

第四章 非金属及其化合物

第1节 氯及其化合物

刷基础

1. B 考查点 含氯物质的转化

【解析】 H_2CO_3 酸性强于 HClO , CO_2 通入漂白粉溶液中可制备 HClO , 但 HClO 见光分解为 HCl 和 O_2 , A 错误; 电解 NaCl 溶液时

易错点

阳极处 Cl^- 放电得到 Cl_2 , 铁在 Cl_2 中燃烧生成 FeCl_3 , B 正确; MgCl_2 溶液加热易水解产生 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, 得不到无水 MgCl_2 , C 错误; 氯化钠溶液不能和二氧化碳反应, D 错误。

2. A 考查点 卤素性质

【解析】卤素单质中, 除 F_2 与水反应产生 HF 和 O_2 外, 其余卤素单质与水反应产生氢卤酸和次卤酸, 故可根据 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 类推出反应 $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{HBrO}$, A 正确; Cl_2 、 Br_2 的氧化性都较强, 可以将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 但 I_2 的氧化性比较

易错点

弱, 不能氧化 Fe^{2+} , B 错误; S 单质氧化性比较弱, 与变价金属反应只能得到低价态金属硫化物, 所以可根据 $\text{S} + \text{Fe} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$ 类推出 $\text{S} + 2\text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{S}$, C 错误; CO_2 没有还原性, 但 SO_2 有还原性, SO_2 与 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 会发生氧化还原反应生成 CaSO_4 , D 错误。

3. D 考查点 氯气性质

【解析】高锰酸钾和浓盐酸发生氧化还原反应生成氯气, 反应的离子方程式为 $16\text{H}^+ + 10\text{Cl}^- + 2\text{MnO}_4^- \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, A 正确; 氯气将氯化亚铁氧化为氯化铁, Fe^{3+} 遇到 KSCN 溶液显红色, 发生的反应依次为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 、 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, B 正确; 氯气与水反应生成 HCl 和次氯酸, ②处先变红(盐酸的酸性)后褪色(次氯酸的漂白性), C 正确; 氯气和碘化钾溶液反应生成碘单质, 淀粉遇碘单质变蓝, 说明氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{I}_2$, 氯气和溴化钾溶液反应生成溴单质, ④处变橙, 说明氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$, 但不能说明氧化性: $\text{Br}_2 > \text{I}_2$, D 错误。

4. A 考查点 不同价态含氯物质的性质与转化

【解析】由图可知, a 为 HCl 、b 为 Cl_2 、c 为二氧化氯、d 为次氯酸、e 为高氯酸、f 为次氯酸盐、g 为盐酸盐。 MnO_2 与浓盐酸共热可生成 Cl_2 , Cl_2 与水反应生成 HCl 和 HClO , 次氯酸遇光易分解生成

关键点

HCl 和 O_2 , 则氯元素及其化合物存在 $\text{a} \rightarrow \text{b} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{a}$ 的循环转化关系, A 正确; 二氧化氯中氯元素为 +4 价, 氯元素不存在 +4 价的含氧酸, 则二氧化氯不属于酸性氧化物, B 错误; 次氯酸为弱酸, HCl 为强酸, C 错误; 碱性条件下, 氯化钠溶液和次氯酸钠溶液不发生反应, 不会生成有毒的气体, D 错误。

易错警示

在酸性条件下, 氯化钠溶液和次氯酸钠溶液发生反应生成 Cl_2 , 碱性条件下, 氯化钠溶液和次氯酸钠溶液不发生反应。

5. C 考查点 含氯化合物的制备流程

【解析】饱和 NaCl 溶液在无隔膜电解槽 $\text{pH} = 9$ 的条件下电解生成 NaClO_3 和 H_2 , 用 SO_2 还原 NaClO_3 生成 ClO_2 , 用空气稀释 ClO_2 , ClO_2 与氢氧化钠溶液、 H_2O_2 反应生成 NaClO_2 溶液, 经过系列操作后过滤得到 $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。电解饱和氯化钠溶液得到

关键点

氯酸钠溶液, 氯元素化合价升高, 在阳极得到氯酸根离子, A 正确; 纯 ClO_2 易分解爆炸, 一般用稀有气体或空气稀释, 则发生器

关键点

中通入空气的目的是稀释 ClO_2 , 防止爆炸, B 正确; 因为 SO_3^{2-} 会

被 H_2O_2 氧化为 SO_4^{2-} , 且 ClO_2^- 具有强氧化性, SO_3^{2-} 与 ClO_2^- 不能大量共存, 所以过滤后的滤液中不存在大量的 SO_3^{2-} , C 错误; 吸收器内发生反应 ClO_2 转化为 NaClO_2 , Cl 的化合价降低, 作氧化剂, H_2O_2 在反应中作还原剂, 氧化产物为 O_2 , 则反应的离子方程式为 $2\text{OH}^- + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{ClO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, D 正确。

关键点

刷提分

1. D 考查点 ▶ 物质的性质、气体的收集、氧化还原反应

【解析】圆底烧瓶的材质为玻璃, 含有 SiO_2 , HF 能和 SiO_2 反应, 所以①不能选择圆底烧瓶作为反应发生装置, A 错误; HF 为弱酸、HCl 为强酸, B 错误; F_2 可与 H_2O 反应生成 HF 和 O_2 , 所以 F_2 不能用排水法收集, C 错误; ①中发生反应 $10\text{HF} + 2\text{KF} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{K}_2\text{MnF}_6 + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 \uparrow$, 当生成 1 mol O_2 时, 转移电子的物质的量为 $1 \text{ mol} \times 2 \times [0 - (-1)] = 2 \text{ mol}$, 反应③中生成 1 mol F_2 时转移电子的物质的量为 $1 \text{ mol} \times 2 \times [0 - (-1)] = 2 \text{ mol}$, D 正确。

易错警示

HF 能够与 SiO_2 发生反应 $4\text{HF} + \text{SiO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{SiF}_4 \uparrow$, 因此 HF 能够腐蚀玻璃、陶瓷。

2. C 考查点 ▶ 氧化还原反应的规律、多卤化物的性质与转化

【解析】Cs 在该化合物中为 +1 价, I 为 +1 价, Br 为 -1 价, 阴阳离子个数比是 1 : 1, A 正确; 苯与 IBr 在催化剂作用下发生亲电取代反应, 可生成碘苯和 HBr, B 正确; CsIBr_2 中 I 的化合价为 +1、Br 显 -1 价, I 的电负性小于 Br, 因此, I 很难得到电子变为 -1 价, 离子晶体中离子所带电荷数越多, 半径越小, 离子键越强, 离子

关键点

晶体的晶格能越大 (离子晶体越稳定), CsIBr_2 受热分解, 倾向于生成晶格能更大的物质 CsBr , C 错误; IBr 与 KI 反应的化学方程式为 $\text{KI} + \text{IBr} = \text{KBr} + \text{I}_2$, 淀粉遇碘单质会变蓝色, D 正确。

关键点

晶体的晶格能越大 (离子晶体越稳定), CsIBr_2 受热分解, 倾向于生成晶格能更大的物质 CsBr , C 错误; IBr 与 KI 反应的化学方程式为 $\text{KI} + \text{IBr} = \text{KBr} + \text{I}_2$, 淀粉遇碘单质会变蓝色, D 正确。

3. D 考查点 ▶ MnO_2 与浓盐酸反应的实验探究, 物质氧化性、还原性的影响因素

【解析】若将该反应设计成原电池, MnO_2 在正极得电子被还原, 电极反应式书写正确, A 正确; 实验 I 中, 增大了 $c(\text{H}^+)$, 又有 Cl_2 产生, 证明此时 MnO_2 的氧化性增强, 反应继续进行, B 正确; 实验 II 中, 增大了 $c(\text{Cl}^-)$, 又有 Cl_2 产生, 证明此时 Cl^- 的还原性增强, 反应继续进行, C 正确; 还原性: $\text{I}^- > \text{Cl}^-$, 则氧化 Cl^- 时所需

关键点

$c(\text{H}^+)$ 更大, pH 更小, D 错误。

4. AC 考查点 ▶ 含氯化合物的制备及性质

【解析】由电解过程中 Cl 元素被氧化, 可知 NCl_3 中 Cl 为 +1 价, N 为 -3 价, 故阳极反应为 $3\text{Cl}^- - 6\text{e}^- + \text{NH}_4^+ = \text{NCl}_3 + 4\text{H}^+$, A 正确; 三氯化氮受振动时发生猛烈爆炸, “反应”过程中若快速搅拌反应混合液会发生爆炸, B 错误; “反应”过程中的还原产物为 NaCl , 易溶于水, 存在于溶液 X 中, C 正确; ClO_2 极易溶于水, 且

关键点

具有强氧化性, 与稀盐酸会发生氧化还原反应生成 Cl_2 , D 错误。

5. A 考查点 ▶ 卤族元素单质及其化合物的性质与转化

【解析】向碘的四氯化碳溶液中加入等体积浓碘化钾溶液, 振荡, 静置, 液体分层, 下层由紫红色变为浅紫色 (说明碘的溶解量减少), 上层呈棕黄色 (I_2 与 I^- 反应生成 I_3^-), 证明碘在浓碘化钾溶液中的溶解能力大于在四氯化碳中的溶解能力, A 正确; 次氯酸钠溶液具有强氧化性, 能使有机色质褪色, 无法用 pH 试

关键点

纸测定次氯酸钠溶液的 pH, B 错误; 向硝酸银溶液中加入氯化钾溶液时, 硝酸银溶液过量, 再加入碘化钾溶液时, 只存在沉淀的

关键点

生成, 不存在沉淀的转化, 无法比较氯化银和碘化银的溶解度大

小,C 错误;新制氯水中的 Cl_2 和次氯酸都具有强氧化性,都能将 I^- 氧化为 I_2 ,使淀粉变蓝色,则溶液变蓝色不能说明溶液中存在 Cl_2 分子,无法证明 Cl_2 与水的反应存在限度,D 错误。

6. AB 考查点 ▶ 含氯化合物的制备及性质

思路分析

由实验目的可知,整个流程是先使 Cl_2 与含水碳酸钠反应生成 Cl_2O ,除去 Cl_2 后再利用 Cl_2O 与蒸馏水反应生成 HClO , HClO 与甲酸反应体现 HClO 的氧化性。利用 Cl_2O 与水反应生成 HClO 可以有效防止 Cl_2 的干扰。

【解析】装置甲中发生氧化还原反应: $2\text{Cl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2\text{O} + 2\text{NaHCO}_3 + 2\text{NaCl}$,每生成 8.4 g (即 0.1 mol) 碳酸氢钠则生成 0.05 mol 的 Cl_2O ,选项未说明气体所处状况,因此无法计算 Cl_2O 的体积,A 错误;装置乙的作用是吸收多余的 Cl_2 ,防止干扰

关键点

后续 HClO 氧化性的验证,饱和食盐水不能除去多余 Cl_2 可使用非极性的有机溶剂如 CS_2 进行 Cl_2 的吸收,B 错误;打开 K_2 ,关闭 K_1 ,可以利用压强差将装置丙中的液体压入装置丁中,使生成的 HClO 与甲酸反应,C 正确;装置丁中发生反应 $\text{HClO} + \text{HCOOH} = \text{HCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,溶液酸性显著增强,可证明次氯酸的氧化性,D 正确。

7. D 突破点 ▶ 碘酸钾晶体制备的工艺分析

思路分析

KClO_3 溶液和 I_2 经“酸化氧化”后,溶液中主要含有 K^+ 、 H^+ 、 IO_3^- 、 Cl^- 及少量氯气。采用加热的方法“逐氯”后,经结晶、过滤可得 $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 晶体,将晶体用热水溶解,加试剂 X 调节 pH,为不引入杂质离子,选用 KOH 固体,反应生成 KIO_3 ,降温结晶得到 KIO_3 晶体。

【解析】 KClO_3 具有氧化性,浓盐酸具有还原性,二者反应会产生氯气,因此“酸化氧化”步骤中不宜选用浓盐酸酸化,A 正确;去除溶液中的 Cl_2 可采用加热或通入热空气的方法,利用气体的溶解度一般随温度升高而降低的原理,B 正确;试剂 X 应选用碱,为不引入杂质离子,选用 KOH 固体最佳,C 正确; KIO_3 溶解度随温度升高而增大,从滤液获得 KIO_3 晶体采用蒸发浓缩、降温结晶、过滤、洗涤、干燥的方法,加热蒸发溶液用蒸发皿不用坩埚,D 错误。

易错点

8. (1) 浓盐酸 控制反应速率,降低反应的剧烈程度(或避免浓硫酸局部吸水放热集中,使热量均匀分散,防止暴沸)

(2) ②或①③ 防止反应 $\text{HSO}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ 的发生

(3) 升高温度,使沸点低的氯磺酸迅速汽化而与发烟硫酸分离

(4) 0.001

(5) 加入过量 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,充分反应后过滤,向滤液中加入足量 AgNO_3 溶液,过滤、洗涤、干燥、称量,测量所得 AgCl 沉淀的质量为 n g

考查点 ▶ 物质的制备、实验方案设计、物质含量的测定

思路分析

在装置 A 中浓盐酸与浓硫酸混合反应制备少量的 HCl ,装置 B 中的浓硫酸,可以起到干燥 HCl 的作用;装置 C 中 HCl 与发烟硫酸提供的 SO_3 反应制备氯磺酸,反应为 $\text{HCl} + \text{SO}_3 = \text{HSO}_3\text{Cl}$ (1)。为防止氯磺酸与湿空气接触,导致氯磺酸潮解变质,同时吸收未反应的酸性气体 HCl 或 SO_3 ,装置 F 中可以盛有干燥剂碱石灰,或者先通过盛有浓硫酸的装置,再通入盛有 NaOH 溶液的洗气瓶。由题干可知: Fe-phen 在 510 nm 处的吸光度 A 与溶液中 Fe^{2+} 浓度呈线性关系,分析表中数据可得出关系式: $A = 250c(\text{Fe}^{2+})$ 。

【解析】(1) 装置 A 用于制取 HCl 气体,用浓盐酸和浓硫酸混合

制取,所以试剂 a 为浓盐酸;浓硫酸吸水会放出大量的热,造成局部热量聚集,导致酸液飞溅,产生的 HCl 气流不稳,采用毛细管,控制浓盐酸缓慢滴加,限制液体流速,同时可以使热量均匀分散,降低溶液暴沸的危险,且使产生的 HCl 气流稳定,使实验能够顺利进行。

关键点

(2) 装置 F 中的试剂需要吸收空气中的水蒸气,防止制取的氯磺酸潮解变质,同时吸收未反应的酸性气体 HCl 或 SO₃,防止大气污染,可以为碱性干燥剂碱石灰(装置②);或者先接装置①,浓硫酸吸水,可以防止空气中的水蒸气进入装置 E 中,再通过装置③吸收酸性气体;若无此装置,氯磺酸会潮解变质,反应的化学方程式为 $\text{HSO}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ 。

(3) 装置 C 中盛有的发烟硫酸是液体物质,其与 HCl 气体反应产生的氯磺酸易溶于硫酸,HSO₃Cl 沸点是 152 °C,加热时能使其汽化变为氯磺酸蒸气,此时发烟硫酸呈液态,从而使物质分离,然后再通过冷凝就可以得到液态的氯磺酸,所以反应进行到一定程度时需要装置 C 加热。

(4) 由题干信息可知:Fe-phen 在 510 nm 处的吸光度 A 与溶液中 Fe²⁺ 浓度呈线性关系,分析表中数据可得出: $A = \frac{0.40 - 0.20}{0.0016 - 0.00080} c(\text{Fe}^{2+}) = 250c(\text{Fe}^{2+})$,故在一定条件下测定溶

液的平均吸光度 A=0.25 时,该产品中 Fe²⁺ 的含量为 $\frac{0.25}{250} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(5) 可以通过测定产物中氯元素的含量来测定样品中 HSO₃Cl 的纯度,这是由于 HSO₃Cl 与水发生反应: $\text{HSO}_3\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$;杂质 SO₃ 也会与水发生反应: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$,

关键点

向反应后的溶液中加入足量 Ba(NO₃)₂ 溶液,H₂SO₄ 会发生反应: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$,充分反应后过滤(排除 SO₄²⁻ 对 Cl⁻ 的定量测定的干扰),向滤液中加入足量 AgNO₃ 溶液,HCl 与 AgNO₃ 溶液发生反应: $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$,充分反应后将 AgCl 沉淀过滤出来,然后进行洗涤、干燥、称量,得到 AgCl 的质量,计算得其物质的量,再结合 Cl 元素守恒,就可以计算出一定质量样品中 HSO₃Cl 的质量,进而可得 HSO₃Cl 的纯度。

9. C 创新点 “价—类”二维图的创新解法——“杠杆模型”

思路分析

图中的字母分别代表常见的含氯元素的物质,分析可知 a 为 HCl, b 为 HClO, c 为 HClO₄, d 为 Cl₂, e 为 Cl⁻ 形成的盐, f 为 ClO₃⁻ 形成的盐, g 为 ClO₄⁻ 形成的盐。

【解析】 b 为 HClO, 漂白液的有效成分是 NaClO, A 错误; a、b 发生归中反应生成氯气: $\text{Cl}^- + \text{HClO} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 生成 1 mol Cl₂ 转移 1 mol 电子, B 错误; 根据“杠杆模型”和化合价变化, e 和 f 的钠盐在酸性条件下反应生成 d, $5\text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Cl}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$, $n(\text{e}) : n(\text{f}) = 5 : 1$, C 正确; c 为 HClO₄, 具有氧化性, 高氯酸氧化 HCl 可能会生成二氧化氯, 而不一定生成氯气, D 错误。

方法技巧 “杠杆模型”的应用

e 和 f 生成 d 的反应中, d 点(反应终点的价态)为支点, 反应物与产物的价态差的绝对值为力臂, 反应物的物质的量为作用力大小, 则有动力×动力臂=阻力×阻力臂, 即 $n(\text{e}) \times [0 - (-1)] = n(\text{f}) \times [(+5) - 0]$, 则有 $n(\text{e}) : n(\text{f}) = 5 : 1$ 。

第2节 硫及其化合物

刷基础

1. B 考查点 ▶ 含硫物质间的转化

【解析】工业制硫酸中， FeS_2 在 O_2 中煅烧转化为 SO_2 ， SO_2 与 O_2 在催化剂、高温条件下转化为 SO_3 ，A 项不能实现转化；火山喷发过程中， H_2S 与 O_2 在高温条件下转化为 SO_2 ，B 项可实现转化； $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$ ，C 项不能实现转化； H_2SO_4 溶液与 Fe 反应产生 FeSO_4 和 H_2 ，D 项不能实现转化。

2. C 考查点 ▶ SO_2 的性质探究、气体的制备

【解析】 SO_2 通入 BaCl_2 溶液中，因为亚硫酸酸性弱于 HCl ，所以二者不反应，不会产生沉淀；若要产生沉淀，可以通入氧化性物质将 SO_2 氧化为 SO_4^{2-} ， SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_4 沉淀；或者通入碱性物质，与 SO_2 反应生成 SO_3^{2-} ， SO_3^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_3 沉淀。 Cu 和浓硝酸反应生成 NO_2 ， NO_2 溶于水生成 HNO_3 ， HNO_3 能够氧化 SO_2 生成 SO_4^{2-} ，会产生 BaSO_4 沉淀，故①选；浓氨水与氧化钙混合会生成碱性气体氨气，氨气与水反应生成一水合氨，其与 SO_2 反应生成亚硫酸铵， SO_3^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_3 沉淀，故②选；大理石和稀盐酸反应生成 CO_2 ， CO_2 与 SO_2 、氯化钡溶液不反应，不会产生沉淀，故③不选；二氧化锰和浓盐酸在加热条件下反应生成 Cl_2 ， Cl_2 能够氧化 SO_2 生成 SO_4^{2-} ，但二氧化锰和浓盐酸常温下不反应，故④不选；过氧化钠和水反应生成 O_2 ， O_2 能够氧化 SO_2 生成 SO_4^{2-} ， SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_4 沉淀，故⑤选；过氧化氢在二氧化锰催化作用下分解生成 O_2 ， O_2 能够氧化 SO_2 生成 SO_4^{2-} ， SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} 反应生成 BaSO_4 沉淀，故⑥选；综上①②⑤⑥符合题意，故选 C。

3. C 考查点 ▶ 第ⅥA族元素的“价—类”二维图像分析

【解析】电解 a 即电解水制 H_2 、 O_2 时，若加入 NaCl ， Cl^- 会优先于 OH^- 放电，导致阳极产物变为 Cl_2 ，A 错误；工业制硫酸时，S 单质不能一步直接转化为 SO_3 ，B 错误；若元素为 Se 时，-2 价 Se 和 +4 价 Se 的价态均较低，可以被氧化，C 正确；若元素为 S， SO_2 转化为 H_2SO_4 可以有多种路径，如加入 H_2O_2 、先氧化后水化或先水化后氧化，D 错误。

关键点

4. B 考查点 ▶ 含硫化合物的性质与转化

【解析】若②中为 Na_2SO_3 固体，浓硫酸与 Na_2SO_3 反应生成 SO_2 ， SO_2 会使石蕊溶液变红，但 SO_2 不能漂白指示剂，因此不会褪色，

关键点

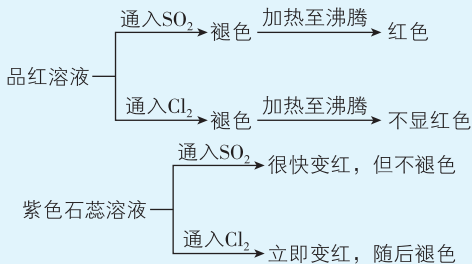
A 错误；浓硫酸具有脱水性，蔗糖脱水炭化，生成的 C 被浓硫酸氧化，生成 SO_2 和 CO_2 ， SO_2 使溴水褪色，因此证明浓硫酸具有脱水性和强氧化性，B 正确；若②中为 Na_2SO_3 固体，浓硫酸与 Na_2SO_3 反应生成 SO_2 ， SO_2 不能与 BaCl_2 溶液反应，C 错误； Cu 与

关键点

浓硫酸在加热的条件下反应生成 SO_2 ，常温下不反应，D 错误。

考点拓展

SO_2 和 Cl_2 漂白原理的比较



5. C 考查点 ▶ Na_2SO_3 的性质探究

【解析】黄色光会掩盖紫色光，检验溶液中是否含有钾离子时，应用洁净的铂丝（或铁丝）蘸取少量溶液，在酒精灯（最好用煤气灯）外焰上灼烧，透过蓝色钴玻璃观察火焰是否呈紫色，否则无

法判断是否含有钾离子, A 错误; 向 Na_2SO_3 溶液中滴加具有氧化性的高锰酸钾溶液, 两者可发生氧化还原反应, SO_3^{2-} 体现的是还原性而非漂白性, B 错误; H_2S 中 S 为 -2 价, 与 SO_3^{2-} 可发生归中反应生成黄色沉淀 S, SO_3^{2-} 为氧化剂, C 正确; 向 Na_2SO_3 溶液中加入足量硝酸, HNO_3 会将 SO_3^{2-} 氧化成 SO_4^{2-} , 滴加 BaCl_2 溶液, 会产生白色沉淀, 若溶液中全是 SO_4^{2-} , 采取相同的实验方案也会

易错点

出现相同现象, 故无法证明溶液中是否含 SO_3^{2-} , D 错误。

易错警示

(1) SO_2 使溴水、酸性高锰酸钾溶液褪色, 都是由于其还原性, 而不是漂白性。

(2) SO_2 使品红溶液褪色体现了其漂白性, 但是石蕊试液遇到 SO_2 只变红色不褪色。

刷提分

1. A 考查点 ▶ 第 VIA 族元素及其化合物的性质

【解析】 H_2S 的摩尔燃烧焓为 $562.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $2 \text{ mol } \text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 完全燃烧放热 1124.4 kJ , 书写热化学方程式时, 生成物 H_2O 为液态“l”, A 正确; H_2Se 性质与 H_2S 类似, 具有较强的还原性, 能被浓硫酸氧化为 SeO_2 , B 错误; 电解强碱性 Na_2TeO_3 溶液时, 电极反应式中不应出现 H^+ , 阴极反应式为 $\text{TeO}_3^{2-} + 4\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Te} + 6\text{OH}^-$, C 错误; SO_2Cl_2 中 S 显 +6 价, 遇水强烈水解生成 H_2SO_4 和 HCl , 离子方程式为 $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$, D 错误。

2. A 考查点 ▶ SO_2 与 Mg 反应的实验探究

【解析】①中浓硫酸与 Na_2SO_3 发生复分解反应: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{SO}_2 \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, 该反应不是氧化还原反应, A 错误; 停止实验时, 打开 K, 使空气进入反应装置中, 维持压强平衡, 可防止倒吸, B 正确; SO_2 在与 Mg 反应时, 未反应的 SO_2 进入④中, 能使品红溶液褪色, 加热褪色后的溶液又可恢复红色, C 正确; $\text{SO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{\Delta} \text{S} + 2\text{MgO}$ 、 $\text{Mg} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{MgS}$, MgS 与盐酸反应产生有臭鸡蛋气味的 H_2S , D 正确。

3. B 考查点 ▶ SO_2 的性质

【解析】次氯酸具有强氧化性, 能用于杀菌消毒, 次氯酸钙能与 CO_2 和水反应生成次氯酸, 可用于游泳池的消毒, A 正确; 白雾中可能含有 SO_2 气体, SO_2 气体也能使湿润蓝色石蕊试纸变

易错点

红, B 错误; 溶液变黄绿色的原因是随着酸性增强, ClO^- 和 Cl^- 在酸性条件下反应生成 Cl_2 , C 正确; Cl_2 具有强氧化性, SO_2 具有还原性, 二者在水溶液中发生氧化还原反应生成没有漂白性的 HCl 和 H_2SO_4 , SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 结合生成 CaSO_4 沉淀, 离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+$, D 正确。

4. D 考查点 ▶ 含硫化合物之间的转化、硫酸根离子的检验、盐类水解规律理解及应用

【解析】向甲中滴加石蕊试液, 溶液显红色说明甲中溶液显酸性, 结合已知信息可知 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶于水生成 NaHSO_3 溶液, NaHSO_3 溶液中存在 $\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{OH}^-$, 可知 HSO_3^- 电离程度大于其水解程度, A 正确; 由实验 II 可知, 焦亚硫酸钠溶液具有还原性, 能与碘单质发生氧化还原反应, Br_2 的氧化性大于 I_2 , 故焦亚硫酸钠溶液也一定能与溴水发生氧化还原反应而使溴水褪色, B 正确; 丙中滴加 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液产生白色沉淀, 过滤后加入足量稀盐酸中未完全溶解, 说明产生的白色沉淀有 BaSO_3 和 BaSO_4 , 因此原固体样品已部分被氧化, C 正确; 向焦亚硫酸钠溶液中滴加 70% 浓硫酸, 生成刺激性气味的气体, 可知产生二氧化硫, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 中硫元素为 +4 价, 反应并非是氧化还原反应, D 错误。

5. D 突破点 ▶ 多硫酸的转化实验

思路分析

液体 A 与足量 BaCl_2 溶液反应,生成白色沉淀 D,则 A 为 H_2SO_4 ,D 为 BaSO_4 ;气体 B 与足量溴水反应后,再与足量 BaCl_2 溶液反应,生成白色沉淀 F,则 F 也为 BaSO_4 ,B 为 SO_2 ;黄色固体 C 为 S,与铁粉在加热条件反应生成的黑色固体 E 为 FeS 。

【解析】S 为弱氧化剂,E 为 FeS ,A 错误;白色沉淀 F 为 BaSO_4 ,

$$n = \frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}, \text{B 错误; 白色沉淀 D 为 } \text{BaSO}_4, n =$$

$$\frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}, \text{黄色固体 C 为 S}, n = \frac{0.96 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

0.03 mol, 根据质量守恒,该多硫酸分解生成 0.01 mol H_2SO_4 、

易错点

0.01 mol SO_2 、0.03 mol S,则该多硫酸的化学式为 $\text{H}_2\text{S}_5\text{O}_6$,C 错

误;反应①的离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$,D 正确。

6. (1) ①硝酸酸化的 AgNO_3 溶液 ② $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{OH}^-$

(2) ①有红色固体析出 ②在 Cl^- 的作用下, Cu^{2+} 氧化 SO_3^{2-} 生成 SO_4^{2-} ③ CuCl_2 和 Na_2SO_3 溶液生成橙黄色沉淀 A 的反应速率快,生成白色沉淀 B 的程度大



(4) Cu^{2+} 和 SO_3^{2-} 能发生复分解反应和氧化还原反应,且复分解反应速率更快;在 Cl^- 作用下, Cu^{2+} 的氧化性增强

突破点 ▶ 氧化还原反应与络合反应的耦合、反应的影响因素分析

思路分析

Na_2SO_3 溶液中加入 CuCl_2 溶液,立即产生橙黄色沉淀 A (CuSO_3),放置 5 min 左右,转化为白色沉淀 B (CuCl),对于沉淀 B 组成的验证:向洗涤后的 CuCl 中加入足量浓氨水,生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$,得到无色溶液,在空气中放置一段时间,溶液变为深蓝色是因为生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$,取少量深蓝色溶液,加入硝酸酸化的硝酸银溶液,产生白色沉淀 AgCl ,证明有氯离子的存在。沉淀 A 组成的验证:反应物为 Na_2SO_3 和 CuCl_2 ,沉淀 A 中不含 SO_4^{2-} ,那么 A 中存在 CuSO_3 ,洗净后,加入足量的 NaCl 溶液,增大了氯离子的浓度,产生白色沉淀 CuCl ,无色溶液先加氯化钡溶液有白色沉淀生成,再加足量盐酸,白色沉淀减少,即这个过程中发生氧化还原反应,在酸性条件下和氯离子的作用下,生成了硫酸根离子。

【解析】(1) ①白色沉淀是 AgCl ,试剂 X 用于检验 Cl^- ,试剂 X 为硝酸酸化的硝酸银溶液;②无色溶液中含有的离子为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$,在空气中被 O_2 氧化为深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$,另外还有 NH_3 参与形成配离子,碱性条件下反应,最后用 OH^- 和 H_2O 配平 H 、 O 。

(2) ①由于 $\text{Cu}^+ \xrightarrow{\text{稀硫酸}} \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$,向沉淀 A 中加入稀硫酸会发生歧化反应生成铜和 Cu^{2+} ,现象为有红色固体析出;②溶液中的氧化剂除了氧气之外还有 Cu^{2+} ,在 Cl^- 的作用下, Cu^{2+} 氧化 SO_3^{2-} 生成 SO_4^{2-} ;③先产生橙黄色沉淀(沉淀 A),说明生成亚硫酸铜沉淀的反应较快,最后转化为白色沉淀,说明生成白色沉淀 B 的程度大。

(3) Na_2SO_3 和 CuCl_2 溶液反应最终生成 CuCl 沉淀,并检测到有 SO_2 生成, $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$,化合价降低,则同时 SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 。

(4) 根据上述实验可得结论: Cu^{2+} 和 SO_3^{2-} 能发生复分解反应和氧化还原反应,且复分解反应速率更快;在 Cl^- 的作用下, Cu^{2+} 的氧化性增强。

7. AD 创新点 ▶ 二氧化硫与其他强氧化剂的反应、浓度对平衡移动的影响

思路分析

溶液中产生的红棕色物质为 $[\text{Fe}(\text{HSO}_3)]^{2+}$ ；在静置了 5 h 后，红棕色物质才消失，由溶液中加入铁氰化钾溶液，产生蓝色沉淀可知， Fe^{3+} 与 SO_2 反应生成了 Fe^{2+} ，题述平衡逆向移动，导致红棕色变浅。

【解析】由实验现象可知，三组实验在通入二氧化硫后，都迅速产生了大量红棕色物质，说明产生红棕色物质的反应速率要明显快于铁离子和二氧化硫的氧化还原反应速率，A 错误；向硝酸铁溶液中加入 1 滴浓硝酸，溶液由黄色变为无色说明硝酸电离出的氢离子抑制了铁离子的水解，B 正确；实验①与实验②选用试剂的阳离子相同、阴离子不同，由实验现象可知，实验②的反应速率明显快于①，说明阴离子种类对二氧化硫与铁离子氧化还原反应的速率有影响，C 正确；实验①和实验③选用试剂的不同是溶液中的硝酸根离子浓度和氢离子浓度不同，5 h 后③比①黄色更深说明可能是 NO_3^- （或 H^+ ）浓度的增大减慢了二氧化硫与铁离子氧化还原反应的速率，D 错误。

第 3 节 氮及其化合物

刷基础

1. C 考查点 ▶ 自然界中氮循环

【解析】氮的固定指将大气中游离态的氮转化为氮的化合物的过程，反应①将 N_2 转化为 NO ，属于氮的固定，反应②是生物固氮，也属于氮的固定，A 正确；由题图知，氮循环过程中涉及氢、氧元素，B 正确；反应④是 O_2 将 NH_3 氧化为硝酸根离子，N 元素化合价由 -3 升高到 +5，即 1 mol NH_3 被氧化为 1 mol 硝酸根离子失去 8 mol 电子，失去的电子被 O_2 得到，根据转移电子关系式为 $\text{O}_2 \sim 4\text{e}^-$ 可知转移 8 mol 电子消耗 2 mol O_2 ，C 错误；反应③中 NO 转化为硝酸根离子，氮元素化合价由 +2 升高到 +5，被氧化，反应⑤中硝酸根离子转化为氮气，氮元素化合价由 +5 降低到 0，被还原，D 正确。

2. A 考查点 ▶ 含氮物质间的相互转化

【解析】由题中信息 R 为红棕色气体可知 R 为 NO_2 ，根据题图转化关系可知，E 为 NH_3 ，G 为 N_2 ，Q 为 NO ，T 为 HNO_3 。E、G、Q、R、T 所含同种元素为 N，化合价依次升高，A 符合题意；E（ NH_3 ）是非电解质，B 不符合题意；E（ NH_3 ）极易溶于水，不能用排水法收集，C 不符合题意；铜和浓硝酸反应的还原产物是 NO_2 ，铜和稀硝酸反应的还原产物是 NO ，D 不符合题意。

3. D 考查点 ▶ 工业制备 PH_3 的流程分析

【解析】黄磷与过量烧碱反应，生成 NaH_2PO_2 ，即 NaH_2PO_2 不能

关键点

继续电离出 H^+ ，则该盐属于正盐，A 正确；元素的非金属性越强，其简单氢化物的还原性越弱，非金属性： $\text{P} < \text{N}$ ，则还原性： $\text{PH}_3 > \text{NH}_3$ ，B 正确；根据质量守恒、得失电子守恒，黄磷和烧碱溶液反应的化学方程式为 $\text{P}_4 + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 \uparrow + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ，C 正确；根据质量守恒、得失电子守恒，次磷酸分解的化学方程式为 $2\text{H}_3\text{PO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{PH}_3 \uparrow + \text{H}_3\text{PO}_4$ ，则 1 mol P_4 参加反应，在步骤 I 中生成 1 mol PH_3 、3 mol NaH_2PO_2 ，步骤 II 中生成 3 mol H_3PO_2 ，步骤 III 中生成 1.5 mol PH_3 和 1.5 mol H_3PO_4 ，即共生成 2.5 mol PH_3 ，D 错误。

4. C 考查点 ▶ Cu 与硝酸、硫酸反应的实验分析

思路分析

Cu 与稀硝酸反应的离子方程式为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ，根据离子方程式可知，反应中消耗 H^+ 的物质的量大于 NO_3^- ，即加入过量铜屑，反应停止是由于溶液中 H^+ 不够，继续补加 H^+ ，反应仍能继续进行。

【解析】稀硝酸被 Cu 还原为 NO, A 错误;稀硝酸具有强氧化性,稀硫酸不具有强氧化性,由分析可知,铜屑继续溶解,是因为稀硫酸提供了 H^+ , B 错误;实验③发生反应的化学方程式为 $3Cu + Cu(NO_3)_2 + 4H_2SO_4 \xrightarrow{\quad} 4CuSO_4 + 2NO \uparrow + 4H_2O$, C 正确;Cu 在常温下不与稀硫酸反应, D 错误。

5. BD 考查点 ▶ 硝酸的强氧化性、硫酸根离子的检验、催化剂对化学反应速率的影响

思路分析

由题图可知,向浓硝酸中滴入硫氰化钾溶液,溶液立即变红说明浓硝酸与 SCN^- 反应生成二氧化氮、红色的 $(SCN)_x$ 和水,静置一段时间后,突然剧烈反应,红色迅速褪去,产生大量红棕色气体,说明反应生成的二氧化氮能催化浓硝酸氧化 $(SCN)_x$ 的反应,使反应速率加快。

【解析】由思路分析可知,②中溶液变红,是由于生成了 $(SCN)_x$, A 错误;取少量③中的溶液(强酸性)加入氯化钡溶液,产生白色沉淀($BaSO_4$),说明浓硝酸与 $(SCN)_x$ 反应时,硫元素被氧化为硫酸根离子, B 正确;②中溶液立即变红,说明 $(SCN)_2$ 聚合为 $(SCN)_x$ 的速率大于硝酸氧化 SCN^- 的速率, C 错误;向溶有二氧化氮的浓硝酸中加几滴硫氰化钾溶液,溶液先变红后迅速褪色

关键点

并产生大量红棕色气体,说明二氧化氮是反应的催化剂,使浓硝酸氧化 $(SCN)_x$ 的反应速率加快, D 正确。

刷提分

1. BD 考查点 ▶ 氮及其化合物的性质、守恒关系应用

【解析】根据“价一类”二维图可以推断, X 是 NH_3 , Y 是 HNO_3 , Z 是 NO_2 或 N_2O_4 , W 是 $NH_3 \cdot H_2O$, P 是 N_2O_5 , Q 是 NO。X 是 NH_3 , 氯化铵固体受热分解生成氨气和氯化氢,生成的 NH_3 和 HCl 又易化合成氯化铵固体,不能通过加热氯化铵固体制取氨气, A 错误;P 是 N_2O_5 , 是酸性氧化物, B 正确;氮的固定是指氮元素由游离态转化为含氮化合物的过程, X 是 NH_3 、Q 是 NO, NH_3 转化为 NO 不属于氮的固定, C 错误;Y 是 HNO_3 , 3.2 g Cu 的物质的量为 0.05 mol, 根据铜元素守恒可知, 反应生成 0.05 mol $Cu(NO_3)_2$, 根据 N 原子守恒可知, 原硝酸中 $n(HNO_3) = 0.05 \text{ mol} \times 2 + 0.05 \text{ mol} = 0.15 \text{ mol}$, 所以硝酸的体积为 $\frac{0.15 \text{ mol}}{10 \text{ mol} \cdot L^{-1}} = 0.015 \text{ L} = 15 \text{ mL}$, D 正确。

2. B 考查点 ▶ 氨气的实验室制备、实验原理分析

【解析】装置 I 是制备氨气的装置, 装置 II 是制备 TiN 的装置, 装置 III 的作用是吸收尾气同时防止空气中的水蒸气进入装置 II 中, 装置 IV 用于干燥氨气。氧化钙、氢氧化钠或碱石灰中加入浓氨水可以产生氨气, 因此试剂 X 可以是碱石灰或生石灰, A 正确;装置 I 与装置 II 之间需要设置 NH_3 干燥装置, 氯化钙能吸收氨气, 不能干燥氨气, 所以装置的连接顺序为 I \rightarrow IV \rightarrow II \rightarrow III, B 错误;需要利用氨气排尽装置中的空气, 所以先打开恒压分液漏斗旋塞, 再打开管式炉加热开关, C 正确;由于气体流动可能把 U 形管内的固体小颗粒吹入导管中, 所以棉花的作用是防止固体进入导管, 使导管堵塞, D 正确。

3. B 考查点 ▶ 含氮化合物的制备

【解析】Fe 在浓硝酸中会发生钝化, 不能生成 NO, 不可将 a 装置

关键点

中的稀硝酸换成浓硝酸, A 错误;由已知信息知 NOCl 易与水发生反应, 所以在 NO 进入 d 装置前需先干燥, NO 易被空气中 O_2 氧化为 NO_2 , b 装置中盛有 H_2O , 作用是除去 NO 中的 NO_2 、挥发的 HNO_3 , c 装置中盛有浓硫酸, 作用是干燥 NO, B 正确;NOCl 沸点为 $-5.5^\circ C$, d 水槽中选用冰水混合物(温度为 $0^\circ C$)不能冷凝 NOCl, C 错误;干燥管中的碱石灰的作用是吸收水分和 Cl_2 , 无水 $CaCl_2$ 和 P_2O_5 只能吸收水分, 不能吸收 Cl_2 , D 错误。

教材溯源

教材中提到:常温下,浓硝酸可使铁、铝表面形成致密的氧化膜而钝化,保护内部的金属不再与酸反应,所以可以用铁质或铝质容器盛放冷的浓硝酸。

4. A 考查点 ▶ 氮及其化合物的性质

【解析】溴蒸气与水反应可生成 HBr 和 HBrO , HBr 与 AgNO_3 溶液反应生成淡黄色沉淀 AgBr , NO_2 与水反应生成 HNO_3 和 NO , HNO_3 与 AgNO_3 溶液不反应,将溴蒸气和 NO_2 分别通入硝酸银溶液中的现象不同,能鉴别,A 正确; Cu 与浓硫酸反应后,浓硫酸有剩余,浓硫酸的稀释应该是将浓硫酸缓慢加入水中,因此应将

易错点

试管中的溶液加入水中,如果溶液呈蓝色,说明 Cu 被氧化成 Cu^{2+} ,B 错误;浓盐酸易挥发, CO_2 中混有 HCl 气体, HCl 与 Na_2SiO_3 溶液反应也会产生白色沉淀,故无法判断 H_2CO_3 和 H_2SiO_3 的酸性强弱,无法判断 C 和 Si 的非金属性强弱,C 错误;向浓 HNO_3 中插入红热的木炭,产生红棕色气体,也可能是浓 HNO_3 受热分解产生的 NO_2 ,无法证明是木炭与浓 HNO_3 反应生成的 NO_2 ,D 错误。

5. D 考查点 ▶ 硝酸钠的制备流程分析、涉及守恒关系的计算

【解析】 NO_2 与水或碱的反应均为氧化还原反应,故 NO_2 不属于酸性氧化物,A 错误;反应①中, NO_2 发生歧化反应,被氧化的 N 与被还原的 N 物质的量之比为 1:1,反应②中, NO 和 NO_2 发生归中反应,被氧化的 N 与被还原的 N 物质的量之比为 1:1,则同时发生反应①和②时,被氧化的 N 与被还原的 N 的物质的量之比、质量之比均为 1:1,B 错误;“转化器”中,生成的 NaNO_3 部分是复分解反应的产物,部分是氧化产物,C 错误;最终生成

关键点

NaNO_3 ,则根据 Na、N 的守恒关系判断, $a+b+e=2c$,根据 NO 、 NO_2 失电子数等于 O_2 得电子数判断, $3a+b=4d$,联立可得 $a+c=\frac{e+4d}{2}$,D 正确。

6. AD 突破点 ▶ 氧化还原反应的规律及相关计算、硝酸的强氧化性

思路分析

稀硝酸与过量铜屑反应生成硝酸铜、无色气体 NO 和 H_2O ,抽入空气, NO 与氧气反应生成红棕色的 NO_2 , NO_2 溶于水又生成硝酸和 NO ,硝酸继续与铜反应,直至铜屑不再反应,最终 NO_3^- 浓度不变,总反应是 $2\text{Cu} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】反应 I 中铜作还原剂,化合价变化值为 2,一部分 HNO_3 作

易错点

氧化剂,氮元素化合价变化值是 3,由得失电子守恒可得氧化剂 (HNO_3) 和还原剂 (Cu) 的物质的量之比为 2:3,A 错误;由思路分析可知,该实验总反应的离子方程式为 $2\text{Cu} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$,最终消耗氧气和铜的物质的量之比为 1:2,B 正确;反应中没有有害成分扩散,C 正确;由思路分析可知,实验结束时溶液中, $n(\text{NO}_3^-)$ 不变,D 错误。

教材溯源

教材中提到:硝酸具有强氧化性,能与除金、铂、钽以外的大多数金属反应,其还原产物与硝酸的浓度有关。通常,浓硝酸与金属反应生成的还原产物主要是 NO_2 ,稀硝酸与金属反应生成的还原产物主要是 NO 。

7. (1) ① 恒压滴液漏斗 ② c、a、b ③ $2\text{Ce}^{3+} + 6\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ ④ 没有尾气处理装置(合理即可)
(2) ① H_2O_2 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热均易分解 ② 浓硝酸
(3) ① $\frac{cVM}{2a}\%$ ② ABD

考查点 ▶ 离子方程式的书写、滴定原理的应用、无机物的制备

思路分析

(1) 装置 A 中石灰石和盐酸反应生成二氧化碳, 装置 C 中浓氨水和氧化钙反应生成氨气, 制备 NH_4HCO_3 时, 先通氨气再通二氧化碳, NH_4HCO_3 溶液与 CeCl_3 反应制备 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$;

(2) 制备硝酸铈铵的工艺流程中, 碳酸铈溶于硝酸变为 Ce^{3+} , 在过氧化氢化和氨水作用下转化为 $\text{Ce}(\text{OH})_4$, 加入硝酸加热浆化, 然后加入硝酸铵反应, 通过过滤、洗涤、烘干转化为目标产品。

【解析】(1) ①装置 C 中盛放浓氨水的实验仪器名称为恒压滴液漏斗; ②较低温度下, 氨气极易溶于水, 所以先通氨气形成碱性环境, 同时将装置内的空气排尽, 再用氨水吸收二氧化碳, 最后滴加 CeCl_3 溶液, 所以顺序为 c、a、b; ③向 NH_4HCO_3 溶液中逐滴加入 CeCl_3 溶液, 可得 $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 固体, 反应的离子方程式为 $2\text{Ce}^{3+} + 6\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ②由题干信息知硝酸铈铵易溶于水和乙醇, 难溶于浓硝酸, 所以洗涤产品的试剂是浓硝酸。

(3) ①滴定过程中 Ce^{4+} 被还原为 Ce^{3+} , 发生反应 $\text{Ce}^{4+} + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+} + \text{Fe}^{3+}$, 故该样品中硝酸铈铵的质量分数为

$$\frac{c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100 \text{ mL}}{20.00 \text{ mL}} \times M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{cVM}{2a}\%$$

②配成 100 mL 溶液, 定容时俯视容量瓶刻度线, 导致加水量偏少, 待测液浓度偏高, 测定结果偏高, A 正确; 滴定管水洗后未用 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液润洗, 导致标准液的浓度偏低, 滴定时标准液用量偏高, 测定结果偏高, B 正确; 滴定过程中向锥形瓶中加入少量蒸馏水冲洗内壁, 不影响测定结果, C 错误; 滴定开始时滴定管尖嘴部分有气泡, 滴定后气泡消失, 导致标准液读数偏高, 测定结果偏高, D 正确。

8. B 创新点 · 图像数据分析

【解析】 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液脱除 NO 的反应生成 Cl^- 和 NO_3^- , 根据原

关键点

子守恒和得失电子守恒配平可得反应的离子方程式为 $2\text{NO} + 3\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^-$, A 正确; 由 A 项分析及题意可得, $2\text{NO} + 3\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_2 + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$, 且 $n(\text{NO}) : n(\text{SO}_2) = 2 : 3$, 令 $n(\text{NO}) = 2 \text{ mol}$, $n(\text{SO}_2) = 3 \text{ mol}$, 依据题图中信息及离子方程式中的比例关系可知, 在 80 min 时, NO 脱除率 40%, 即反应的 NO 的物质的量为 $2 \text{ mol} \times 40\% = 0.8 \text{ mol}$, 生成 1.2 mol Cl^- , 同时生成 NO_3^- 的物质的量为 0.8 mol , SO_2 脱除率 100%, 即 3 mol SO_2 全部反应, 生成 3 mol Cl^- , 所以吸收液中 Cl^- 的物质的量为 $3 \text{ mol} + 1.2 \text{ mol} = 4.2 \text{ mol}$, 吸收液中 $n(\text{NO}_3^-) : n(\text{Cl}^-) = 0.8 \text{ mol} : 4.2 \text{ mol} = 4 : 21$, B 错误; SO_2 比 NO 更易溶于水, 更容易发生反应, 则 SO_2 脱除率高于 NO 的原因可能是 SO_2 在水中的溶解度大于 NO, C 正确; 无论发生 $2\text{NO} + 3\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 3\text{Cl}^-$ 的反应还是 $\text{SO}_2 + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ 的反应, 都使 H^+ 浓度增大, 吸收剂溶液的 pH 减小, D 正确。

第 4 节 无机非金属材料

刷基础

1. B 考点 · SiO_2 的性质

【解析】 CO_2 和 SiO_2 都是酸性氧化物, 但是 CO_2 为分子晶体, SiO_2

关键点

为共价晶体, 两者物理性质差别较大, A 错误; CO_2 与 C 反应生成 CO, CO_2 为氧化剂, SiO_2 与 C 反应生成 Si 和 CO, SiO_2 为氧化剂, B 正确; 该反应在高温条件下才能进行, 因为生成的 CO_2 逸

关键点

出体系,才能使得该反应持续进行,实际上硅酸酸性弱于碳酸,C 错误; SiO_2 与氢氟酸反应生成四氟化硅和水,不能说明其为碱性氧化物, SiO_2 为酸性氧化物,D 错误。

易错警示

SiO_2 虽然不溶于水,但是能够与碱溶液反应生成盐和水,因此为酸性氧化物。

2. CD 考查点 ▶ 硅及其化合物的性质及转化

【解析】电解饱和食盐水生成氢氧化钠、 H_2 和 Cl_2 ,焦炭与石英反应生成粗硅与 CO ,粗硅和 H_2 、 Cl_2 反应生成的 HCl 作用得 SiHCl_3 ,再用 H_2 还原 SiHCl_3 得到多晶硅。电解饱和食盐水得到 H_2 、 Cl_2 和氢氧化钠,其中 H_2 在 Cl_2 中燃烧,而 Y 具有还原性,所以 Y、Z 分别为 H_2 、 Cl_2 ,A 正确;制取粗硅的过程中焦炭与石英会发生副反应生成碳化硅,该反应的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{SiC} + 2\text{CO} \uparrow$,B 正确;实验室采用蒸馏法分离 SiCl_4 和 SiHCl_3 ,C 错误; SiHCl_3 和 SiCl_4 的分子结构分别与 CHCl_3 和 CCl_4 类似,属于分子晶体,D 错误。

关键点

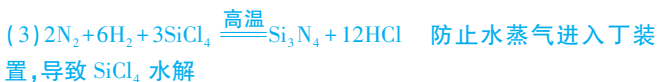
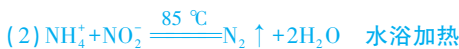
3. BD 考查点 ▶ 硅及其化合物之间的转化

【解析】锌和稀硫酸反应生成硫酸锌和 H_2 , H_2 中含有水蒸气,先用浓硫酸干燥 H_2 ,用 H_2 排出装置内的空气后再加热石英管,将 SiHCl_3 滴入烧瓶中,将 SiHCl_3 汽化后与 H_2 在石英管中反应。实验过程中,应先对 H_2 进行验纯,再加热石英管,防止 H_2 不纯导致实验失败或引起安全隐患,A 正确; SiHCl_3 在空气中易自燃,遇水会剧烈反应,实验开始时,排尽装置中的空气是为了防止 SiHCl_3 自燃和水解,并且空气和 H_2 混合在一定条件下易发生爆炸,B 错误;电负性: $\text{Cl} > \text{H} > \text{Si}$, SiHCl_3 中 H 为 -1 价,具有还原性,可与氢氧化钠溶液发生归中反应,化学方程式为 $\text{SiHCl}_3 + 5\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 \uparrow$,C 正确;装置 III 是为了使 SiHCl_3 汽化(SiHCl_3 的沸点即汽化温度为 31.8°C),然后与 H_2 在石英管中反应,不可使用冷水浴,D 错误。

关键点

关键点

4. (1) 酒精喷灯 形成原电池,加快反应速率



(4) 排尽装置内的 SiCl_4 和 HCl ,便于被 NaOH 溶液完全吸收

(5) 60%

考查点 ▶ 氮化硅的制备

思路分析

以 N_2 、 H_2 、 SiCl_4 气体(SiCl_4 沸点 57.6°C ,极易水解,具有腐蚀性)为原料在高温下制备氮化硅。甲装置为制取 H_2 的装置,稀硫酸中添加少量 CuSO_4 ,Zn 与 Cu^{2+} 反应生成 Cu ,可形成 $\text{Zn}-\text{Cu}$ 原电池,加快生成 H_2 的速率。乙装置中 NH_4Cl 和 NaNO_2 的浓溶液在 85°C 时反应生成 N_2 ;丙装置中将 N_2 、 H_2 、 SiCl_4 干燥及混合,在丁装置内发生反应制取 Si_3N_4 ;戊装置的作用是防止水蒸气进入丁装置,己装置用于吸收过量的 SiCl_4 气体和反应生成的 HCl 气体,以防止污染环境。

【解析】(1) 仪器 A 的名称为酒精喷灯。甲中少量 CuSO_4 与 Zn 反应生成的 Cu 附着在 Zn 表面,从而形成 $\text{Zn}-\text{Cu}$ 原电池,加快反应速率。

(2) 乙中为 NH_4Cl 和 NaNO_2 的浓溶液在 85°C 时发生归中反应,反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \xrightarrow{85^\circ\text{C}} \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,该反应在 85°C 下进行,故采取水浴加热的方式。

(3) 丁装置中, N_2 、 H_2 、 $SiCl_4$ 在高温条件下反应, 生成 Si_3N_4 、 HCl , 反应的化学方程式为 $2N_2 + 6H_2 + 3SiCl_4 \xrightarrow{\text{高温}} Si_3N_4 + 12HCl$ 。戊装置的作用为防止水蒸气进入丁装置, 导致 $SiCl_4$ 水解。

(4) $SiCl_4$ 和 HCl 会污染环境, 若逸散到环境中, 不能准确测定氮化硅的产率, 所以需要再通入一段时间的 N_2 。

(5) 丁装置硬质玻璃管中有 Si_3N_4 生成, 质量增加, 则 $n(Si_3N_4) = \frac{2.8 \text{ g}}{140 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, 己装置中吸收的是未反应的 $SiCl_4$ 和反

应生成的 HCl , 依据反应 $2N_2 + 6H_2 + 3SiCl_4 \xrightarrow{\text{高温}} Si_3N_4 + 12HCl$, 可求出生成 HCl 的物质的量为 $0.02 \text{ mol} \times 12 = 0.24 \text{ mol}$, $m(HCl) = 0.24 \text{ mol} \times 36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.76 \text{ g}$, 未反应的 $m(SiCl_4) = 15.56 \text{ g} -$

$8.76 \text{ g} = 6.8 \text{ g}$, $n(SiCl_4) = \frac{6.8 \text{ g}}{170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04 \text{ mol}$, 若 $SiCl_4$ 完全

转化为 Si_3N_4 , 又可生成 Si_3N_4 的物质的量为 $\frac{0.04}{3} \text{ mol}$, 该实验氮

化硅的产率为 $\frac{0.02 \text{ mol}}{0.02 \text{ mol} + \frac{0.04 \text{ mol}}{3}} \times 100\% = 60\%$ 。

热点 2 常见元素及其化合物的转化

刷 热点

1. D 考点 ▶ 沉淀转化、蔗糖水解相关实验、硝酸的工业制备

【解析】 NO 与 H_2O 不反应, 不能得到硝酸, A 错误; 碳酸钙可以直接与盐酸反应, 而硫酸钙与盐酸不反应, B 错误; 蔗糖分子中不含醛基, 蔗糖和银氨溶液不反应, C 错误; 硫酸铜溶

易错点

液能与过量氨水反应生成硫酸四氨合铜, 向反应后的溶液中加入乙醇能降低溶剂的极性, 促进硫酸四氨合铜晶体的析出, D 正确。

2. A 考点 ▶ 元素化合物之间的相互转化

【解析】变价金属铁和强氧化剂 Cl_2 反应生成 $FeCl_3$, $Fe(X)$ 和

易错点

$Cl_2(W)$ 反应不能生成 $FeCl_2(Y)$, A 符合题意; O_2 和过量的碳反应生成 CO , CO 继续和 O_2 反应生成 CO_2 , 碳和 CO_2 化合生成 CO , B 不符合题意; 少量 CO_2 和氢氧化钠反应生成碳酸钠, 向碳酸钠中继续通入 CO_2 生成碳酸氢钠, 碳酸氢钠和氢氧化钠反应生成碳酸钠, C 不符合题意; 硫化氢和 O_2 反应生成单质硫, 硫和 O_2 化合生成 SO_2 , 硫化氢和 SO_2 反应生成单质硫, D 不符合题意。

易错警示

无论 Cl_2 过量还是少量, 铁与 Cl_2 反应都生成 $FeCl_3$ 。

3. C 考点 ▶ 元素化合物之间的相互转化

【解析】由转换关系图可知, 单质 M 可以是金属单质 Na, 也可以是非金属单质 C、 N_2 、S。氢化物可以为 $NaH(s)$ 、 $CH_4(g)$ 、 $NH_3(g)$ 、 $H_2S(g)$, 其中 CH_4 、 H_2S 与水不反应, A 错误; M2 为 Na_2O_2 、 CO_2 、 SO_3 、 NO_2 , M1 为 Na_2O 、 CO 、 SO_2 、 NO , Na_2O_2 与 Na_2O 中 Na 均为 +1 价, B 错误; 最后生成的碱为 $NaOH$, $NaOH$ 为强碱, 生成的 H_2CO_3 是弱酸, 生成的 H_2SO_4 、 HNO_3 均为强酸, C 正确; CO_2 和 H_2O 反应、 SO_3 和 H_2O 反应均不属于氧化还原反应, D 错误。

4. C 考点 ▶ 物质性质的类比推理

【解析】Li 在 O_2 中燃烧只能生成 Li_2O , A 错误; Fe 与 I_2 反应只能生成 FeI_2 , B 错误; Cl_2O 中 Cl 呈 +1 价, 是次氯酸的酸酐, 可与

关键点

$NaOH$ 反应生成 $NaClO$, Cl_2O_7 中 Cl 呈 +7 价, 是高氯酸的酸酐,

关键点

可与 KOH 反应生成 $KClO_4$, C 正确; 一水合氨(弱碱)电离出的 OH^- 浓度不足以溶解 $Al(OH)_3$, $Al(OH)_3$ 不能与弱碱反应, D 错误。

5. AC 考查点 ▶ 元素化合物的相互转化实验分析

【解析】饱和 Na_2S 溶液与 AlCl_3 发生完全双水解生成 H_2S 气体， H_2S 与 CuSO_4 反应生成黑色沉淀 CuS ，A 符合题意；浓硫酸与 Cu 反应需要加热，该实验装置无加热装置，B 不符合题意；稀硫酸与 Na_2CO_3 反应生成 CO_2 ，由于相同条件下溶解度： $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ ，因此 CO_2 与饱和 Na_2CO_3 溶液反应生成的 NaHCO_3 会大量析出，C 符合题意；碱石灰溶于水放热，促进一水合氨分解生成氨气，氨气与 AgNO_3 反应会先生成黑色的 Ag_2O 沉淀（该反应

关键点

理论上会先生成 AgOH ，而 AgOH 会立即分解为 Ag_2O ，实验中观察不到白色沉淀），而后沉淀溶解生成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ，D 不符合题意。

6. B 考查点 ▶ 元素价态的转化、实验的设计与评价

【解析】二氧化锰和浓盐酸制备氯气需要加热，该实验装置不能

易错点

满足条件，A 错误；过氧化钠和水在常温下反应生成氧气，氧气进入到 c 中，氧元素被硫离子还原为 -2 价，该装置和对应的试剂可以完成 $\overset{-1}{\text{O}} \rightarrow \overset{0}{\text{O}} \rightarrow \overset{-2}{\text{O}}$ 的价态变化，B 正确；铜片和浓硝酸反应生成二氧化氮，二氧化氮通入氢氧化钠溶液中发生歧化反应，但生成物中含有氮元素的产物为硝酸钠和亚硝酸钠，不满足 $\overset{+5}{\text{N}} \rightarrow \overset{+4}{\text{N}} \rightarrow \overset{0}{\text{N}}$ 的价态变化，C 错误；70% 硫酸和亚硫酸钠的反应为复分解反

易错点

应，反应中 S 元素未发生价态变化，D 错误。

7. D 考查点 ▶ 浓硫酸的强氧化性、 Fe^{2+} 的还原性、 Fe^{2+} 的检验

思路分析

M 不带电荷，铁的化合价为 +2 价，则 M 可能为亚铁盐、 FeO 或 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ；Q 带 2 个单位正电荷，化合价为 +2 价，则 Q 为 Fe^{2+} ；R 不带电荷，铁的化合价为 0 价，即 R 为铁单质。

【解析】R 为铁单质，常温下，铁在浓硫酸中会发生钝化，所以常

关键点

温下可用 R 材质容器储运浓硫酸，A 不合理； Fe^{2+} 和 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液反应生成蓝色沉淀，M 可能是能溶于水的亚

易错点

铁盐，也可能是不溶于水的 FeO 或 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，不能用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 检验，B 不合理；Q 为 Fe^{2+} ， Fe_2O_3 与稀盐酸反应生成 Fe^{3+} 和水，C 不合理；从图中可以看出，在碱性溶液中可以生成 FeO_4^{2-} ， FeO_4^{2-} 中铁为 +6 价，所以 Fe^{3+} 与氧化剂在碱性条件下反应可生成 FeO_4^{2-} ，D 合理。

8. B 考查点 ▶ 离子方程式的正误判断、次氯酸及其性质和用途、铁与水蒸气的反应

【解析】 Fe^{2+} 的还原性强于 Br^- ，则将 1 mol Cl_2 通入含 1 mol FeBr_2

关键点

的溶液中： $2\text{Br}^- + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 4\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$ ，A 错误； NaHSO_4 溶液与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液混合后溶液呈中性，则前者和后者的物质的量之比为 2:1，反应的离子方程式为 $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，B 正确；铁和水蒸气在高温下反应生成四氧化三铁和氢气，反应的化学方程式为 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ，C 错误；酸性： $\text{HCO}_3^- < \text{HClO} < \text{H}_2\text{CO}_3$ ，则向 NaClO 溶液中通入少量 CO_2 ： $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{HClO}$ ，D 错误。

9. C 考查点 ▶ 氧化还原反应的有关计算、盐溶液的酸碱性及原因、共价键的形成及主要类型

思路分析

NO_2^- 在亚硝酸盐还原酶的作用下转化为 X， NO_2^- 中氮元素为 +3 价，X 中氮元素的化合价比 +3 价低，则 X 可能为 NO 或 N_2O ，X 在 X 还原酶的作用下转化为 Y，Y 中氮元素的化合价比 X 中低，且 X、Y 均为氮氧化物，则 Y 为 N_2O ，X 为 NO 。

【解析】Y 为 N_2O , N_2O 与 CO_2 互为等电子体, 分子结构为 $N \equiv N^+ - O^-$, A 正确; 由思路分析可知, ①→⑦过程均涉及 N 元素化合价的改变, B 正确; 由题目信息可知, NH_2OH 的碱性比 $NH_3 \cdot H_2O$ 弱, 故同浓度的水溶液中 $[NH_3OH]^+$ 的水解程度大于 NH_4^+ 的水解程度, 弱碱阳离子水解使溶液显酸性, 则同浓度水溶液的 pH: $[NH_3OH]Cl < NH_4Cl$, C 错误; NH_2OH 完全转化为 NO_2^- 时, N 的化合价由 -1 价上升到 +3 价, 6.6 g NH_2OH 的物质的量为 0.2 mol, 则转移 0.8 mol 电子, D 正确。

关键点

10. B 突破点 ▶ 硝酸、 Fe^{3+} 的氧化性, 离子方程式

【解析】 $FeCl_3$ 溶液具有氧化性, 可以氧化铜单质, 向 $0.6 \text{ mol} \cdot L^{-1} FeCl_3$ 溶液中加入铜粉, 反应的离子方程式为 $Cu + 2Fe^{3+} = Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$, 得到含有 Cu^{2+} 和 Fe^{2+} 的混合溶液, 显蓝绿色, A 正确; 对比实验①③可知, Cu 粉与 pH=1 的硝酸不能直接反应, 则

关键点

实验①中, Cu 粉与 HNO_3 的反应需要有 Fe^{3+} 的参与, B 错误; Fe^{2+} 具有还原性, 酸性条件下可以被 NO_3^- 氧化成 Fe^{3+} , 若向③中加入适量 $FeSO_4$ 固体, 酸性条件下, Fe^{2+} 与 NO_3^- 发生氧化还原反应生成 Fe^{3+} , 产生了硝酸铁, 根据实验①的条件, 可以推测铜粉会溶解, 溶液变为深棕色, C 正确; 根据实验②和实验③的现象可知(氧化性强弱比较, 要依据具体的反应来分析, 与还原剂的性质也有一定的关系), $0.6 \text{ mol} \cdot L^{-1} Fe^{3+}$ 的氧化性强于 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的 HNO_3 [实验③调 pH=1, $c(H^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$], D 正确。

关键点拨 实验①中, Cu 先与 Fe^{3+} 发生反应, 生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 还原 HNO_3 , 生成 NO, Fe^{3+} 起到传递电子的作用, 最终转化为 $[Fe(NO)]^{2+}$ 。

突破 2 微工艺流程

刷 难关

1. D 考查点 ▶ 金属回收型微工艺流程

【解析】先将含镍催化剂“溶浸”(可用 NaOH 溶液), 使 Al_2O_3 转化为 $[Al(OH)_4]^-$ 进入滤液; 然后将滤渣“酸浸”(根据最终产品判断应为稀硫酸), 使 NiO 、 Fe_2O_3 转化为 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} , 调节 pH 使 Fe^{3+} 转化为氢氧化铁沉淀, 从而过滤除去; 将滤液浓缩结晶得到 $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ 晶体; 向含有 $[Al(OH)_4]^-$ 的滤液通入足量的 CO_2 气体, 得到 $Al(OH)_3$, 过滤后灼烧 $Al(OH)_3$ 得到氧化铝。通过 CO_2 的酸化可知, “溶浸”应为“碱浸”, “碱浸”使用的试剂可以是 NaOH 溶液, “酸浸”应用稀硫酸, 避免引入杂质离子, A 错误; 过量 CO_2 “酸化”时应生成 HCO_3^- , 正确的离子方程式为 $CO_2 + [Al(OH)_4]^- = HCO_3^- + Al(OH)_3 \downarrow$, B 错误; 根据分析可知, 红褐色固体为 $Fe(OH)_3$, C 错误; 若杂质中有 Fe^{2+} , 调 pH 为 3.2 的步骤中 Fe^{2+} 未沉淀, 后续浓缩结晶所得产品中可能含 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, D 正确。

关键点拨 $Al(OH)_3$ 不能和过量的 CO_2 反应, 能溶于过量的强酸, 如盐酸、硫酸。

2. BD 考查点 ▶ 制备型微工艺流程

【解析】“浸取”过程中 ZnO 转变为 $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$, 结合加入物质可得出该反应的离子方程式为 $ZnO + 3NH_3 \cdot H_2O + HCO_3^- + NH_4^+ = [Zn(NH_3)_4]^{2+} + CO_3^{2-} + 4H_2O$, A 正确; “浸取”过程中 CuO 转化为 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, 故“过滤 1”所得滤液中不会大量存在 Cu^{2+} , B 错误; “蒸氨”所得蒸出物为 NH_3 , 用水吸收后得到氨水, 可返回至“浸取”工序循环使用, C 正确; “浸取”时温度不宜过高, 因为温度过高氨水易挥发, 不利于形成 $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ 、 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, 同

关键点

时 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 的水解程度增大, 导致 ZnO 、 CuO 的浸取率下降, D 错误。

3. D 考查点 ▶ 金属提取型微工艺流程

思路分析

“酸浸”步骤中 V_2O_5 、 Cr_2O_3 和 MnO 分别转化为钒酸根离子、 Cr^{3+} 和 Mn^{2+} 。“沉钒”步骤中使用氢氧化铁胶体吸附含钒杂质,滤液 A 中含有大量 Mn^{2+} 和 Cr^{3+} ,加入 $NaOH$ 溶液“沉铬”后, Cr^{3+} 转化为 $Cr(OH)_3$ 沉淀,碱性环境中,部分

关键点

Mn^{2+} 转化为 MnO_2 ,滤液 B 中溶质主要有 $MnSO_4$,由于固体 A 中含有 MnO_2 ,加入 $Na_2S_2O_3$ 溶液的目主要是将 MnO_2 还原为 Mn^{2+} ,同时可以防止 pH 较大时, Mn^{2+} 被空气中的 O_2 氧化, $Cr(OH)_3$ 煅烧后生成 Cr_2O_3 。“转化”步骤中反应的离子方程式为 $Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- = MnO_2 \downarrow + 2H_2O$ 。

【解析】“沉钒”时,氢氧化铁胶体的作用是吸附含钒杂质,使含钒微粒沉降,A 正确;“沉铬”后的操作为过滤,所用的玻璃仪器为烧杯、漏斗、玻璃棒,B 正确;由思路分析可知,“提纯”过程中使用 $Na_2S_2O_3$ 溶液,将 MnO_2 还原为 Mn^{2+} ,再转移至滤液 B 中,实现与铬元素的分离,C 正确;碱性条件下的转化,离子方程式中不能出现 H^+ ,反应的离子方程式为 $Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- = MnO_2 \downarrow + 2H_2O$,D 错误。

4. C 考查点 ▶ 硫与碱溶液反应,盐类水解的应用,物质分离、提纯的综合应用,氧化还原反应及其计算

思路分析

黄铜矿(主要成分为 $CuFeS_2$,含少量的 SiO_2)加入氯化铁溶液进行浸取,“一次浸取”后的滤渣主要为 $CuCl$ 、S、 SiO_2 ,可知 $CuFeS_2$ 和氯化铁反应会生成 $CuCl$ 和 S;过滤后的滤渣加入 $NaCl$ 溶液进行“二次浸取”, $CuCl$ 转化为 $[CuCl_2]^-$,过滤后所得滤液加入盐酸调节 pH, $[CuCl_2]^-$ 转化为 Cu 。

【解析】结合已知信息,可知 $CuFeS_2$ 和氯化铁反应会生成 $FeCl_2$ 、 $CuCl$ 和 S,根据得失电子守恒以及元素守恒得反应的化学方程式,A 正确;“滤液 1”的主要成分为氯化亚铁,在空气中加热会被氧化为氯化铁,蒸干过程中氯化铁水解生成氢氧化铁,灼烧得到

易错点

氧化铁,B 正确;“二次浸取”后滤渣为 S 和 SiO_2 ,两者均能与 $NaOH$ 反应,因此不能用热的 $NaOH$ 溶液分离,C 错误;“调节 pH”时发生反应: $2[CuCl_2]^- \xrightarrow{H^+} Cu \downarrow + Cu^{2+} + 4Cl^-$,每生成 1 mol Cu ,转移 1 mol 电子,D 正确。

5. C 创新点 ▶ 海水脱硫工艺

【解析】为了使吸收塔中的烟气与海水充分接触反应,吸收塔内的烟气应从吸收塔底部通入,与塔顶喷淋的海水逆向充分接触,A 错误; $K_{a1}(H_2SO_3) > K_{a1}(H_2CO_3) > K_{a2}(H_2SO_3)$,故吸收塔内二

关键点

氧化硫和海水中碳酸氢根离子发生反应的离子方程式为 $SO_2 + HCO_3^- = HSO_3^- + CO_2$,B 错误;脱硫率 = $\frac{2.0 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \times 0.15\% - 144 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}}{2.0 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \times 0.15\%} \times 100\% = 95.2\%$,C 正确;

水质恢复系统的主要作用是降低 CO_2 浓度以提高海水的 pH,D 错误。

6. AB 考查点 ▶ 制备型微工艺流程

思路分析

利用稀硫酸酸浸提锌浸渣, Pb^{2+} 形成硫酸铅进入滤渣 I, Ca^{2+} 形成 $CaSO_4$ 进入滤渣 I;加氨水调 pH 至 5 附近,再加入 $KMnO_4$,使 Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} 继而生成 $Fe(OH)_3$,进入滤渣 II, Mn^{2+} 被氧化成 MnO_2 进入滤渣 II。向滤液中加入 Zn 将 Cu^{2+} 置换为 Cu 单质进入滤渣 III,最后向滤液中加碳酸氢铵沉锌。

【解析】根据思路分析可知，“滤渣 I”的主要成分为 PbSO_4 ，调节 pH 约为 5，“物质 A”可选用氨水，A 正确；“氧化”时， Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 被氧化，为保证 KMnO_4 的还原产物只有 MnO_2 ，要维持溶液 pH=5，而在 KMnO_4 氧化 Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 时，溶液的 pH 会发生变化，还需

关键点

加适量氨水维稳最佳 pH，B 正确；根据思路分析可知，“置换”时，发生的置换反应为 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ，若用 NaCl 和金属 Zn 可获得 CuCl 沉淀，1 mol Zn 可以和 2 mol Cu^{2+} 发生氧化还原

关键点

反应，金属 Zn 的用量减少，C 错误；“沉锌”时，反应的离子方程式为 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{ZnCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，D 错误。

7. CD 突破点 ▶ 提取型微工艺流程

思路分析

该流程最终要提取钴，故其他金属元素均需除去。酸浸后的阳离子有 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ，加入过量铁粉除去 Cu^{2+} ，生成的 Fe^{2+} 用 NaClO_3 氧化为黄钠铁矾晶体除去，NaF 将 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 转化成沉淀除去，最后用 HA、反萃取法萃取 Co^{2+} ，从而完成提取。

【解析】根据思路分析可知，“滤渣 I”中含有生成的 Cu 和过量 Fe，A 错误；“过滤 II”发生反应生成 $[\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}]$ 晶体，反应的离子方程式为 $2\text{Na}^+ + \text{ClO}_3^- + 6\text{Fe}^{2+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 9\text{H}_2\text{O} =$

$\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12} \downarrow + \text{Cl}^- + 6\text{H}^+$ ，B 错误；“过滤 III”中，为使 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 沉淀完全，则 $c_{\min}(\text{F}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{1.0 \times 10^{-5}}} =$

$\sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-10}}{1.0 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-2.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})} = \frac{K_{\text{a}}(\text{HF})}{c(\text{F}^-)}$ ，溶液

中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})}$ 的最大值为 $\frac{K_{\text{a}}(\text{HF})}{c_{\min}(\text{F}^-)} = \frac{7.0 \times 10^{-4}}{10^{-2.5}} = 7.0 \times 10^{-1.5}$ ，C 正确；多

次萃取可以提高萃取率，“反萃取”时，可以通过多次加入硫酸，进行多次萃取实现 Co^{2+} 萃取率的提高，D 正确。

8. D 突破点 ▶ 离子方程式、沉淀溶解平衡、物质的洗涤操作

思路分析

镍铂靶材废料的主要成分为 Ni、Pt 以及微量 Fe、Al 的单质，加稀盐酸溶解除去 Ni、Fe、Al，在滤渣中加王水溶解 Pt，加氯化铵溶液生成 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ 沉淀，“煅烧” $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ 生成海绵 Pt。

【解析】“溶解”时 Pt 被氧化为 PtCl_6^{2-} ，Pt 元素化合价由 0 价升高为 +4 价，N 元素化合价由 +5 价降低为 +2 价，根据得失电子守恒、电荷守恒写出反应的离子方程式： $3\text{Pt} + 16\text{H}^+ + 4\text{NO}_3^- + 18\text{Cl}^- = 3\text{PtCl}_6^{2-} + 4\text{NO} \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ，A 正确；“沉铂”中，若向 $c(\text{PtCl}_6^{2-}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液里加入等体积的 NH_4Cl 溶液，使

PtCl_6^{2-} 沉淀完全，反应后 $c(\text{NH}_4^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6]}{c(\text{PtCl}_6^{2-})}} =$

$\sqrt{\frac{5.7 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 NH_4Cl 溶液的最小浓

度约为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 + 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 = 1.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，B 正确；“操作 1”中包括过滤及沉淀的洗涤，为降低 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ 的溶解度，洗涤沉淀时最好选用饱和 NH_4Cl 溶液，C 正确；隔绝空气“煅烧”时只生成两种单质 (N_2 和 Pt)，H 和 Cl 的化合价没有变化，Pt 元素化合价由 +4 价降低为 0 价，N 元素化合价由 -3 价升高为 0 价，根据得失电子守恒可知，生成 Pt 和 N_2 的物质的量

之比为 3:2，则每生成 117.0 g Pt，生成 N_2 的物质的量为 $\frac{117.0 \text{ g}}{195 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \frac{2}{3} = 0.4 \text{ mol}$ ，在标准状况下体积为 8.96 L，D 错误。

全章真题训练

刷真题

刷本源

1. D 命题点 ▶ 实验试剂的选择

【解析】 AlCl_3 属于强酸弱碱盐,水解生成氢氧化铝和盐酸,盐酸的存在可有效抑制 Al^{3+} 的水解,实验室中配制 AlCl_3 溶液时,通常先将 AlCl_3 固体溶于盐酸后加水稀释,A 正确;蔗糖在酸性条件下水解生成果糖和葡萄糖,淀粉在酸性条件下彻底水解生成葡萄糖,蔗糖和淀粉的水解可加入稀硫酸作催化剂,B 正确; Ag 能溶于稀硝酸生成可溶性 AgNO_3 ,故附有银镜的试管可以用稀硝酸清洗,C 正确;苯和浓硫酸在加热条件下可以发生磺化反应,不需要加入浓硝酸,且在浓硝酸和浓硫酸的混合溶液中苯会发生硝化反应,D 错误。

2. A 命题点 ▶ 物质之间的转化及产生的现象

【解析】通入 CO_2 气体发生反应: $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$ 、 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,在相同温度下

易错点

NaHCO_3 的溶解度小于 Na_2CO_3 ,最终仍有白色晶体析出,不会得到澄清溶液,A 错误;通入 Cl_2 ,发生反应 $\text{Cl}_2 + 2\text{FeCl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3$ 、 $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$,最终 Fe 消失,得到澄清溶液,B 正确;通入 HCl , NO_3^- 在酸性条件下会表现强氧化性,发生离子反应: $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,最终 Cu 消失,得到澄清溶液,C 正确; AgCl 在水中存在沉淀溶解平衡: $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$,通入 NH_3 后, Ag^+ 与 NH_3 结合成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$,使沉淀溶解平衡正向移动,最终 AgCl 消失,得到澄清溶液,D 正确。

3. C 命题点 ▶ 氧化还原知识和元素化合物的性质

【解析】向 NaHSO_3 溶液中滴加氢硫酸,发生氧化还原反应,生成淡黄色固体硫单质,该过程中 NaHSO_3 作氧化剂, H_2S 作还原剂,则可以证明 HSO_3^- 具有氧化性,A 项正确;向酸性高锰酸钾溶液中加入 Fe_3O_4 粉末,紫色褪去,说明 Fe_3O_4 粉末中含有 Fe^{2+} , Fe^{2+} 具有还原性,将酸性高锰酸钾溶液还原,使其紫色褪去,B 项正确;浓硝酸不稳定,受热易分解,向浓硝酸中插入红热的炭,产生

易错点

红棕色气体,不能证明该气体一定是炭和浓硝酸反应生成的,也可能是浓硝酸分解产生的,C 项错误; NaClO 属于强碱弱酸盐,向 NaClO 溶液中滴加酚酞,先变红,说明 ClO^- 水解生成 HClO 和 OH^- ,离子方程式为 $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$,而次氯酸具有强氧化性,可以使红色褪去,D 项正确。

4. B 命题点 ▶ 物质制备的流程

【解析】以 SO_2 和纯碱为原料制备无水 NaHSO_3 ,反应原理为 $2\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHSO}_3 + \text{CO}_2$,A 项正确;要使产物得到 NaHSO_3 ,需通入足量 SO_2 ,则结晶后母液中溶质是 NaHSO_3 ,一定不含有 NaHCO_3 ,B 项错误;为了防止 NaHSO_3 分解,气流干燥湿料时温度不能过高,C 项正确;向含 NaHSO_3 的母液中加入 Na_2CO_3 中和至 $\text{pH}=8$,中和后溶液中含 Na_2SO_3 和 NaHCO_3 ,D 项正确。

5. (1) 检查装置的气密性 球形冷凝管下端无液体滴下 缺少 H_2 的尾气处理装置;C、D 之间缺少干燥装置



命题点 ▶ 无机物制备实验,涉及实验操作、尾气处理、实验条件控制、化学方程式书写、产品纯度测定等

【解析】(1) 本实验中产品易水解,实验时需隔绝空气,故连接实验装置后,先检查装置的气密性,然后添加药品,再通入一段时间的 HCl 排尽装置中的空气后开始实验;管式炉内反应生成的气态 SiHCl_3 会在球形冷凝管中冷凝成液体滴入蒸馏烧瓶中,当

球形冷凝管下端没有液体滴下时,表示反应结束。本实验需保证收集装置处于无水条件下,则需要在 C、D 之间加一个干燥装置,同时 H_2 属于易燃易爆气体,需要进行尾气处理。

(2) 根据电负性顺序可知, $SiHCl_3$ 中 Si 显+4 价,H 显-1 价,该反应可看作 $SiHCl_3$ 先与水反应生成 H_2SiO_3 、 HCl 、 H_2 后, H_2SiO_3 、 HCl 再与 $NaOH$ 反应,则化学方程式为 $SiHCl_3 + 5NaOH = Na_2SiO_3 + 3NaCl + 2H_2O + H_2 \uparrow$ 。

(3) 样品纯度测定的原理为样品经水解、干燥等预处理过程得硅酸水合物,在坩埚(A)中灼烧后生成 SiO_2 ,为防止灼烧后的 SiO_2 吸水影响纯度计算,故需要在干燥器(C)中冷却,再称量。根据

$$\text{关系式: } SiHCl_3 \sim SiO_2, \text{ 可计算样品纯度为 } \frac{\frac{m_2}{60} \times 135.5 \text{ g}}{m_1 \text{ g}} \times 100\% = \frac{135.5m_2}{60m_1} \times 100\%。$$

刷借鉴

6.D 命题点 氧化还原反应规律

【解析】因氧化性: $Cl_2 > Br_2$, 故 Cl_2 可将 Br^- 氧化为 Br_2 , A 正确; Br_2 具有氧化性, SO_2 具有还原性, 二者反应时 Br_2 被还原为 Br^- , B 正确; 根据同一反应中氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性, 可得氧化性: $Br_2 > Fe^{3+}$, C 正确; 根据题意, Br_2 发生歧化反应生成 $NaBr$ 和 $NaBrO_3$, 反应的化学方程式为 $3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$, 即 3 mol Br_2 参与反应转移 5 mol 电子, D 错误。

易错警示

歧化反应中, 某反应物既作氧化剂又作还原剂, 反应物中某元素一部分得电子被还原, 另一部分失电子被氧化。

7.A 命题点 氯气的制备与性质检验实验

【解析】用浓盐酸与 MnO_2 反应制备 Cl_2 时需要加热, A 错误; 制备的 Cl_2 中混有 HCl 和 H_2O , 通过盛有饱和食盐水的洗气瓶除去混有的 HCl , 盛有无水 $CaCl_2$ 的干燥管除去水蒸气, B 正确; Cl_2 的密度大于空气, 可利用向上排空气法收集, C 正确; H_2 在 Cl_2 中可以燃烧, 瓶口有白雾, 证明生成 HCl , 则 Cl_2 在反应中作氧化剂, 可验证 Cl_2 的氧化性, D 正确。

8.C 命题点 碘钟反应、氧化还原反应

【解析】淀粉遇碘变蓝, 溶液由无色变为蓝色, 说明生成了 I_2 , A 正确; 溶液由蓝色变为无色, 说明反应生成的 I_2 又转化为化合态, B 正确; 溶液颜色在无色和蓝色之间来回振荡, 是 I 元素在化合态和单质之间不断转化, H_2O_2 没有起到漂白作用, C 错误; 淀粉作为检验碘单质存在的指示剂, D 正确。

快解

H_2O_2 的漂白性是永久性漂白, 不会出现颜色在无色和蓝色之间来回振荡的情况, C 错误。

9.C 命题点 铜与稀硝酸反应过程中的现象分析

思路分析

- ①铜与稀硝酸反应生成硝酸铜、 NO 和 H_2O , NO 被空气中的氧气氧化为 NO_2 , 导致瓶中气体呈红棕色, B 错误;
- ②铜与稀硝酸的反应放热, 随着反应进行, 装置中温度升高, 反应速率加快, 生成的 NO_2 增多, 气体颜色逐渐变深;
- ③ NO_2 可与 H_2O 反应生成 HNO_3 和 NO , 导致颜色变浅, C 正确;
- ④锥形瓶中 NO 逐渐增多, 压强增大, 锥形瓶中液面下降, 长颈漏斗中液面上升, 最终固(铜丝)液(稀 HNO_3) 分离, 反应停止, D 错误。

【解析】开始时温度较低, 铜丝与稀 HNO_3 反应缓慢, 且铜在稀硝酸中不会发生钝化, A 错误。

10. B 命题点 ▶ 工业制取硫酸、平衡转化率等

思路分析

黄铁矿和空气中的 O_2 在加热条件下反应生成 SO_2 和 Fe_3O_4 等, SO_2 和空气中的 O_2 在 $400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ 、常压、催化剂的作用下反应生成 SO_3 , 用 98.3% 的浓硫酸吸收 SO_3 得到发烟硫酸。

【解析】黄铁矿中的 FeS_2 和空气中的 O_2 在加热条件下反应生成 SO_2 和 Fe_3O_4 , 化学方程式为 $3FeS_2 + 8O_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 6SO_2$, A 正确; SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3 是气体体积减小的放热反应, II 中的反应条件综合考虑了 SO_2 平衡转化率、反应速率和生产成本等, 催化剂是为了提高反应速率, 不能提高 SO_2 平衡转化率, B 错误; 将黄铁矿换成硫黄, 不会生成 Fe_3O_4 等, 即可以减少废渣产生, C 正确; 生产过程中产生的尾气为 SO_2 和 SO_3 , 可以用碱液吸收, D 正确。

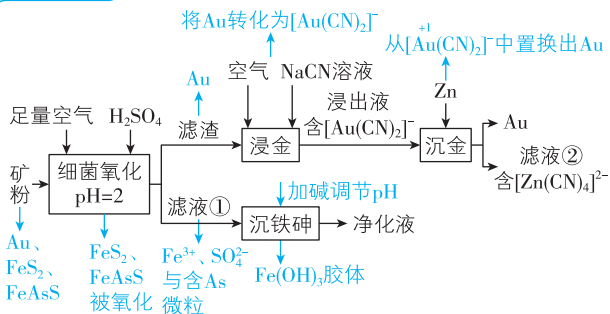
11. C 命题点 ▶ 物质转化、实验装置分析与评价

【解析】长期放置的红磷, 表面会生成磷的氧化物和磷的含氧酸, 可用水洗涤除去表面杂质, 得到纯净的红磷, A 正确; 红磷在转化过程中, 应避免接触氧气和水, 防止发生副反应, 红磷转入装置后, 抽真空后加热外管, 以去除水和氧气, B 正确; 应从 b 口通入冷凝水, 随水量增加、水面上涨, 水从 a 口流出, C 错误; 在氮气氛围下收集冷却的白磷, 可防止其与氧气反应, D 正确。

12. (1) $CuSO_4$ (2) $4FeS_2 + 15O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{细菌}} 4Fe^{3+} + 8SO_4^{2-} + 4H^+$
 (3) $Fe(OH)_3$ (或 $FeAsO_4$) (4) BC
 (5) 形成配合物, 促进金的氧化 (6) 还原剂 (或置换 Au)
 (7) $Na_2 [Zn(CN)_4] + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 4HCN + Na_2SO_4$
 NaCN

命题点 ▶ 工艺流程分析, 涉及陌生反应方程式书写、元素化合物性质、配合物等

要点图解



【解析】(1) 结合古代“湿法炼铜”与胆矾可知“胆水”主要溶质为 $CuSO_4$ 。

(2) FeS_2 中 Fe 呈 +2 价, S 呈 -1 价, 结合题给信息“金属硫化物在‘细菌氧化’时转化为硫酸盐”可知, 足量 O_2 与 FeS_2 反应时, Fe 元素被氧化为 Fe^{3+} , S 元素被氧化为 SO_4^{2-} , 根据得失电子守恒、电荷守恒及质量守恒得反应的离子方程式为 $4FeS_2 + 15O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{细菌}} 4Fe^{3+} + 8SO_4^{2-} + 4H^+$ 。

(3) 滤液①中含有 Fe^{3+} , Fe^{3+} 易水解, 加碱调节 pH 可生成 $Fe(OH)_3$ 胶体, $Fe(OH)_3$ 胶体可起絮凝作用, 促进了含 As 微粒的沉降, 达到了净水的目的。

(4) 细菌需要一定的活性温度, A 错误; “焙烧氧化”需要在高温下进行, 同时会生成污染性气体 SO_2 等, 而“细菌氧化”只需要保证细菌的活性温度, 通常不超过 $100\text{ }^\circ\text{C}$, 且 S 元素转化为硫酸盐, 减少了有害气体的产生, B、C 正确; 该过程用到酸的同时也会有砷元素浸出, 因此必然会产生需要处理的废液, D 错误。

(5) “真金不怕火炼”表明 Au 难被 O_2 氧化, 但 Au 可以在 NaCN 溶液中被 O_2 氧化, 是因为形成 $[Au(CN)_2]^-$ 配离子, 促进氧化反应正向进行。

(6) “沉金”过程中, Zn 作还原剂, 置换出 $[Au(CN)_2]^-$ 中的 Au。

(7) 由题给流程图知, 滤液②中阴离子为 $[Zn(CN)_4]^{2-}$, 阳离子为加入 NaCN 时引入的 Na^+ , 则溶质主要为 $Na_2[Zn(CN)_4]$, 已知滤液②经 H_2SO_4 酸化, $[Zn(CN)_4]^{2-}$ 转化为 $ZnSO_4$ 和 HCN, 结合元素守恒可得反应的化学方程式为 $Na_2[Zn(CN)_4] + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 4HCN + Na_2SO_4$; 用碱(氢氧化钠)中和 HCN 可生成 NaCN, 可在“浸金”时使用, 实现循环利用。

13. (1) 圆底烧瓶 (2) E C D (3) BC (4) 液封 (5) ABC
(6) 99%

命题点 物质制备实验, 涉及仪器识别、实验装置的作用与连接、产品纯度的计算等

【解析】(1) 根据仪器 X 的外形特征可知其为圆底烧瓶。

(2) 装置 E 用于除去酸性气体杂质, 但气体通过 E 时可能带有水蒸气, 所以装置 C 应设置在装置 E 之后, 为了使 H_2S 在装置 F 内充分冷却并收集, 装置 F 前应连接装置 D 进行预冷却。

(3) 装置 C 用于干燥 H_2S , 因为 H_2S 是酸性气体, 所以不能使用碱性干燥剂, 可使用五氧化二磷或无水氯化钙进行干燥。

(4) 装置 G 中的汞可以防止外界 O_2 进入使 H_2S 氧化或装置 F 内液态 H_2S 挥发进入空气造成污染, 实现液封作用。

(5) 为防止 H_2S 和装置 G 中的汞挥发造成危害, 该实验须在通风橱内进行, A 正确; 为了使 H_2S 充分冷却液化, 用装置 D 进行预冷却, B 正确; $MgCl_2$ 是制备 H_2S 反应中的反应物, 为避免反应过程中消耗 $MgCl_2$ 使其浓度降低, 反应产生 H_2S 的速率不稳定, 应加入过量的 $MgCl_2$ 固体使 $MgCl_2$ 溶液保持饱和, C 正确; 若使用硝酸吸收 H_2S 尾气, 会产生氮氧化物造成环境污染, D 错误。

(6) 由题意可得关系式: $H_2S \sim CuS \sim CuO$, $m(CuO) = 32.814 \text{ g} -$

$31.230 \text{ g} = 1.584 \text{ g}$, $n(CuO) = \frac{1.584 \text{ g}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0198 \text{ mol}$, 则

$n(H_2S) = 0.0198 \text{ mol}$, $m(H_2S) = 0.0198 \text{ mol} \times 34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} =$

0.6732 g , 因此产品的纯度为 $\frac{0.6732 \text{ g}}{0.680 \text{ g}} \times 100\% = 99\%$ 。