则说明气密性良好

(3) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$

(4) ①0.84 ②蒸发浓缩 冷却结晶

(5) 偏高

突破点 ▶ 侯氏制碱法的原理分析、制备实验, 涉及钠及其化合物的性质、分离提纯方法的选择

【解析】(1) 制备 NaHCO₃ 需先用装置 A 制备 CO₂, 然后通入饱和 NaHCO₃ 溶液中除去 HCl, 由 b 口通入饱和氨盐水中发生反应 (雾化装置可以增大反应物的接触面积), 过量的 CO₂ 与挥发出来

关键点

来的 NH₃ 用 NaOH 溶液吸收, 则装置的连接顺序为 a→e→f→b→c→g; 为使 A 中分液漏斗内的稀盐酸顺利滴下, 可将分液漏斗的玻璃塞打开或将玻璃塞上的凹槽对准分液漏斗口处的小孔。

(2) 检验 A 装置气密性的方法是关闭止水夹 a, 打开分液漏斗的玻璃塞和旋塞, 若观察到分液漏斗中的液体不能滴入锥形瓶中, 则说明气密性良好。

(3) 生成 NaHCO₃ 的总反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$ 。

(4) ①NaHCO₃ 受热分解的化学方程式为 $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 产生的气体干燥后与足量 Na₂O₂ 反应的化学方程式为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, 即每 1 mol CO₂ 参加反应, 固体质量增重 28 g, 当 Na₂O₂ 增重 0.14 g 时, NaHCO₃ 分解生成

的 CO_2 的物质的量为 0.005 mol , 即消耗的 NaHCO_3 的物质的量为 0.01 mol , 质量为 $0.01 \text{ mol} \times 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.84 \text{ g}$ 。② NH_4Cl 的溶解度随着温度的升高不断增大, NaCl 的溶解度随着温度的升高变化并不明显, 可选用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥的方法进行分离。

(5) 若无水 NaHCO_3 保存不当, 吸收了一定量水分, 用其标定盐酸浓度时, 消耗 NaHCO_3 溶液体积增大, 使标定结果偏高。

7. B 创新点 ▶ 模块融合: 电位滴定法测定苏打样品溶液中小苏打的含量

思路分析

b 点为第一个滴定终点, Na_2CO_3 恰好完全发生反应: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, d 点为第二个滴定终点, NaHCO_3 恰好完全反应: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】 a 点的溶质为 Na_2CO_3 、 NaCl 和 NaHCO_3 , b 点的溶质为 NaCl 和 NaHCO_3 , 相比 b 点, c 点加入更多盐酸, NaHCO_3 减少, c 点溶质为 NaCl 、 H_2CO_3 和 NaHCO_3 , d 点溶质为 NaCl 和碳酸, Na_2CO_3 、 NaHCO_3 属于强碱弱酸盐, 水解促进水的电离, 且 Na_2CO_3 的水解程度大于 NaHCO_3 , H_2CO_3 抑制水电离, 则水的电离程度: $a > b > c > d$, 从 b 到 d 溶液从碱性逐渐变为酸性, 则 b 、 d 之间存在一点溶液呈中性, A 正确; 碳酸钠转化为碳酸氢钠消耗盐酸的体积为 2.9 mL , 根据反应 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{HCl}) = 2.9 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.00029 \text{ mol}$, Na_2CO_3 的摩尔质量为 $106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 其质量 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.00029 \text{ mol} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.03074 \text{ g}$, B 错误; d 点溶质为 NaCl 、 H_2CO_3 , 溶液存在电荷守恒: $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$, C 正确; a 到 b 过程中发生反应: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, 其离子方程式为 $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^-$, D 正确。

第2节 铁及其化合物

刷基础

1. B 考查点 ▶ 铁及铁的化合物性质

【解析】 FeCl_2 可以通过反应 $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeCl}_2$ 制备, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 可以通过反应 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ 制备, A 错误; Fe 可以与水蒸气在高温下反应生成 Fe_3O_4 , 炽热的铁水或钢水注入模具前, 模具必须充分进行干燥处理, B 正确; Fe 与 S 在加热条件下反应生成 FeS , C 错误; FeCl_2 溶液中, Fe^{2+} 、 Cl^-

易错点

均能被酸性高锰酸钾溶液氧化, 从而使其褪色, 因此不能通过加入少量高锰酸钾溶液观察溶液紫红色是否褪去来检验 FeCl_2 溶液是否全部变质, D 错误。

2. D 考查点 ▶ 铁及铁的化合物性质

【解析】 Fe 在纯氧中燃烧生成 Fe_3O_4 , A 错误; 常温下, Fe 与浓硝酸反应能生成致密的氧化物保护膜, B 错误; FeO 晶体中, $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 1 : 1$, 若 $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{O})} < 1$, 说明 O 含量更多, 根据化合物中各元素化合价代数和为 0 判断, 晶体中应该含有比 +2 价更高的 Fe , C 错误; Fe_3O_4 中存在 $[\text{Fe}(\text{III})\text{O}_4]^{5-}$, 证明 Fe^{3+} 与 O^{2-} 的结合能力更强, D 正确。

关键点

3. D 考查点 ▶ 铁及其化合物的价—类二维图分析

信息梳理

根据图中化合价及物质类别判断: a 为 Fe , b 为 FeO , c 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, d 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, e 为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

【解析】 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 在潮湿空气中迅速被氧化成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, A 正确; Fe 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 发生化合反应生成 FeSO_4 , B 正确;

FeO 在空气中加热迅速生成黑色 Fe_3O_4 , C 正确; Fe、FeO、

易错点

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 与稀硫酸反应都生成 FeSO_4 , D 错误。

4. D 考点 ▶ 亚铁盐溶液的配制与保存

【解析】反应开始时打开止水夹 C, 生成的氢气可排出装置内的空气, 防止生成的氢氧化亚铁被氧化, 一段时间后关闭止水夹 C, A 中硫酸亚铁溶液进入 B 中可生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 故 A 正确; FeCl_3 易水解, 配制溶液时为防止 Fe^{3+} 水解而生成氢氧化铁沉淀, 可先将氯化铁晶体溶于较浓的盐酸中, 再加水稀释到所需要的浓度, 故 B 正确; Fe^{3+} 与铁反应可生成 Fe^{2+} , 则向 FeCl_2 溶液中加入少量铁粉是为了防止 Fe^{2+} 被氧化, 故 C 正确; FeCl_3 溶液中滴加 KSCN 溶液, 溶液变红色, 无沉淀生成, 故 D 错误。

5. B 考点 ▶ Fe 与 Cl_2 反应的实验分析

【解析】 NaClO 与浓盐酸反应的离子方程式为 $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, A 正确; Fe 与 Cl_2 反应, 无论 Cl_2 量多量少, 都生成

易错点

FeCl_3 , B 错误; 拉注射器 3, KSCN 溶液变红, 说明棕黄色烟是 FeCl_3 固体小颗粒, C 正确; 当装置内气体增多时, 气球膨胀, 可调节气压, 同时收集过量的 Cl_2 , D 正确。

6. D 考点 ▶ 含铁化合物的制备流程分析

【解析】“溶解”中玻璃棒起搅拌作用, A 错误; “氧化 1”主要发生的反应为 $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, H_2O_2 主要表现氧化性, B 错误; 废料中含少量 CuSO_4 , 溶解、氧化 1、沉铁后, 获得的滤液中含大量 Cu^{2+} , 滤液显蓝色, C 错误; “氧化 2”发生的反应为 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Cl}_2 + 10\text{OH}^- = 2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{Cl}^- + 8\text{H}_2\text{O}$, 该条件下, 氧化剂 Cl_2 的氧化性强于氧化产物 Na_2FeO_4 的氧化性, D 正确。

考点拓展

高铁酸盐中, Fe 显 +6 价。 K_2FeO_4 是一种新型高效水处理剂, +6 价 Fe 具有强氧化性, 可用于杀菌消毒, 生成 Fe^{3+} 后, 水解会产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 还可以起到吸附净水的作用。

刷提分

1. C 考点 ▶ 含铁化合物的转化关系推断

思路分析

A 为红棕色粉末, A 为 Fe_2O_3 ; A 溶于盐酸, 生成的 B 为 FeCl_3 ; B 与铁粉反应, 生成的 D 为 FeCl_2 ; D 与单质甲反应生成 B, 则甲为 Cl_2 ; E 转化成 C 的现象是白色沉淀迅速变为灰绿色, 最后变为红褐色, 则 E 为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、C 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$; B 与丙反应得到红色溶液, 则丙可能为 KSCN。

【解析】 Fe_2O_3 可用作油漆、涂料和橡胶的颜料, A 正确; FeCl_3 与 Cu 反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$, 因此 FeCl_3 溶液可用作覆铜板的腐蚀液, 制作印刷电路板, B 正确; FeCl_2 中, Fe^{2+} 、 Cl^- 均能被酸性高锰酸钾溶液氧化, 从而使其褪色,

易错点

因此不能用酸性高锰酸钾溶液证明 D 的溶液中一定存在 Fe^{2+} , C 错误; 甲为 Cl_2 , 其水溶液具有漂白性, D 正确。

2. C 考点 ▶ 含铁化合物的制备流程分析, Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 的检验

【解析】废铁屑可以使用纯碱溶液洗去表面油污, 如需要洗去表面铁锈可用 NH_4Cl 溶液, A 正确; 加入过量的稀硫酸, 发生的反应为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, B 正确; “氧化”时, 为检验氧化是否完全, 应

易错点

检验溶液中有无 Fe^{2+} , 可使用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 若有蓝色沉淀生成, 则证明氧化不完全, C 错误; Na_3PO_4 溶液的碱性较强, “制备”时若改为向 Na_3PO_4 溶液中滴加 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, 产品中会混有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 降低产品纯度, D 正确。

3. C 考点 ▶ 铁的氧化物作为催化剂的循环机理图分析, Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 的检验

【解析】 Fe_3O_4 在反应 I 中参与反应,在反应 II 中生成,是该循环过程中的催化剂,A 正确;反应 II 中, CO_2 被 FeO 还原为 C ,化学方程式书写无误,B 正确; FeO 和 Fe_3O_4 溶于盐酸,发生的反应分别为 $\text{FeO} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$, Fe_3O_4 产生的 Fe^{2+} 会干扰 FeO 的检验,C 错误;题述循环

易错点

的总反应为 $\text{CO}_2 \xrightarrow[\text{Fe}_3\text{O}_4, \Delta]{\text{太阳能}} \text{C} + \text{O}_2$,从绿色化学角度分析,该循环过程利用了太阳能,降低了环境中的 CO_2 含量,并生成具有高附加值的活性炭,D 正确。

考点拓展

含铁化合物作为催化剂时,可以通过 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 的相互转化实现循环,如 Fe^{3+} 催化 H_2O_2 分解等反应。

4. A 考查点 ▶ 含铁化合物的制备流程分析

【解析】饱和 FeCO_3 溶液中, $K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) = c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) =$

关键点

3×10^{-11} , 则 $c(\text{Fe}^{2+}) \approx c(\text{CO}_3^{2-}) \approx 5.48 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
 $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 4.8 \times 10^{-17}$, $2c(\text{Fe}^{2+}) \approx c(\text{OH}^-)$, 可得 $c(\text{Fe}^{2+}) \approx 2.29 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 即溶解度大小为 $\text{FeCO}_3 > \text{Fe}(\text{OH})_2$, 向 10 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeSO_4 溶液中加入 10 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液,得到 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, A 错误;第一步反应中,可能会生成 CO_2 , 第二步反应中, H_2O_2 会分解生成 O_2 , B 正确;10 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeSO_4 溶液含 Fe^{2+} 的物质的量为 0.01 mol, 氧化过程中 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 转移 0.01 mol 电子, 另外 H_2O_2 分解也会转移电子, 则整个制备过程转移电子的物质的量大于 0.01 mol, C 正确;沉淀表面可能存在 SO_4^{2-} 或 CO_3^{2-} , 可用 BaCl_2 溶液检验沉淀是否洗净, D 正确。

5. C 考查点 ▶ Fe^{3+} 与 I^- 反应的可逆性判断, Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的检验

【解析】 Fe^{3+} 与 I^- 反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$, 根据实验 (i) 中试剂的物质的量可知, 如果该反应为非可逆反应, Fe^{3+} 、 I^- 应都被消耗完全, I_2 不能氧化 Fe^{2+} , 实验 (ii) 中现象说明混合后溶液中仍含有 Fe^{3+} , 实验 (iii) 中现象说明反应生成 I_2 , 综合三组实验现象可知, 相应温度下, Fe^{3+} 和 I^- 反应的反应物和生成物同时存在, 即 Fe^{3+} 与 I^- 的反应为可逆反应, A 正确;实验 (iii) 振荡过程中, I_2 溶于 CCl_4 , 水层 $c(\text{I}_2)$ 减小, Fe^{3+} 与 I^- 的反应向正反应方向进行, B 正确;实验 (ii) 证明 (i) 混合后溶液中仍

易错点

含有 Fe^{3+} , 分别加入氯水和 KSCN 溶液, 溶液变红不能证明实验 (i) 后的溶液中含有 Fe^{2+} , C 错误;实验 (v) 中发生反应 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, $c(\text{Fe}^{3+})$ 减小, 导致 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$ 平衡逆向移动, 溶液红色变浅, D 正确。

知识归纳

用 KSCN 溶液、氯水检验溶液中的 Fe^{2+} 的注意事项

- (1) 只能检验只含 Fe^{2+} 的溶液, 无法检验 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的混合溶液;
- (2) 检验时需先加入 KSCN 溶液, 不变红, 再加入氯水, 溶液出现红色, 不可改变滴加顺序;
- (3) 氯水要适量, 过量的氯水会氧化 KSCN , 导致检验失败。

6. C 考查点 ▶ FeCl_3 水解平衡移动的影响因素

【解析】 FeCl_3 溶液中, Fe^{3+} 会发生水解反应: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, 加热 FeCl_3 溶液至沸腾, 促进 Fe^{3+} 水解平衡正向移动, 形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 使溶液呈红褐色, A 正确。水解产生的 HCl 在溶液中完全电离, 以 H_3O^+ 、 Cl^- 形式存在, B 正确。步骤 ① 中, 用 pH 试纸检验 b 中溶液, 显中性, 证明 HCl 没有挥发, 但此时 a 中溶液已经呈红褐色, 证明 Fe^{3+} 已经发生较强的水解反应, 则根据该组实验现象, 无法证明 HCl 挥发促进了水解平衡正向移动, C 错误。蒸干 FeCl_3 溶液会使其水解平衡正向移动, 形成

关键点

$\text{Fe}(\text{OH})_3$, 无法制备 FeCl_3 固体, D 正确。

7. (1) 分液漏斗 三颈烧瓶

(2) 将 m 插入装有水的烧杯中

(3) 需要用铁粉与稀硫酸生成的 H_2 排尽装置中的空气

(4) $4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 \xrightarrow{\quad} 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$

(5) 生成 CO_2 吸收热量,降低可燃物的温度

(6) $\frac{200-4.28V}{2}$

考查点 ▶ $FeCO_3$ 的制备实验分析,涉及元素化合物性质、滴定计算等

思路分析

$FeCO_3$ 具有还原性,易被氧化,制备过程中,应先打开 K_1 、 K_3 ,关闭 K_2 ,让铁粉与稀硫酸反应生成的 H_2 经 K_3 所在导管排尽装置内的空气,待空气排尽且经过验纯后,将 m 插入装有水的烧杯中进行水封,防止空气中的 O_2 进入装置;关闭 K_1 、 K_3 ,打开 K_2 ,将 A 瓶内生成的 $FeSO_4$ 溶液经

关键点

K_2 所在导管压入 B 中,反应生成 $FeCO_3$ 。

【解析】(1) a 为分液漏斗, b 为三颈烧瓶。

(2) 由思路分析可知,确保 H_2 已经将空气排尽后,应将 m 插入装有水的烧杯中进行水封,防止空气中的 O_2 进入装置。

(3) 反应中,除 Fe 和稀硫酸生成 $FeSO_4$ 制备 $FeCO_3$ 之外,还需制备 H_2 排尽装置中的空气,从而导致消耗的铁粉和稀硫酸用量远高于理论值。

(4) $FeCO_3$ 在潮湿的空气中被氧化成 $Fe(OH)_3$,反应的化学方程式为 $4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 \xrightarrow{\quad} 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$ 。

(5) $FeCO_3$ 在空气中受热会发生反应生成 CO_2 ,降低可燃物表面 O_2 的浓度;同时该反应吸热,可以降低可燃物的温度。

(6) 该过程中发生反应 $Fe(OH)_3 + 3H^+ \xrightarrow{\quad} Fe^{3+} + 3H_2O$ 、 $2Fe^{3+} + 2I^- \xrightarrow{\quad} 2Fe^{2+} + I_2$ 、 $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \xrightarrow{\quad} S_4O_6^{2-} + 2I^-$,则存在关系: $Fe(OH)_3 \sim Fe^{3+} \sim S_2O_3^{2-}$, $n[Fe(OH)_3] = n(S_2O_3^{2-}) =$

关键点

$0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times V \times 10^{-3} L \times \frac{100 \text{ mL}}{25 \text{ mL}} = 4V \times 10^{-4} \text{ mol}$,则样品中 $FeCO_3$

的质量分数为 $\frac{2.0 \text{ g} - 4V \times 10^{-4} \text{ mol} \times 107 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2.0 \text{ g}} \times 100\% =$

$\frac{200-4.28V}{2}\%$ 。

8. C 创新点 ▶ 分析与推测:亚铁离子和铁离子的检验、铁盐和亚铁盐的相互转化

【解析】实验①中, $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液滴加 KSCN 后无红色出现,说明未生成 $Fe(SCN)_3$, A 正确; H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 遇 SCN^- 显红色,过量的 H_2O_2 会氧化 SCN^- ,导致红色褪去, B 正确;由实验②可知, I_2 无法将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , C 错误;由题可知,氧化性: $H_2O_2 > I_2$,实验③中 I_2 将 $K_4[Fe(CN)_6]$ 氧化为 $K_3[Fe(CN)_6]$,则 H_2O_2 也可氧化 $K_4[Fe(CN)_6]$ 中的 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} ,生成 $K_3[Fe(CN)_6]$,同时 H_2O_2 被还原为 H_2O 和 OH^- , D 正确。

第3节 金属材料 金属资源的利用

刷基础

1. A 考查点 ▶ 金属材料与社会生活

【解析】丹霞地貌的红色主要由岩石中含有的 Fe_2O_3 所致, A 错误;陶瓷“窑变釉”的釉色变化涉及氧化还原反应,如 Fe^{3+} 与 Fe^{2+} 的转换, B 正确;青铜器是铜、锡、铅的合金, C 正确;西周晚期的玉柄铁剑(于河南三门峡虢国墓地出土)是我国迄今发现最早的人工冶铁制品, D 正确。

2. D 考查点 ▶ 金属的性质及转化关系

【解析】反应①为固态 Fe 在气态 Cl_2 中燃烧,反应②为固态 Fe 在 $FeCl_3$ 溶液中反应,反应①的产物固态 $FeCl_3$ 无法与固态 Fe 发生

反应②, A 错误; 乳酸亚铁中含有羟基, 也可以被酸性 KMnO_4 溶液氧化, 无法用酸性 KMnO_4 溶液检验 Fe^{2+} , B 错误; 根据方程式的化学计量数之比可知 $2\text{HCl} \sim \text{H}_2$ 、 $2\text{NaOH} \sim 3\text{H}_2$, 则等浓度、等体积的稀盐酸和 NaOH 溶液分别与足量 Al 进行反应, 生成 H_2 的分子数之比为 $1:3$, C 错误; Cu 和浓硫酸在加热条件下反应生成 CuSO_4 、 SO_2 和 H_2O , 实验过程中加热要用到明火, 需防热烫, 需戴护目镜, SO_2 有毒需要注意排风, 离开实验室前要清洗双手, D 正确。

3. B 考查点 ▶ 废铜屑制备碱式碳酸铜的流程分析

【解析】加热温度为 70°C , 应选择水浴加热, A 正确; “酸浸”时, Cu 与稀硝酸反应生成 NO , NO 不能用 NaOH 溶液吸收, B 错误; 向含硝酸铜、硝酸的溶液中加入 Na_2CO_3 溶液、 NaOH 溶液, 调节 $\text{pH}=8.5$, 所得滤液的主要溶质为 NaNO_3 , C 正确; 若向滤液中加入 BaCl_2 溶液, 产生白色沉淀, 再加入稀盐酸, 白色沉淀全部溶解, 产生无色无臭气体, 则可证明滤液中含 CO_3^{2-} , 反之则不含, D 正确。

4. D 考查点 ▶ 海水提镁工艺流程分析

【解析】海水提镁选择的沉淀剂为石灰乳, 石灰乳的主要成分为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 书写离子方程式时不能拆分成离子形式, A 错误; 为抑制 MgCl_2 水解, 制备无水 MgCl_2 需要在干燥的 HCl 气流中进行, B 错误; AlCl_3 是共价化合物, 在熔融状态下不导电, 应电解熔融 Al_2O_3 制备 Al 单质, C 错误; 镁合金密度小、硬度和强度大, 可以用于制作火箭、导弹、飞机的部件, D 正确。

5. B 考查点 ▶ 以铝土矿为原料制备 NaAlH_4 的工艺流程分析

思路分析

铝土矿的主要成分为 Al_2O_3 , 含 SiO_2 和 Fe_2O_3 等杂质, 加入过量 NaOH 溶液溶解后, Al_2O_3 、 SiO_2 转化为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 、硅酸钠沉淀, 硅酸钠沉淀、 Fe_2O_3 被过滤分离; 加入 NaHCO_3 溶液, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$; 生成的 Na_2CO_3 溶液经电解, 转化为 NaOH 、 NaHCO_3 循环使用; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 经灼烧转化为 Al_2O_3 , Al_2O_3 经电解转化为 Al , Al 与 Cl_2 反应生成 AlCl_3 , AlCl_3 与 NaH 反应转化为 NaAlH_4 。

【解析】对铝土矿进行粉碎处理, 可以增大反应物接触面积, 提高“碱溶”效率, A 正确; “反应 I”为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, 泡沫灭火器的原理为 Al^{3+} 与 HCO_3^- 相互促进的水解, 二者原理不同, B 错误; 电解 Na_2CO_3 溶液时阳极的电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- + 4\text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{HCO}_3^-$, C 正确; “反应 III”的化学方程式为 $4\text{NaH} + \text{AlCl}_3 \rightleftharpoons \text{NaAlH}_4 + 3\text{NaCl}$, D 正确。

易错警示

Al^{3+} 与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 发生的反应均为相互促进的水解反应, 产物为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 CO_2 ; $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 与 CO_3^{2-} 可共存, 与 HCO_3^- 发生反应的原理为强酸制弱酸, 产物为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 CO_3^{2-} 和 H_2O 。

刷提分

1. C 考查点 ▶ 古代鎏金工艺中的化学原理分析

【解析】水银能溶解 Ag 、 Au 是因为水银能与 Ag 、 Au 形成汞齐, A 正确; 鎏金后, 器皿表面的 Au 能起到隔绝空气的作用, 达到保护内部金属的目的, B 正确; 鎏金工艺中, 加热后, Hg 变为蒸气挥发, 无冷凝操作, 不属于蒸馏原理, C 错误; 鎏金铜器局部镀层破损后, 形成 $\text{Cu}-\text{Au}$ 原电池, Cu 作负极, 加速了 Cu 的腐蚀, D 正确。

2. D 考查点 ▶ 工业制 Mg 原理分析

【解析】采用皮江法制镁时, 需要高温的条件, 能耗高, 第一步反

应产生 CO_2 , 不利于促进“碳中和”, A 正确; 根据皮江法制镁的化学方程式可得关系式 $\text{Mg} \sim \text{CaO} \cdot \text{MgO} \sim 2\text{CO}_2$, 若制得 2.4 t (10^5 mol) 金属镁, 则排放的 CO_2 为 $2 \times 10^5 \text{ mol}$ (8.8 t), B 正确; 虽然 Al 的金属性弱于 Mg, 但 Mg 的沸点低于 Al, 用 Al 代替 Si 还

易错点

原 $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$, 反应过程中, Mg 蒸气脱离反应体系, 使反应正向进行, 故可以用 Al 代替 Si 还原 $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$, C 正确; 应在 HCl 氛围中加热 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 制取无水 MgCl_2 , D 错误。

3. D 考查点 ▶ 以铝土矿制备聚合氯化铝和铝的流程分析

思路分析

铝土矿的主要成分为 Al_2O_3 , 还含有少量 Fe_2O_3 和 SiO_2 , 加入 NaOH 溶液后, Fe_2O_3 、难溶的铝硅酸盐等以滤渣 a 的形式分离出体系, 部分 Al_2O_3 转化为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$; 向滤液 a 中通入少量 CO_2 , 使 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀; 将沉淀洗涤后分为三份, 第一份加盐酸得到 AlCl_3 溶液, 与第二份沉淀混合后反应生成聚合氯化铝; 第三份沉淀灼烧后生成 Al_2O_3 , 加冰晶石后电解获得 Al。

【解析】 Al_2O_3 不能溶于弱碱, 不能将 NaOH 溶液更换为氨水, A 错误; 沉淀时若通入过量 CO_2 , 会析出溶解度较小的 NaHCO_3 ,

易错点

导致产物中杂质增多, B 错误; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 与盐酸反应生成的 AlCl_3 是共价化合物, 电解 AlCl_3 无法得到 Al, 操作 X 应为灼烧、电解, C 错误; $[\text{Al}_2(\text{OH})_a\text{Cl}_b]_m$ 中 a、b 可通过控制 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 AlCl_3 的投料比来控制, D 正确。

4. C 考查点 ▶ 铜阳极泥中的贵金属回收流程分析

【解析】“浸取 1”中发生的反应为 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, 氧化剂为 H_2O_2 而不是 H_2SO_4 , A 错误; “浸取 2”中如果加

易错点

入过量盐酸, 会使 $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons [\text{AgCl}_2]^-(\text{aq})$ 平衡正向移动, 导致 AgCl 溶解, 降低产率, B 错误; “还原”过程中, HAuCl_4 被还原为 Au, Au 从 +3 价降低到 0 价, N_2H_4 被氧化为 N_2 , N 从 -2 价升高到 0 价, 则被氧化的 N_2H_4 与产物 Au 的物质的量之比为 3:4, C 正确; “真金不怕火炼”说明金的化学性质不活泼, 即使在高温时也不与 O_2 反应, D 错误。

5. D 考查点 ▶ 混合物成分分析

思路分析

混合物 M 中可能含有 Al、Fe、Cu、 Fe_2O_3 , 加入 NaOH 溶液后, 固体质量变少, 证明混合物 M 中一定含有 Al, 则溶液 N 的主要成分为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和过量的 NaOH; 向固体 N 中加入过量盐酸, 有蓝绿色溶液和固体 W 生成, 则固体 W 一定为 Cu, 蓝绿色溶液中一定含 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 。

【解析】由思路分析可知, 混合物 M 中一定含有 Al, 固体 W 为 Cu 单质, A 正确; 蓝绿色溶液中一定含有的金属阳离子为 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} , B 正确; 步骤 I 发生反应的离子方程式为 $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} = 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\text{H}_2 \uparrow$, C 正确; 溶液 N 的主要成分为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和过量的 NaOH, 通入过量的 CO_2 , $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 一定有白色沉淀生成, D 错误。

6. (1) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 过量且 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a[\text{Al}(\text{OH})_3]$

(2) 搅拌、适当升温、适当增大盐酸的浓度等 (写出两种即可)

(3) ①增大 $c(\text{H}^+)$, 抑制 AlCl_3 的水解; 增大 $c(\text{Cl}^-)$, 促进 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的析出 ②饱和 AlCl_3 溶液

(4) 取最后一次洗涤后滤液少许, 滴入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液无沉淀产生; 向沉淀中加入 H_2SO_4 溶液至沉淀全部溶解, 加入含等物质的量 K_2SO_4 的溶液, (水浴 80°C) 蒸发浓缩, 冷却至室温结晶

考查点 ▶ $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、明矾的制备实验分析

思路分析

铝箔经碱溶后, 转化为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, 向 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液中通入 CO_2 后生成的胶状固体为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 酸溶后的溶液 A 为 AlCl_3 溶液。

【解析】(1) 已知 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a[\text{Al}(\text{OH})_3]$, 即结合 H^+ 难易程度: $\text{HCO}_3^- < \text{CO}_3^{2-} < [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 。向 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液中通入少量 CO_2 , 可依次发生反应:

$$\text{H}_2\text{CO}_3 + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \xrightarrow{\text{H}^+} \text{HCO}_3^- + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CO}_3^{2-} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$$

, 即滤液中的溶质主要为 Na_2CO_3 。

(2) 搅拌、适当升温、适当增大盐酸的浓度等方法均可加快“酸溶”的反应速率。

(3) ①由 AlCl_3 溶液制备 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 过程中通入 HCl 有两个作用: 增大 $c(\text{H}^+)$, 抑制 Al^{3+} 的水解, 减少 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的生成; 增大 $c(\text{Cl}^-)$, 减小 AlCl_3 的溶解度, 促进 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的析出。②为了减少溶解损失, 可以用饱和 AlCl_3 溶液洗涤晶体。

(4) 胶状固体为 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 其表面可能有 Na_2CO_3 残留, 洗涤后, 需取最后一次洗涤后滤液少许, 滴入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 检验是否有 CO_3^{2-} 残留; 无沉淀生成后, 加入 H_2SO_4 溶液溶解固体, 根据明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 的组成可知, 向生成的 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中加入与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 物质的量相等的 K_2SO_4 得到明矾溶液, 结合明矾溶解度随温度升高而升高且高于 60°C 时显著升高的特点, (水浴 80°C) 蒸发浓缩, 冷却至室温结晶。

7.A 创新点 变价金属元素化合物催化 H_2O_2 分解机理探究

思路分析

步骤①: 向 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CoSO}_4$ 溶液中滴加过量 30% H_2O_2 溶液, 无明显现象——证明 CoSO_4 不与 H_2O_2 溶液发生反应且 Co^{2+} 不能作 H_2O_2 分解的催化剂;

步骤②: 向含有过量 NaHCO_3 的溶液中滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CoSO}_4$ 溶液, 溶液变为红色, 有气泡冒出——证明反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$, 反应的离子方程式为 $\text{Co}^{2+} + 4\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-} + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

步骤③: 把步骤①溶液倒入含有大量 NaHCO_3 的溶液中, 溶液变为墨绿色, 并产生大量能使带火星木条复燃的气体——证明反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$, 配平该反应得到 $2\text{Co}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 14\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons 2[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-} + 2\text{CO}_3^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \uparrow$, 同时, 反应中生成 O_2 , 即 H_2O_2 在 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 催化作用下发生反

关键点

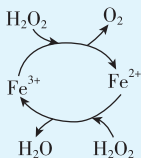
$$\text{应: } 2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow;$$

步骤④: 向步骤③完全反应后的溶液中加入足量稀硫酸, 溶液先变为蓝色, 一段时间后溶液变为粉红色, 变色过程中始终有气体生成——证明反应中先生成 Co^{3+} , 后转化成 Co^{2+} , 分别发生反应: $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 、 $4\text{Co}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Co}^{2+} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ 。

【解析】步骤②中生成 CO_2 , 步骤④中生成 CO_2 和 O_2 , A 错误。步骤③中分别发生反应: $2\text{Co}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 14\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons 2[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-} + 2\text{CO}_3^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \uparrow$ 、 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$, B 正确。对比步骤①, 可知步骤③中生成的 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 对 H_2O_2 分解产生催化作用, C 正确。步骤④中 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 与稀硫酸反应先转化为蓝色的 $\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3$, 再被还原为粉红色的 CoSO_4 , 说明 $\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液在酸性条件下不稳定, D 正确。

考点拓展

变价金属通常可用作催化剂,通常机理中包括升、降价过程,如 Fe^{3+} 催化 H_2O_2 分解的机理可以如图表示。



全章真题训练

刷真题

刷小题

1. **B 命题点** 铁与水蒸气反应的实验,涉及实验原理、实验操作、氢气的检验等

【解析】Fe 与水蒸气在高温条件下反应生成四氧化三铁和氢气, A 正确;该反应是在高温条件下进行,所以铁粉与水蒸气反应需要的温度比湿棉花处产生水蒸气需要的温度更高,则酒精灯应在铁粉处加热,利用余热使湿棉花处的水汽化,若将酒精灯移至

关键点

湿棉花下,会导致水蒸气生成速率过快,水蒸气逸出过程中遇冷凝结为水,无法与冷的铁粉反应, B 错误;采用肥皂泡收集氢气,再点燃肥皂泡检验氢气的方法相对较安全,前期 H_2 不够纯净会产生爆鸣声, H_2 纯净之后再点燃会有燃烧现象, C 正确;该反应所需温度较高,需要用硬质玻璃试管,其中 SiO_2 的含量较高,具有良好的热稳定性,软化温度高,受热不易发生破裂, D 正确。

2. **C 命题点** 微工艺流程分析,涉及金属元素化合物的性质与应用、 K_{sp} 的应用等

思路分析

原料:高锰钴矿(含 MnO_2 、 Co_3O_4 和少量 Fe_2O_3)

目标:提取 Mn、Co、Fe 元素

浸出:稻草(含大量纤维素)在稀硫酸的催化作用下发生水解生成葡萄糖,葡萄糖作还原剂,在酸性条件下,将高价金属元素还原(具体哪种元素被还原,可由后续流程分析)。

沉铁:向“浸出”后所得滤液中加入 Na_2CO_3 , Fe 元素转化为 FeOOH ,实现 Fe 元素的分离, FeOOH 与 Fe_2O_3 中 Fe 元素均为 +3 价,说明“浸出”过程中 Fe 元素未被还原。

沉钴:向“沉铁”后所得滤液中加入 Na_2S , Co 元素转化为 CoS ,实现 Co 元素与 Mn 元素的分离,此时 Mn、Co 元素均为 +2 价, MnO_2 中 Mn 元素为 +4 价, Co_3O_4 中 Co 元素平均化合价为 $+\frac{8}{3}$ 价,可知“浸出”过程中 Mn、Co 元素均被还原。

【解析】 H_2SO_4 催化纤维素的水解,又能使金属氧化物溶解,既作催化剂又作浸取剂, A 正确;稻草来源于农业生产,是可再生能源, B 正确;由思路分析可知,“浸出”后 Fe 元素以 Fe^{3+} 形式存在,未被还原, C 错误;加入 Na_2S ,生成 CoS 沉淀,则 CoS 在溶液

关键点

中存在沉淀溶解平衡,说明“沉钴”后上层清液为 CoS 饱和溶液,则 $c(\text{Co}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = K_{sp}(\text{CoS}) = 10^{-20.4}$, D 正确。

3. **C 命题点** 简单工艺流程分析,涉及电离平衡与水解平衡等

【解析】 H_3PO_4 属于中强酸,能与较活泼金属单质发生反应,因此“中和”工序若在铁质容器中进行,应先加入 Na_2CO_3 溶液,再少量多次加入 H_3PO_4 溶液,避免铁与 H_3PO_4 溶液发生反应, A 正确;“中和”工序中可能得到多种酸式盐,为了使溶液中的溶质主要是 Na_2HPO_4 ,可在溶液 pH 偏小和偏大时分别用 NaOH 和 H_3PO_4 调节溶液 pH,同时避免引入其他杂质, B 正确;“结晶”工序中溶液的主要溶质是 Na_2HPO_4 ,存在 HPO_4^{2-} 的电离和水解平衡, HPO_4^{2-} 的水解平衡常数

$$K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HPO}_4^{2-})} = \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HPO}_4^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_{a2}} =$$

$\frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.2 \times 10^{-8}} > K_{a3}$, 则 HPO_4^{2-} 的水解程度大于其电离程度, 此时溶液显碱性, C 错误; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 易风化, 为避免其在较高温度下失去结晶水, “干燥” 工序需在低温下进行, D 正确。

快解

由 $K_{a2} < 1.0 \times 10^{-7}$ 即可知 Na_2HPO_4 溶液呈碱性。

4. C 命题点 ▶ 工艺流程分析, 涉及金属元素化合物的性质、 K_{sp} 计算、离子方程式判断等

【解析】 Mn_3O_4 中锰的化合价较高, 可以和 Cl^- 在酸性溶液中发生氧化还原反应生成 Mn^{2+} 和氯气, A 正确; 酸浸后溶液中主要含 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} , 当调节溶液 pH 为 5~6 时, 若金属阳离子的浓度小于等于 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 则说明离子完全沉淀进入滤渣, 已知 $K_{sp}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 10^{-5.3}$ 、 $K_{sp}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 10^{-12.7}$ 、 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 10^{-38.6}$ 、 $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 10^{-32.9}$ 、 $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 10^{-11.3}$, 计算可得此时溶液中 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 浓度均小于 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 正确; 对于同类型的难溶电解质, K_{sp} 越小, 相同条件下越易沉淀,

关键点

根据 $K_{sp}(\text{MgF}_2) < K_{sp}(\text{CaF}_2)$ 可知, 当 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 浓度接近时加入 NaF 溶液, Mg^{2+} 先沉淀, MgF_2 先析出, C 错误; 根据沉淀步骤中加入的 NH_4HCO_3 溶液和生成的 MnCO_3 , 可推测出主要反应物和生成物, 已知有气体产生, 结合除杂步骤中调 pH 为 5~6, 为酸性环境, 可推测有 CO_2 生成, D 正确。

5. CD 命题点 ▶ 制备 Cu_2O 的工艺路线分析

【解析】 反应 I 是 Cu 与浓 H_2SO_4 反应生成 SO_2 和 CuSO_4 , Cu 和 S 的化合价发生变化, 属于氧化还原反应, 反应 II 所得溶液 pH 在 3~4 之间, 则 $c(\text{H}^+)$ 在 $10^{-4} \sim 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间, 结合亚硫酸

$K_{a2} = 6.3 \times 10^{-8}$ 可得, $\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)} = \frac{K_{a2}}{c(\text{H}^+)}$, 在 $6.3 \times 10^{-5} \sim 6.3 \times 10^{-4}$

之间, 故反应 II 所得溶液中溶质以 NaHSO_3 为主, 即反应 II 是 SO_2 与 Na_2CO_3 反应生成 CO_2 和 NaHSO_3 , 元素化合价没有发生变化, 属于非氧化还原反应, 反应 III 中 Cu^{2+} 转化为 Cu_2O (Cu 为 +1 价), 化合价发生变化, 属于氧化还原反应, A 错误; 由 H_2SO_3 的

$K_{a2} = 6.3 \times 10^{-8}$ 可知, 当 pH = 11 时, $\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)} = \frac{K_{a2}}{c(\text{H}^+)} = \frac{6.3 \times 10^{-8}}{10^{-11}} =$

6.3×10^3 , 溶液中溶质主要为 Na_2SO_3 , Na_2SO_3 极易被空气中的氧气氧化, 低温真空蒸发可防止 Na_2SO_3 被氧化, 同时可降低蒸发温度, 减少能耗, B 错误; 溶液 Y 的溶质主要为 Na_2SO_3 , Na_2SO_3 可以吸收 SO_2 (气体 I), 故 Na_2SO_3 溶液可返回反应 II 所在操作单元循环利用, 降低生产成本, C 正确; 结合 C 项分析知, 化合物 X 为 Na_2SO_3 , Na_2SO_3 水解使溶液显碱性, 在 Cu_2O 产量不变时,

$\frac{n(\text{X})}{n(\text{CuSO}_4)}$ 增大, 即 $n(\text{CuSO}_4)$ 不变时, 参与反应 III 的 Na_2SO_3 增多,

可使溶液酸性减弱, pH 增大, 需补加 NaOH 的量减少, D 正确。

刷大题

6. (1) 烧杯、玻璃棒

(2) 增大接触面积, 加快反应速率, 使反应更充分

(3) 简化操作步骤; 无氨气参与反应, 更加环保 (合理即可)

(4) i. a ii. <

(5) i. CO_2 在水中的溶解度较小, 通入的 CO_2 没有完全转化
ii. 80%

命题点 ▶ 物质的制备及性质探究实验, 涉及仪器使用、滴定分析、质量分数计算、实验现象分析等

【解析】 (1) 取适量蒸馏水于烧杯中, 加入食盐, 用玻璃棒搅拌加速溶解, 不断加入食盐, 直至杯底有少量白色晶体不再溶解即得饱和食盐水, 涉及仪器有烧杯、玻璃棒。

易错点

(2) NH_4HCO_3 研细后增大了与溶液的接触面积, 可以加快反应速率, 使反应更充分。

(3) 用“单一固体”替代“两种气体”，降低操作复杂程度；氨气为有毒气体，无氨气参与反应，更加环保。

(4) i. 滴定过程中出现 2 个滴定终点，则样品中含 Na_2CO_3 ， CO_3^{2-} 与 H^+ 反应分两步进行：① CO_3^{2-} 先结合 H^+ 转化为 HCO_3^- ，关系式为 $\text{CO}_3^{2-} \sim \text{H}^+ \sim \text{HCO}_3^-$ ；② 生成的 HCO_3^- 再与 H^+ 反应转化为 CO_2 和 H_2O ，关系式为 $\text{HCO}_3^- \sim \text{H}^+ \sim (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ 。 $V_1 = V_2$ ，说明第②步消耗的 HCO_3^- 均为第①步生成的，即所得产品成分为 Na_2CO_3 。 ii. 若摇动不均匀，致使局部盐酸浓度过高，该区域的 Na_2CO_3 会快速完成第一步反应，甚至可能进一步与过量 HCl 反应生成 CO_2 ，此时局部 pH 因生成 CO_2 （溶解形成 H_2CO_3 ）或过量 HCl 而偏小（从而认为已达到滴定终点），所以记录的盐酸体积会偏小。

(5) i. CO_2 在水中的溶解度较小，通入的 CO_2 来不及反应完全即从溶液中逸出，导致生成的 NaHCO_3 较少，溶于水中，不产生白色沉淀。 ii. 固体加热产生的气体 H_2O 、 CO_2 分别被无水 CaCl_2 和 NaOH 溶液吸收。 NaOH 溶液增重 0.088 g，那么 $n(\text{CO}_2) = \frac{0.088 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.002 \text{ mol}$ ，根据关系式 $2\text{NaHCO}_3 \sim \text{CO}_2$ 可得， $n(\text{NaHCO}_3) = 0.004 \text{ mol}$ ， $m(\text{NaHCO}_3) = 0.004 \text{ mol} \times 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.336 \text{ g}$ ，则白色晶体中 NaHCO_3 的质量分数 $= \frac{0.336 \text{ g}}{0.42 \text{ g}} \times 100\% = 80\%$ 。

7. (1) $3d^5 4s^1$

(2) $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 7\text{O}_2 + 16\text{KOH} \xrightarrow{400 \sim 500^\circ\text{C}} 8\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$ (3) MgO $\text{Al}(\text{OH})_3$

(4) 增大 CO_2 的溶解度，保证酸化反应充分进行 (5) KHCO_3

(6) $\text{Fe}(\text{CO})_5 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 2\text{KOH} + 5\text{CO} \uparrow$ (7) 煅烧

命题点 ▶ 以铬铁矿为原料制取 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的化学工艺流程，涉及价层电子排布式、化学方程式书写、操作原因等

思路分析

原料：铬铁矿 $[\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2, \text{Mg}(\text{CrO}_2)_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2]$

目标产物： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

除杂元素： Fe 、 Mg 、 Al 、 Si

煅烧：在 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 下， $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{CrO}_2)_2$ 与 KOH 和 O_2 反应转化为 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2CrO_4 ， Al_2O_3 、 SiO_2 分别与过量的 KOH 反应，转化为 KAlO_2 、 K_2SiO_3 ；

浸取： KAlO_2 、 K_2SiO_3 与 CO_2 反应，分别转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 H_2SiO_3 沉淀， Fe_2O_3 、 MgO 与 KHCO_3 — $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 、 CO_2 均不反应，则滤渣 I 的主要成分为 Fe_2O_3 、 H_2SiO_3 、 MgO 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ；

..... 第(3)问

蒸发、分离：通过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤，分离出 K_2CrO_4 固体，滤液 I 中含有 K_2CrO_4 ；

酸化：向 K_2CrO_4 中加水溶解，并通入过量 CO_2 提供酸性环境，将 K_2CrO_4 转化为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，同时有副产物 KHCO_3 生成；

分离：将 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 与 KHCO_3 分离，滤液 II 的主要溶质为 KHCO_3 ；..... 第(5)问

还原、分离： $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 作还原剂，将滤液 I 中剩余的 K_2CrO_4 还原为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，自身转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，同时生成 CO 和 KOH ，其中 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 进入滤渣 II， KOH 进一步处理得到 K_2CO_3 。

【解析】(1) 铬是 24 号元素，其基态原子的核外电子排布符合洪特规则特例，价层电子排布式为 $3d^5 4s^1$ 。

(2) 煅烧时 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 与过量 KOH 、空气中的 O_2 （作氧化剂）发生反应生成 K_2CrO_4 、 Fe_2O_3 和 H_2O ，根据得失电子守恒、原子守

恒,即可写出该反应的化学方程式。

(4) 通入过量 CO_2 的目的是提供酸性环境,使 K_2CrO_4 转化为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,加压的目的是增大 CO_2 的溶解度,使更多的 CO_2 溶解在溶液中,从而保证酸化反应充分进行,提高酸化反应速率和 K_2CrO_4 的转化率。

(6) 由思路分析可知,该工序中反应物有 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 、 K_2CrO_4 、 H_2O ,产物有 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 CO 、 KOH 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,根据得失电子守恒、原子守恒,即可写出该反应的化学方程式。

(7) 滤渣Ⅱ主要成分是 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,可返回煅烧工序,节约原料、实现绿色化学。

关键点拨

在书写陌生氧化还原方程式时,要抓住化合价变化的元素进行分析,本题中还原、分离工序发生反应的化学方程式中出现了金属羰基配合物 $\text{Fe}(\text{CO})_5$, CO 为中性配体,整体化合价为 0,从而得出 Fe 的化合价也为 0,即反应中 Fe 的化合价发生变化。