

第五章 化工生产中的重要非金属元素

第一节 硫及其化合物

课时 1 硫和二氧化硫

刷基础

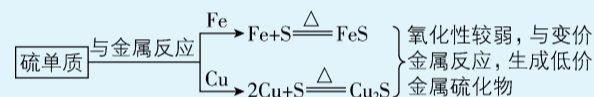
1. D 【解析】硫元素在自然界中既有化合态,也有游离态(火山口附近或地壳的岩层中),A 错误;硫单质难溶于水,微溶于酒精,易溶于二硫化碳,B 错误;硫在空气中燃烧发出淡蓝色火焰,C 错误; S_2 、 S_4 、 S_6 、 S_8 均为硫的单质,互为同素异形体,D 正确。

2. B 【解析】S 为弱氧化剂,只能将铁氧化成+2 价,该反应化学方程式为 $Fe + S \xrightarrow{\Delta} FeS$,A 错误;S 可与氢气在加热条件下化合生成硫化氢,其化学方程式为 $S + H_2 \xrightarrow{\Delta} H_2S$,B 正确;S 为弱氧化剂,只能将铜氧化成+1 价,其化学方程式为 $2Cu + S \xrightarrow{\Delta} Cu_2S$,C 错误;硫与氧气在点燃条件下反应生成二氧化硫,其化学方程式为 $O_2 + S \xrightarrow{\text{点燃}} SO_2$,D 错误。

易错点:一般条件下,S 只能将变价金属如 Fe、Cu 氧化至低价态

学方程式为 $Fe + S \xrightarrow{\Delta} FeS$,A 错误;S 可与氢气在加热条件下化合生成硫化氢,其化学方程式为 $S + H_2 \xrightarrow{\Delta} H_2S$,B 正确;S 为弱氧化剂,只能将铜氧化成+1 价,其化学方程式为 $2Cu + S \xrightarrow{\Delta} Cu_2S$,C 错误;硫与氧气在点燃条件下反应生成二氧化硫,其化学方程式为 $O_2 + S \xrightarrow{\text{点燃}} SO_2$,D 错误。

易错警示 (1) 硫的弱氧化性



(2) 硫无论在空气中还是纯氧中燃烧,产物均为 SO_2 , SO_2 需在催化剂、加热条件下才能进一步被氧化为 SO_3 。

3. D

教材变式 本题是教材 P10 练习与应用第 2 题的变式题,教材考查了 SO_2 的物理性质、还原性及酸性氧化物的性质等,变式题则考查了 SO_2 的还原性、溶于水显酸性以及漂白性等,综合考查了 SO_2 的化学性质。

【解析】 SO_2 能与水反应生成 H_2SO_3 , H_2SO_3 为弱酸,能使紫色石蕊溶液变红,A 正确; SO_2 与水反应生成亚硫酸,亚硫酸不

易错点: SO_2 不能漂白酸碱指示剂

稳定,容易分解生成 SO_2 和水,两个过程可同时发生,故 SO_2 与水的反应为可逆反应,B 正确; SO_2 在适当温度并有催化剂的条件下,可以被氧气氧化生成 SO_3 ,C 正确;溴水褪色是因为 SO_2 与 Br_2 发生氧化还原反应 $Br_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$, SO_2 作还原剂体现还原性,而非漂白性,D 错误。

4. B 【解析】根据“强酸制弱酸”,70% 的浓硫酸可与亚硫酸钠反应生成 H_2SO_3 , H_2SO_3 分解得到 SO_2 气体,A 不符合题意; SO_2 易溶于水,仅根据试管内液面上升,不能证明 SO_2 与水发生了反应,要验证 SO_2 与水反应还需进一步测定溶液的 pH,B 符合题意; SO_2 能使品红溶液褪色,体现了 SO_2 的漂白性,C 不符合题意;浓硫酸与 SO_2 不反应,可以用来干燥 SO_2 ,D 不符合题意。

5. A 【解析】漂白粉中的 ClO^- 与少量 SO_2 反应时, SO_2 被氧化为 SO_4^{2-} 并结合 Ca^{2+} 生成 $CaSO_4$ 沉淀, ClO^- 被还原为 Cl^- ,同

时生成 $HClO$,离子方程式为 $Ca^{2+} + SO_2 + H_2O + 3ClO^- = CaSO_4 \downarrow + 2HClO + Cl^-$,A 正确; SO_2 与 $BaCl_2$ 溶液不反应,酸性条件下无法生成 $BaSO_3$ 沉淀,B 错误; H_2S 是弱电解质,不能拆写为离子形式,正确反应为 $SO_2 + 2H_2S = 3S \downarrow + 2H_2O$,C 错误;酸性环境中 OH^- 不会参与反应,故正确的离子方程式为 $5SO_2 + 2MnO_4^{2-} + 2H_2O = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$,D 错误。

6. C 【解析】① SO_2 具有氧化性,能与 H_2S 溶液反应生成单质硫(有黄色沉淀生成)和 H_2O ,而 CO_2 没有此性质,所以能利用 H_2S 溶液鉴别 SO_2 和 CO_2 ;② SO_2 具有还原性,能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化(溶液褪色),而 CO_2 没有此性质,所以能利用酸性 $KMnO_4$ 溶液鉴别 SO_2 和 CO_2 ;③ SO_2 具有漂白性,能使品红溶液褪色,而 CO_2 没有此性质,所以能利用品红溶液鉴别 SO_2 和 CO_2 ;④ SO_2 和 CO_2 均不与 $BaCl_2$ 溶液反应,因此不能用 $BaCl_2$ 溶液鉴别 SO_2 和 CO_2 ;⑤ SO_2 具有还原性,可与溴水发生氧化还原反应而使溴水褪色,但 CO_2 没有此性质,通入溴水没有明显现象,因此可用溴水鉴别两者;综上所述,有 4 个试剂可以鉴别 SO_2 和 CO_2 ,C 符合题意。

归纳总结 鉴别 SO_2 与 CO_2 的一般方法

(1) 利用物理性质鉴别: SO_2 有刺激性气味。

(2) 利用化学性质鉴别

① 氧化性:与硫化氢气体混合或通入 H_2S 溶液中,有黄色固体生成。

② 还原性:将气体通入氯水(或溴水)中,氯水(或溴水)褪色;将气体通入酸性高锰酸钾溶液中,酸性高锰酸钾溶液褪色;将气体通入氯化铁溶液中,氯化铁溶液由棕黄色变成浅绿色;将气体通入硝酸钡溶液中,产生白色沉淀。

③ 漂白性:将气体通入品红溶液中,品红溶液褪色,加热,溶液颜色又恢复。

7. B 【解析】品红溶液用于检测 SO_2 的存在,无法判断是否含有 CO_2 ,A 不符合题意;足量酸性 $KMnO_4$ 溶液可完全吸收 SO_2 ,剩余气体若使澄清石灰水变浑浊,则证明含 CO_2 ,B 符合题意; SO_2 和 CO_2 均能使澄清石灰水变浑浊,无法区分,C 不符合题意; $NaOH$ 溶液会同时吸收 SO_2 和 CO_2 ,导致无法检测 CO_2 ,D 不符合题意。

模型建构 CO_2 和 SO_2 混合气体的检验与除杂步骤

① 检验 SO_2 :直接通入品红溶液,若褪色则证明有 SO_2 ;

② 除去 SO_2 :通入酸性 $KMnO_4$ 溶液或溴水;

③ 检验 SO_2 是否除尽:再次通入品红溶液,若不褪色则 SO_2 已除尽;

④ 检验 CO_2 :最后通入澄清石灰水,若变浑浊则证明有 CO_2 。

8. B 【解析】二氧化硫易溶于水,三氧化硫极易与水反应,A 错误;二氧化硫和三氧化硫都属于酸性氧化物,B 正确;三氧化硫与水反应生成 H_2SO_4 ,C 错误;三氧化硫不具有漂白性,D 错误。

9. B 【解析】 SO_3 与 $BaCl_2$ 溶液反应生成白色沉淀 $BaSO_4$, SO_2 不能和 $BaCl_2$ 溶液反应,A 正确;将产物中气体通入试管 b 进行冷水浴,已知 SO_2 的沸点为 $-10^\circ C$, SO_3 的沸点为 $44.8^\circ C$,则试管 b 中 SO_3 、 H_2O 液化,二者发生反应 $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$,

故试管 b 中既有物理变化又有化学变化, **B 错误**; 反应的另一
→ **易错点**: 不要遗漏水蒸气

种含硫生成物为 SO_2 , SO_2 能使品红溶液褪色, 则试管 c 中应加入的试剂为品红溶液, **C 正确**; 假设 $2 \text{ mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 分解, 则生成 1 mol SO_3 、 $14 \text{ mol H}_2\text{O}$, 二者发生反应 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$, 反应后溶液中含 $13 \text{ mol H}_2\text{O}$ 、 $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$, 溶质为 H_2SO_4 , 溶质质量分数 = $\frac{1 \text{ mol} \times 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ mol} \times 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 13 \text{ mol} \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 29.5\%$, **D 正确**。

- 10. (1)** $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
(2) 浓硫酸 向上排空气法
(3) D 装置中溶液由红色变为无色(或 D 装置中溶液红色褪去)
(4) ①c ② CaSO_4 ③ $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$

思路导引 在 A 中用 70% 的浓硫酸与 Na_2SO_3 反应制备 SO_2 , 制得的 SO_2 中含有水蒸气, 在 B 中用浓硫酸进行干燥, 在 C 中用向上排空气法收集 SO_2 , 在 D 中用含酚酞的 NaOH 溶液进行尾气处理。
为了探究 SO_2 的性质, 将制得的 SO_2 通入含有 H_2S 溶液的 E 中, 发生反应 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 产生淡黄色沉淀; 将 SO_2 通入含有 FeCl_3 溶液的 F 中, 发生反应 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, F 中黄色溶液变为浅绿色; 将 SO_2 通入含有品红溶液的 G 中, 品红溶液由红色变为无色, 最后将 SO_2 通入含漂白粉溶液的 H 中, 发生反应 $\text{Ca}^{2+} + 3\text{ClO}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \downarrow + \text{Cl}^- + 2\text{HClO}$, 生成 CaSO_4 白色沉淀。

【解析】(1) 亚硫酸钠与 70% 的浓硫酸反应生成硫酸钠、二氧化硫和水, 化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。
(2) 由分析知, 制得的 SO_2 中含有水蒸气, 在 B 中用浓硫酸进行干燥, C 中用向上排空气法收集 SO_2 。
(3) C 中收集满 SO_2 后, SO_2 进入 D 中, 与含酚酞的 NaOH 溶液反应, 使 D 中溶液碱性减弱, 含酚酞的 NaOH 溶液由红色变为无色。
(4) ①由分析知, E 中 SO_2 与 H_2S 发生归中反应, 产生淡黄色沉淀, 证明 SO_2 具有氧化性; F 中黄色溶液变浅绿色, H 中生成 CaSO_4 白色沉淀均可证明 SO_2 具有还原性; G 中品红溶液由红色变为无色, 该现象说明 SO_2 有漂白性。故选 c。
②由分析可知, 将 SO_2 通入含漂白粉溶液的 H 中, 生成的白色沉淀为 CaSO_4 。③将 SO_2 通入含有 FeCl_3 溶液的 F 中, SO_2 被 Fe^{3+} 氧化为 SO_4^{2-} , 同时, Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} , 反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

刷易错

★ **易错点** 不同漂白剂的漂白原理辨析

11. C 【解析】新制氯水、臭氧、过氧化钠、双氧水都有强氧化性, 都可以使品红溶液褪色, 属于氧化型漂白; 活性炭具有吸附性, 可使品红溶液褪色, 属于吸附型漂白; SO_2 与品红结合生成不稳定的无色物质而使品红溶液褪色, 属于化合型漂白, **C 符合题意**。

易错警示 漂白原理辨析

(1) 基本概念界定

概念	定义	本质	变化类型
漂白	将有色物质转变为白色的过程, 通过破坏发色基团实现	有色物质结构被改变	除吸附型外, 均为化学变化
褪色	颜色变浅或消失的现象	有色物质的浓度、结构或环境发生改变	物理变化或化学变化

褪色是现象, 漂白是机理。漂白一定导致褪色, 但褪色不一定属于漂白。

(2) 原理分类

漂白原理	特征	常见漂白剂
氧化	强氧化剂破坏有色物质的发色基团, 褪色后不能恢复原色	HClO 、 NaClO 、 Na_2O_2 、 O_3
化合	与有色物质结合生成无色物质, 受热或久置会分解恢复原色	SO_2
吸附	依靠巨大比表面积物理吸附色素, 属于物理变化	活性炭、硅胶

刷提升

- 1. B 【解析】**标准状况下, SO_3 不是气体, 不能根据气体摩尔体积计算其物质的量, **A 错误**; 一个 S_8 分子中含有 8 个 S—S, 32 g (0.125 mol) S_8 含有的 S—S 个数 = $0.125 \text{ mol} \times 8 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 8N_A$, **B 正确**; 铁与硫反应生成 FeS , Fe 的化合价从 0 升高至 +2, S 的化合价从 0 降低至 -2, 5.6 g (0.1 mol) 铁与足量的硫充分反应, 转移电子数为 $0.2N_A$, **C 错误**; SO_2 与氧气生成 SO_3 的反应是可逆反应, 1 mol SO_2 与 0.5 mol O_2 反应转移电子数小于 $2N_A$, **D 错误**。
- 2. A 【解析】** SO_2 溶于水生成 H_2SO_3 , H_2SO_3 与 NaHCO_3 反应生成 CO_2 , 符合强酸制弱酸规律, 说明 SO_2 水溶液呈酸性, **A 正确**; 溴水具有氧化性, 与 SO_2 发生氧化还原反应时 SO_2 被氧化, 说明 SO_2 有还原性, **B 错误**; SO_2 与 H_2S 发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$, SO_2 中 S 元素化合价降低, 作氧化剂, 体现氧化性, **C 错误**; 酸性 KMnO_4 溶液具有强氧化性, 可氧化 SO_2 , 反应后溶液褪色, 说明 SO_2 有还原性, **D 错误**。

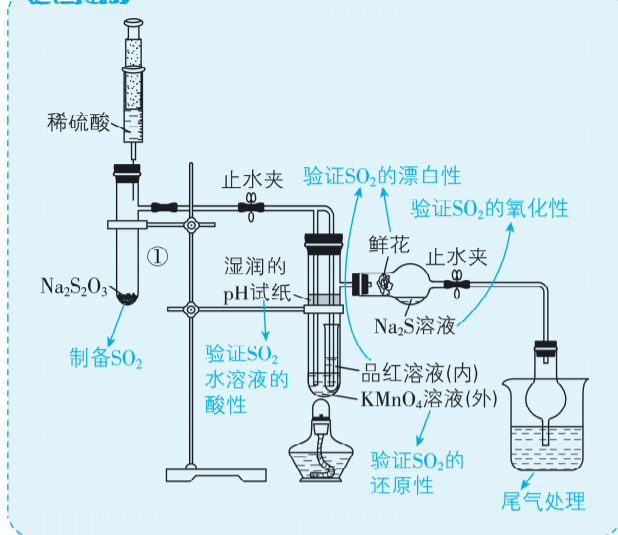
关键点拨 SO_2 使不同试剂变色对应不同性质

- (1) 使酸性 KMnO_4 溶液、溴水褪色→还原性;
- (2) 使品红溶液褪色→漂白性;
- (3) 使紫色石蕊溶液变红→酸性氧化物的性质。

3. C 【解析】过程 I 中, SO_2 和 NaOH 反应生成 Na_2SO_3 和水, SO_2 表现出酸性氧化物的性质, **A 正确**; SO_2 可与空气中的水蒸气和氧气反应生成硫酸, 形成酸雨, 故脱除 SO_2 的主要目的是防止污染空气, 形成酸雨, **B 正确**; 过程 II 中, Na_2SO_3 中 S 元素化合价由 +4 升高为 +6, 失去 2 个电子, O_2 中 O 元素化合价由 0 降低为 -2, 得到 4 个电子, 故 1 mol O_2 参加反应时可氧化 $2 \text{ mol Na}_2\text{SO}_3$, **C 错误**; 双碱法脱硫过程中, 过程 I 消耗 NaOH , 过程 II 生成 NaOH , 故 NaOH 可以循环利用, **D 正确**。

4. B

题图剖析



【解析】该反应中，硫酸中各元素化合价反应前后均没有发生变化，硫酸仅提供 H^+ 、 SO_4^{2-} 生成水、硫酸盐，只体现酸性，**A 正确**； SO_2 溶于水生成亚硫酸，溶液呈酸性， SO_2 会使湿润的 pH 试纸变红，但不会使试纸褪色，**B 错误**；该设计中，pH 试纸

→ **突破点**： SO_2 不能漂白酸碱指示剂

变红可证明 SO_2 水溶液的酸性， KMnO_4 溶液褪色证明 SO_2 的还原性，品红溶液、鲜花褪色证明 SO_2 的漂白性， Na_2S 溶液中生成淡黄色沉淀 S 证明 SO_2 的氧化性，**C 正确**； SO_2 的漂白原理是和有色物质结合生成不稳定的无色物质，加热后无色物质分解，颜色恢复，因此加热褪色后的品红溶液，品红溶液恢复原来的颜色，可证明 SO_2 使品红溶液褪色具有可逆性，**D 正确**。

5. C 【解析】 SO_2 与 H_2O 反应生成 H_2SO_3 ，溶液的酸性增强，所以 a 所示溶液的 pH 降低，**A 正确**；由实验现象知，b 所示溶液中， O_2 、 SO_2 、 H_2O 发生氧化还原反应生成硫酸： $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ，酸性变强，则 b 比 a 所示溶液的 pH 小，硫酸和氯化钡反应生成硫酸钡沉淀，总反应离子方程式为 $2\text{Ba}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 4\text{H}^+$ ，**B 正确**、**C 错误**； SO_2 通入不含 O_2 的 BaCl_2 溶液后，再加入氢氧化钠溶液，发生反应： $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，亚硫酸钠与氯化钡反应： $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} = \text{BaSO}_3 \downarrow$ ，**D 正确**。

6. (1) 不是 (2) $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+$

(3) 硫酸钡(或 BaSO_4)

(4) 吸收挥发出来的溴蒸气，防止干扰实验

(5) 加热，将气体通入品红溶液中，品红溶液褪色 $2\text{Br}^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (6) $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{Br}_2 > \text{SO}_2$

思路导引 A 中浓硫酸和亚硫酸钠反应生成二氧化硫，二氧化硫进入 B 中，和溴单质反应生成溴离子，再向 B 中滴加过氧化氢溶液，过氧化氢又将溴离子氧化为溴单质，C 中生成不溶于酸的白色沉淀，说明沉淀为硫酸钡。

【解析】(1) 浓硫酸和亚硫酸钠反应生成二氧化硫、硫酸钠和水，反应中没有元素化合价改变，不是氧化还原反应。

(2) 二氧化硫具有还原性，B 中溴水褪色，说明溴单质和二氧化硫发生氧化还原反应生成 SO_4^{2-} 和 Br^- ，反应的离子方程式为 $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+$ 。

(3) 取 C 中沉淀于试管中，加入稀盐酸，沉淀不溶解，说明 C 中生成的沉淀是 BaSO_4 。

(4) Br_2 易挥发，若 Br_2 挥发进入 C 中，溴单质也可以将 SO_2 氧化为 SO_4^{2-} ， Br_2 易溶于 CCl_4 ，所以在 B 和 C 之间增加盛放 CCl_4 的洗气瓶 D，可吸收挥发出来的溴蒸气，防止干扰实验。

(5) H_2SO_3 不稳定，受热容易分解产生有漂白性的 SO_2 ，所以为验证假设 2 成立，应进行的实验操作及现象：取滴加少量 H_2O_2 溶液前的 B 中溶液于试管中，加热，将气体通入品红溶液中，品红溶液褪色。继续滴加 H_2O_2 溶液，一段时间后，溶液的颜色逐渐变成橙黄色，说明过氧化氢将溴离子氧化为溴单质，故此时发生反应的离子方程式为 $2\text{Br}^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 由 $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+$ 可知，溴单质的氧化性强于二氧化硫的氧化性；由 $2\text{Br}^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 可知，过氧化氢的氧化性强于溴单质的氧化性，故 H_2O_2 、 SO_2 、 Br_2 的氧化性由强到弱的顺序是 $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{Br}_2 > \text{SO}_2$ 。

刷素养

7. A 【解析】实验 II：1.5 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CuSO_4 溶液和 3.5 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液混合，先生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，通入 SO_2 ，开始时有砖红色沉淀 Cu_2O 出现，随着 SO_2 不断通入 ($\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$)，溶液酸性不断增强， Cu_2O 参与反应转化为 Cu^{2+} 和 Cu ，砖红色沉淀消失，试管底部的少量紫红色固体为铜，故 Cu_2O 消失是由于通入了过量的 SO_2 ，**A 正确**。紫红色固体是单质铜，由题干信息可知 Cu_2O 歧化生成 Cu ，但不能排除 SO_2 直接还原碱性环境中的含 Cu^{2+} 化合物得到 Cu ，**B 错误**。对比实验 I、II，变量为溶液酸碱性：酸性条件下 Cu^{2+} 与 SO_2 不反应，无明显现象；碱性条件下含 Cu^{2+} 化合物可以和 SO_2 发生氧化还原反应，生成 Cu_2O ，说明碱性条件下含 Cu^{2+} 化合物更易被 SO_2 还原，**C 错误**。若砖红色沉淀中混有 Cu ，加入稀硫酸后，其中的 Cu_2O 歧化能生成紫红色固体 Cu 和蓝色含 Cu^{2+} 的溶液，混有的 Cu 与稀硫酸不反应，即无论砖红色沉淀中是否混有 Cu ，洗净后加入稀硫酸都有紫红色固体出现且溶液变蓝，现象相同，因此该操作无法证明沉淀是纯净的 Cu_2O ，**D 错误**。

课时 2 硫酸及硫酸根离子的检验

刷基础

1. B

教材变式 本题是教材 P4 工业制硫酸原理的变式题，从教材中识记工业制硫酸时燃烧、催化氧化、吸收三个阶段，转变为对原料预处理、氧化还原反应相关计算、吸收原理、 SO_2 催化氧化可逆性的综合考查，增加了 FeS_2 中 Fe 和 S 两种元素价态同时变化的转移电子数计算，以及 SO_2 不能全部转化的实际情况，综合考查学生对工业制硫酸的深度理解。

【解析】将块状的黄铁矿粉碎，增大了固体反应物与空气的接触面积，反应速率提高，**A 正确**；沸腾炉中发生反应 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ ，在该反应中， FeS_2 中 Fe 元素化合价

从+2价升高到+3价,S元素化合价从-1价升高到+4价,则

易错点: Fe、S同时升价易漏算

4 mol FeS₂ 参与反应时,转移电子的物质的量为 $4 \times (3-2) \text{ mol} + 4 \times 2 \times [4 - (-1)] \text{ mol} = 44 \text{ mol}$,此时生成 8 mol SO₂,则每生成 1 mol SO₂,转移电子的物质的量为 $\frac{44}{8} \text{ mol} = 5.5 \text{ mol}$,B

错误;若用水吸收 SO₃,SO₃ 溶于水时反应会放出大量热导致酸雾,吸收塔中用 98.3% 的浓硫酸吸收 SO₃,可避免形成酸雾,能够提高吸收效率,C 正确;SO₂ 催化氧化是可逆反应,鼓入足量空气是为了提高 SO₂ 的转化率,但不会使 SO₂ 完全转化,D 正确。

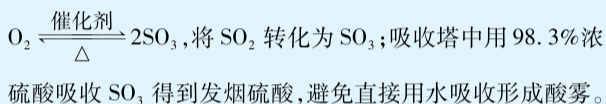
2. (1) 接触室 吸收塔



(3) 形成酸雾 (4) 缺少尾气吸收装置

思路导引

工业制硫酸时,接触室中发生可逆反应 $2\text{SO}_2 +$



【解析】(1) 装置乙中 SO₂ 与 O₂ 在催化剂、加热条件下反应生成 SO₃,对应工业制硫酸装置中的接触室;装置丙中浓硫酸用于吸收生成的 SO₃,对应工业制硫酸装置中的吸收塔。

(2) 装置乙中发生二氧化硫的催化氧化反应,化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$ 。该反应为可逆反应,反应物不能完全转化为生成物,因此导出气体含有未反应的 SO₂、O₂ 与生成的 SO₃。

(3) 丁中,SO₃ 直接与水发生反应: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$,该反应剧烈放热,会使水汽化形成酸雾,阻碍 SO₃ 的吸收,丁中现象为形成酸雾。

(4) 尾气中含有未反应的有毒气体 SO₂,直接排放会污染环境,因此该实验缺少尾气处理装置。

3. C 【解析】常温下,Fe、Al 遇浓硫酸发生钝化,钝化过程中发生了化学反应,A 错误;浓硫酸与 SO₂、H₂、CO 不反应,可以干燥 SO₂、H₂、CO,B 错误;铜与浓硫酸在加热条件下发生反应,部分 H₂SO₄ 被还原生成 SO₂,作氧化剂,铜作还原剂,C 正确;实验室中用浓硫酸与亚硫酸钠反应制取二氧化硫,其原理是用强酸制弱酸,因而在此反应中浓硫酸表现的是酸性,D 错误。

关键点:浓硫酸各元素化合价不变

4. A 【解析】浓硫酸与蔗糖脱水形成的炭黑反应生成的 SO₂ 能使品红溶液褪色,体现浓硫酸的强氧化性,A 符合题意;浓硫酸具有脱水性,能将蔗糖中的 H 原子和 O 原子按 2:1 的比例脱除,蔗糖中加入浓硫酸,白色固体变黑,体现浓硫酸的脱水性,B 不符合题意;浓硫酸将蔗糖脱水炭化过程中会释放大量的热,促使浓硫酸与蔗糖脱水形成的炭黑发生反应: $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,产生大量气体,使固体体积膨胀,C 不符合题意;该过程中,蔗糖发生化学反应,发生了化学键的断裂,D 不符合题意。

5. A 【解析】铜和浓硫酸反应过程中,生成 CuSO₄ 体现浓硫酸的酸性,生成 SO₂ 体现浓硫酸的强氧化性,A 正确;硫酸是难

挥发性酸,a 处的紫色石蕊溶液变红,其原因是 SO₂ 溶于水生成了酸,可说明 SO₂ 是酸性氧化物,B 错误;b 处品红溶液褪色,其原因是 SO₂ 具有漂白性,而 c 处酸性高锰酸钾溶液褪色,其原因是 SO₂ 和 KMnO₄ 发生氧化还原反应,SO₂ 体现还原性,C 错误;实验过程中试管底部出现白色固体,根据元素守恒可知,其成分为无水 CuSO₄,CuSO₄ 未能与水结合,体现浓硫酸吸水性,D 错误。

6. B 【解析】浓硫酸与木炭的反应需要在加热条件下进行,故甲装置中还缺少加热仪器,A 正确;随着反应进行,浓硫酸逐渐变稀,不能继续与木炭粉发生反应,H₂SO₄ 有剩余,B 错误;按甲→丁→丙顺序连接装置,若丁装置中的品红溶液褪色,证明反应有 SO₂ 生成,丙装置可进一步检验并吸收 SO₂,C 正确;按甲→丁(检验二氧化硫)→丙(除去二氧化硫,溶液颜色变浅)→乙(澄清石灰水变浑浊)顺序连接装置,可证明木炭的氧化产物是 CO₂,D 正确。

7. B

教材变式 本题是教材 P10 练习与应用第 6 题的变式题,教材中为设计实验的主动探究考查,变式题转变为判断给定方法能否鉴别的方案评价考查,增加对浓硫酸的黏度、吸水性、稀释放热等典型性质的考查,并设置了“用 pH 试纸鉴别”这一易错项,综合考查学生对浓硫酸与稀硫酸核心性质差异的掌握。

【解析】浓硫酸黏度较大,稀硫酸流动性更好,观察流动性可鉴别,A 正确;浓硫酸具有脱水性,会使 pH 试纸炭化变黑,而非变红,稀硫酸中 H⁺ 浓度更大,可使 pH 试纸变红,现象错误,B 错误;浓硫酸溶于水放出大量的热,稀硫酸放热不明显,可通过放热现象鉴别,C 正确;浓硫酸有吸水性,可使蓝色 CuSO₄ · 5H₂O 晶体失水变为白色粉末 CuSO₄,稀硫酸不具有该性质,D 正确。

8. D 【解析】滴加 BaCl₂ 溶液,产生白色沉淀,该沉淀可能是 BaSO₄,也可能是 AgCl、BaCO₃、BaSO₃ 等,所以不能确定溶液中一定含有 SO₄²⁻,A 错误;滴加盐酸酸化的 BaCl₂ 溶液,产生白色沉淀,同样不能排除 Ag⁺ 的干扰,因为 Ag⁺ 与 Cl⁻ 在酸性条件下也会生成 AgCl 白色沉淀,B 错误;滴加 BaCl₂ 溶液,产生白色沉淀,加稀盐酸沉淀不溶解,还是不能排除 AgCl 沉淀的可能(AgCl 沉淀难溶于酸),C 错误;加入盐酸酸化,无明显现象,排除了 CO₃²⁻(CO₃²⁻ 与 H⁺ 反应会产生二氧化碳气体)、SO₃²⁻(SO₃²⁻ 与 H⁺ 反应会产生二氧化硫气体)和 Ag⁺(Ag⁺ 与 Cl⁻ 反应会生成沉淀)等的干扰,再加入 BaCl₂ 溶液,有白色沉淀生成,此沉淀只能是 BaSO₄,所以能判断溶液中一定含有 SO₄²⁻,D 正确。

易错警示 SO₄²⁻ 检验的常见误区

(1) 只加可溶性钡盐,不酸化。误将 CO₃²⁻、PO₄³⁻、SO₃²⁻ 等干扰离子判断成 SO₄²⁻。因上述离子会产生 BaCO₃、Ba₃(PO₄)₂、BaSO₃ 等白色沉淀。

(2) 误将 Ag⁺ 判断成 SO₄²⁻。如向待测液中滴加 BaCl₂ 溶液有白色沉淀,再加稀盐酸白色沉淀不溶解便断定含 SO₄²⁻。其错误是未注意溶液中不含 SO₄²⁻,而含 Ag⁺ 时也会产生同样的现象: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow (\text{白色})$ 。

(3) 误将 SO_3^{2-} 判断成 SO_4^{2-} 。如向待测液中滴加用稀硝酸酸化的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,生成白色沉淀,便误以为有 SO_4^{2-} 。该错误是未注意 NO_3^- 在酸性环境中具有强氧化性,发生反应:

$$3\text{Ba}^{2+} + 3\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{BaSO}_4(\text{白色}) + 2\text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}。$$

- 9. D** 【解析】焰色试验应使用铂丝或光洁无锈的铁丝蘸取待测液,玻璃棒中含有钠元素,会干扰 Na^+ 的检验, **A 错误**; SO_3^{2-} 与 S^{2-} 的反应需要在酸性条件下才能发生,题给条件下二者不反应,无法证明 SO_3^{2-} 有氧化性, **B 错误**; Na_2SO_3 本身可与 BaCl_2 反应生成 BaSO_3 白色沉淀,无论溶液是否变质都会产生沉淀,无法检验是否变质, **C 错误**;如果 Na_2SO_3 没有完全变质, Na_2SO_3 会与 HCl 反应生成 SO_2 气体,如果完全变质,溶液中只有 Na_2SO_4 , 不能与 HCl 反应,可以检验是否完全变质, **D 正确**。

拓展点:可继续加入稀盐酸,观察沉淀是否完全溶解

- 10. C** 【解析】硫酸钙(熟石膏)常用于制作塑像,因其与水混合后很快凝固成型, **A 正确**。硫酸钡难溶于水和酸,且不容易被 X 射线透过,在医疗上可用作检查消化系统的内服药剂,俗称“钡餐”, **B 正确**。检验水分常用无水硫酸铜(白色粉末),无水 CuSO_4 遇水转化为蓝色的胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$),胆矾本身无法检验水, **C 错误**。明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 溶于水后会生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体,可以吸附水中的悬浮物和杂质使其聚集而沉降,达到净水目的, **D 正确**。

速记:石灰石为 CaCO_3 ,生石灰为 CaO ,熟石灰为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,生石膏为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,熟石膏为 $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

- 11. C** 【解析】自然界的石膏是生石膏,化学式为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (二水合硫酸钙), **A 正确**;波尔多液由硫酸铜和石灰乳(氢氧化钙)混合配制而成,用于杀菌, **B 正确**;通常用碱性较弱的 NaHCO_3 治疗胃酸过多, **C 错误**;硫化物在地表经氧气和长期氧化作用生成硫酸盐,符合自然转化规律, **D 正确**。

刷易错

★易错点 混淆浓硫酸的吸水性、脱水性

- 12. A** 【解析】浓硫酸可用作干燥剂是因为具有吸水性, **A 错误**;浓硫酸具有吸水性,在空气中久置会吸收空气中的水蒸气,导致溶液质量变大, **B 正确**;浓硫酸具有极强的吸水性,当蘸有饱和硝酸钾溶液的玻璃棒伸入浓硫酸中,浓硫酸会将玻璃棒表面那层饱和溶液中的水分子吸走, KNO_3 以白色晶体(固体)的形式附着在玻璃棒上, **C 正确**;浓硫酸具有脱水性,可将纸张中有机物的 H、O 元素按水的组成比脱去,剩余碳单质,观察到纸张变黑, **D 正确**。

易错警示 浓硫酸吸水性与脱水性的区别

(1) 概念辨析

- ①吸水性:吸收物质中已有的水分子(如从胆矾晶体 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中夺取结晶水,从气体中吸收水蒸气),属于物理变化+化学变化(形成 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。
 ②脱水性:将有机物中的 H、O 原子按 2:1 的个数比脱去,属于化学变化(如蔗糖炭化、纸张炭化、pH 试纸变黑)。

(2) 本质区别:在于“被夺走的‘水’原本以什么形式存在”。吸水性夺的是“现成的水”,脱水性夺的是“潜在的水”(即 H、O 原子)。

(3) 判断方法

- ①若有“水”(如气体中的水蒸气、溶液中的溶剂水、晶体中的结晶水)→吸水性。
 ②若没有“水”(如有机物分子中只有 H、O 原子,没有独立的水分子)→脱水性。
 速记:看“水”的来路,不看“水”的去路。

刷提升

- 1. C** 【解析】稀释前后 H_2SO_4 的物质的量不变,根据稀释公式

$$c_{\text{稀}} V_{\text{稀}} = c_{\text{浓}} V_{\text{浓}}, c_{\text{稀}} = \frac{5.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.008 \text{ L}}{0.1 \text{ L}} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{A}$$

错误;生成 H_2 的物质的量为 $\frac{224 \times 10^{-3} \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$,由离子

方程式 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ 可知,生成 0.01 mol H_2 需要 Fe 的质量为 $0.01 \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.56 \text{ g}$,由离子方程式 $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ 可知,生成 0.01 mol H_2 需要 Zn 的质量为 $0.01 \text{ mol} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.65 \text{ g}$,由于 Zn 和 Fe 的质量相等,则加入 Fe 的质量至少有 0.65 g,反应后铁粉一定过量,锌粉可能过量, **B 错误**、**C 正确**;由离子方程式 $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ 可知,生成 0.01 mol H_2 转移电子数为 $0.02 N_A$, **D 错误**。

- 2. B** 【解析】①中红棕色气体是溴单质(Br_2), Br_2 溶于水得到溴水,溶液呈橙黄色, **A 错误**;①中浓硫酸可以氧化 Br^- 生成红棕色 Br_2 ,②中浓硫酸不能氧化 Cl^- ,而是制出了 HCl ,证明

关键点:相同条件下, Br^- 比 Cl^- 更易被氧化

还原性: $\text{Br}^- > \text{Cl}^-$, **B 正确**;②中试管口白雾是 HCl 遇水蒸气形成的盐酸小液滴,盐酸和硫酸均为强酸,该反应可发生和酸性强弱无关, **C 错误**;③中浓硫酸和 Na_2SO_3 反应生成 SO_2 ,

突破点:该反应利用了浓硫酸难挥发、 HCl 易挥发的性质,即高沸点酸制低沸点酸

反应为 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$,属于复分解反应,没有元素化合价变化,浓硫酸只体现酸性,没有

易错点:同种元素相邻价态的物质之间不能发生氧化还原反应

被还原, **D 错误**。

- 3. (1) +4 (2) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$**

(3) 取适量样品溶于水后,滴加稀盐酸至无气泡产生,继续滴加 BaCl_2 溶液,若出现白色沉淀,则已变质 (4) CaSO_4

(5) ①漂白性 ②酸性氧化物的性质 ③还原性 $2\text{H}_2\text{O} + 5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- \longrightarrow 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$

【解析】(1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 中钠元素为 +1 价,氧元素为 -2 价,根据化合物中各元素化合价代数和为 0,硫元素的平均化合价为 +4 价。

(2) 煅烧黄铁矿生成 Fe_2O_3 和 SO_2 ,化学方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 。

(3) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 变质生成 Na_2SO_4 ,检验 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 是否变质即检验样品中是否存在 SO_4^{2-} ,故具体实验操作方法:取少量样品溶于水,加入足量稀盐酸,振荡、静置,滴加 BaCl_2 溶液,若出现白色沉淀,则该沉淀为 BaSO_4 沉淀,说明样品已变质。

高中必刷题 化学

(4) SO_2 会和生石灰(CaO)反应生成 CaSO_3 , CaSO_3 会被氧气最终氧化为 CaSO_4 。

(5) ① SO_2 使品红溶液褪色是 SO_2 漂白性的特征体现; ② SO_2 和 NaOH 发生反应, 消耗 OH^- 使酚酞褪色, 体现 SO_2 的酸性氧化物的性质; ③ 酸性高锰酸钾溶液为强氧化剂, 氧化 SO_2 后 MnO_4^- 被还原为 Mn^{2+} , 紫色褪去, 体现 SO_2 的还原性, 根据得失电子守恒、原子守恒、电荷守恒配平得到对应的离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$ 。

刷素养

4. C 【解析】纯硫酸在水溶液中完全电离, 属于强电解质, **A 错误**; 已知 a 、 b 两点对应溶液的电导率相同, 则两点溶液中导电粒子浓度相同, 氢离子浓度也相同, 但二者体积未知, 两点溶液中的氢离子数目不一定相同, **B 错误**; c 点为 98% 的浓硫酸, 浓硫酸具有吸水性, 敞口放置会吸收空气中的水蒸气, 硫酸质量分数逐渐降低, 由图像可知, 从 c 点向左(硫酸质量分数降低), 溶液电导率会增大, **C 正确**; 实验室用 Na_2SO_3 制备 SO_2 , 需要浓硫酸电离出大量 H^+ 发生反应, 98% 浓硫酸中自由 H^+ 浓度很小, 反应速率很慢, 一般选用质量分数约为 70% 的浓硫酸, 不选用 98% 的浓硫酸, **D 错误**。

课时 3 不同价态含硫物质的转化

刷基础

1. A

教材变式 本题是教材 P7 资料卡片的变式题, 从教材中硫元素在自然界中的存在形态和转化路径的基础阅读, 转变为对信息进行正误判断的综合辨析题, 变式题设置了岩层深处硫化物转化为硫酸盐、S 更易被氧化等与原文表述相反的干扰项, 考查学生对硫元素转化条件(氧气、水、地表/地下环境)的理解。

【解析】蛋白质中含半胱氨酸、甲硫氨酸等含硫氨基酸, 硫元素也是植物生长必需的营养元素, **A 正确**; 岩层深处氧气含量极低, 硫化物在地表附近受氧气和水的长期作用才能转化为硫酸盐, **B 错误**; 高温煅烧黄铁矿的反应为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$, 产物为 Fe_2O_3 而非 FeO , **C 错误**; S 在岩层深处转化为硫化物(如 FeS_2 、 CuFeS_2), S 元素化合价降低, 发生还原反应, 而非氧化反应, **D 错误**。

2. D 【解析】 H_2S 完全燃烧生成 SO_2 , 氧气不足时, H_2S 会被氧气氧化为硫单质, **A 错误**; 酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性, 过量的酸性高锰酸钾溶液会将 S 直接氧化为硫酸根离子, **B 错误**; SO_2 只和水反应生成 H_2SO_3 , **C 错误**; 硫酸和亚硫酸钠发生复分解反应生成硫酸钠、二氧化硫和水, **D 正确**。

3. D

思路导引 根据 G、J 常温常压下为无色气体, 且 J 具有漂白性可知 J 为 SO_2 , 则 G 为 H_2S , H 为 S, K 为 SO_3 , M 为 NaHSO_3 , N 为 Na_2SO_3 , L 为 Na_2SO_4 。

【解析】 H_2S 为弱酸, SO_3 为酸性氧化物, 二者均可与 NaOH 溶液反应, **A 正确**; S 单质中 S 元素的化合价为 0, Na_2SO_3 中 S 元素的化合价为 +4, S 元素的化合价均处于中间价态, 则二者均既有氧化性又有还原性, **B 正确**; L 是 Na_2SO_4 , 检验 SO_4^{2-} 时, 先加盐酸, 没有明显现象再加入 BaCl_2 溶液, 若产生白色沉淀则证明溶液中含有 SO_4^{2-} , **C 正确**; SO_2 与 H_2S 发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, 该反应的 H_2S 中 S 元素的化合价由 -2 升高至 0, 则 1 mol H_2S 参与反应转移电子数为 $2N_A$, **D 错误**。

4. (1) SO_3 H_2SO_3 (2) d D (3) 1:2 富氧

【解析】(1) 根据题图甲可知 a 是 SO_3 , b 是 H_2SO_3 。

(2) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 中钠元素为 +1 价, 氧元素为 -2 价, 依据化合物中各元素化合价代数和为零的原则, 硫元素的平均化合价为 +4 价, 又因其是钠盐, 所以应置于图中 d 点。题给反应中 S 为单质, SO_2 为酸性氧化物, H_2SO_4 为酸, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 Na_2SO_4 为盐, 故选 D。

(3) SO_2 与 H_2S 发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, SO_2 和 H_2S 完全反应时物质的量之比应为 1:2, 所以燃烧的 H_2S 和剩余的 H_2S 物质的量之比应为 1:2; 由题图乙可知, 过程②中 S 转化为 SO_4^{2-} , 增加了氧元素, S 元素化合价升高, 则过程②在土壤的富氧区能够实现。

刷提升

1. D 【解析】反应①为浓硫酸氧化铜单质的反应, 硫酸作氧化剂, 被还原成 SO_2 , S 元素由 +6 价降至 +4 价, Cu 作还原剂, 被氧化成 Cu^{2+} , Cu 元素由 0 价升高至 +2 价, 所以反应①中氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:1, **A 正确**; 二氧化硫与 NaOH 反应生成一种盐和水, 表明二氧化硫为酸性氧化物, **B 正确**; 反应③为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 生成物只有一种, **C 正确**; 反应④的化学方程式为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 含硫产物共有 3 种, **D 错误**。

2. C

思路导引 在冰水浴中, 将 SO_2 通入适量水中形成饱和溶液; 加入 MnO_2 , 控制温度低于 10°C , 发生反应 $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{MnS}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$; 停止通入 SO_2 , 滴入饱和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 将过量的 H_2SO_3 除去; 再滴入饱和 Na_2CO_3 溶液, 发生反应 $\text{MnS}_2\text{O}_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$; 过滤, 取滤液进行结晶, 使 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 析出。

【解析】气体溶解度随温度降低而增大, 冰水浴温度低, 能增大 SO_2 的溶解度, 从而提高 H_2SO_3 浓度, **A 正确**; 根据分析可知, 步骤 II 中 MnO_2 和 H_2SO_3 反应的化学方程式为 $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{MnS}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$, **B 正确**; 若 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 过量, 会引入过量的 Ba^{2+} 和 OH^- , Ba^{2+} 可与 Na_2CO_3 反应生成 BaCO_3 沉淀而被除去, 但过量 OH^- 会留在滤液中, 最终结晶时会混入产品, 若 Ba^{2+} 未完全沉淀也会混入产品, 降低产品纯度, **C 错误**; 连二硫酸钠常作还原剂, 具有还原性, 易被空气中的氧气氧化变质, 真空干燥可以隔绝空气, 防止产品被氧化, **D 正确**。

第一节综合训练

刷能力

1. D

思路导引 气体J能使品红溶液褪色且G→J→Q为连续氧化过程,则J为SO₂;J与O₂反应生成Q,Q为SO₃;Q与H₂O反应生成R,R为H₂SO₄;R与FeS反应生成E,E与SO₂反应生成G,G与O₂反应生成SO₂,则E为H₂S,G为S单质。

【解析】SO₃与H₂O反应生成H₂SO₄,H₂SO₄与FeS反应生成FeSO₄和H₂S的过程无元素化合价变化,为非氧化还原反应,并非所有转化均为氧化还原反应,A错误;G为S单质,无论O₂是否足量,S与O₂反应仅生成SO₂,无法直接转化为SO₃,B错误;标准状况下SO₃为固体,C错误;R为H₂SO₄,Cu与浓硫酸反应生成SO₂需要加热,D正确。

2. B **【解析】**二氧化硫易溶于水,将充满SO₂的试管倒扣入蒸馏水中,试管内液面会上升,仅根据液面上升这一现象,不能得出SO₂与水反应生成酸的结论,A错误;SO₂与H₂S溶液反应的化学方程式为2H₂S+SO₂====3S↓+2H₂O,会产生淡黄色沉淀硫,在该反应中,SO₂中硫元素的化合价从+4降低到0,体现了SO₂的氧化性,B正确;SO₂能与NaOH溶液反应,化学方程式为SO₂+2NaOH====Na₂SO₃+H₂O,导致溶液碱性减弱,酚酞溶液红色变浅,该现象不能说明SO₂有漂白性,C错误;由于亚硫酸的酸性弱于盐酸,SO₂与氯化钡溶液不反应,不会产生白色沉淀,D错误。

3. D

思路导引 浓硫酸与蔗糖反应分2步进行。

第1步:脱水炭化,浓硫酸将蔗糖分子中的H、O原子按水的组成比(2:1)脱去,使蔗糖炭化生成黑色的碳单质,同时生成水。

第2步:氧化还原反应,浓硫酸遇水放出的热量使温度升高,生成的碳单质继续与浓硫酸反应,生成CO₂、SO₂和水,气体的产生使碳单质体积膨胀。

总反应化学方程式为24H₂SO₄(浓)+C₁₂H₂₂O₁₁====24SO₂↑+12CO₂↑+35H₂O。

【解析】蔗糖中加水的目的是使浓硫酸遇水放热,加快反应速率,A正确;两颈烧瓶内蔗糖变黑说明浓硫酸具有脱水性,使蔗糖脱水炭化,B正确;反应生成大量SO₂、CO₂气体,气体在疏松的炭结构内部扩散,导致黑色固体体积快速膨胀,形成“黑面包”,C正确;酸性KMnO₄溶液褪色,反应生成的SO₂可能未被除尽,SO₂能与澄清石灰水中的Ca(OH)₂反应产生CaSO₃沉淀,也能够使澄清石灰水变浑浊,因此酸性KMnO₄溶液褪色情况下,不能根据澄清石灰水变浑浊判断有CO₂生成,D错误。

4. A **【解析】**根据题图,转化过程中,化合价不变的元素有Cu、Cl、H,过程①中,Cu²⁺与H₂S反应生成CuS和H⁺,过程②发生的反应为CuS+2Fe³⁺====Cu²⁺+S+2Fe²⁺,每生成1 mol S,转移2 mol电子,X是CuS,A错误,B正确;根据题图可知,该过程为H₂S和O₂在催化剂作用下生成硫和水,即总反应为2H₂S+O₂ $\xrightarrow{\text{催化剂}}$ 2H₂O+2S↓,C正确;根据题图,在转化过程中能循环利用的物质有FeCl₃、CuCl₂,D正确。

3. D **【解析】**方法1中,SO₂与Na₂SO₃溶液反应生成NaHSO₃,反应的化学方程式为SO₂+Na₂SO₃+H₂O====2NaHSO₃,Na₂SO₃与NaHSO₃中硫元素均为+4价,吸收SO₂前后溶液中硫元素化合价未发生改变,A正确。方法2中,氨水呈碱性,SO₂是酸性氧化物,能与氨水反应被吸收,吸收SO₂时,存在以下两种反应关系:氨水过量时,发生反应SO₂+2NH₃·H₂O====(NH₄)₂SO₃+H₂O,生成正盐(NH₄)₂SO₃;氨水不足(SO₂过量)时发生反应SO₂+NH₃·H₂O====NH₄HSO₃,生成酸式盐NH₄HSO₃,因此,要得到NH₄HSO₃(酸式盐),氨水不能过量,B正确。方法3中,SO₂与NaOH溶液反应生成Na₂SO₃,Na₂SO₃与Ca(OH)₂、O₂反应生成CaSO₄和NaOH,生成的NaOH可以继续用于吸收SO₂,能循环利用,C正确。方法4中,SO₂与CO反应的化学方程式为SO₂+2CO $\xrightarrow{\text{高温催化}}$ S+2CO₂,在该反应中,SO₂中硫元素化合价从+4价降低到0价,SO₂作氧化剂,CO中碳元素化合价从+2价升高到+4价,CO作还原剂,根据化学方程式可知,氧化剂与还原剂的物质

易错点: SO₂作氧化剂得电子,CO作还原剂失电子,二者比例易弄反

的量之比为1:2,D错误。

4. (1) 制备SO₂

(2) ①溶液出现乳白色浑浊,然后逐渐澄清(或浑浊减少)

②减小 ③关闭K₁、K₂,同时打开K₃ ④SO₂过量会使溶液呈酸性,产物分解,产率降低

(3) 2Na₂S+Na₂CO₃+4SO₂====3Na₂S₂O₃+CO₂

(4) 加入过量盐酸,充分反应后,静置,向上层清液中滴加BaCl₂溶液,有白色沉淀生成

【解析】(1)根据装置A中原料为70% H₂SO₄溶液和Na₂SO₃,可知装置A中发生制备SO₂的反应。

(2) ①根据反应分步进行的化学方程式:Na₂CO₃+SO₂====Na₂SO₃+CO₂,2Na₂S+3SO₂====2Na₂SO₃+3S↓,Na₂SO₃+S====Na₂S₂O₃(较慢),可知随SO₂的通入,有乳白色浑浊产生,然后生成的S被逐渐消耗,溶液逐渐变澄清。②SO₂是酸性气体,反应消耗Na₂CO₃、Na₂S(Na₂CO₃、Na₂S的混合溶液呈碱性),生成Na₂S₂O₃和CO₂,溶液pH减小,故pH计读数逐渐减小。③当pH计读数接近7时,立即停止通SO₂,操作是关闭K₁、K₂,同时打开K₃,用NaOH溶液吸收过量SO₂。④已知Na₂S₂O₃在中性或碱性环境中稳定,在酸性环境下易分解生成S和SO₂,若pH接近7时继续通入SO₂,会使溶液呈酸性,Na₂S₂O₃分解,产率降低。

(3)以n(Na₂S):n(Na₂CO₃)=2:1反应生成Na₂S₂O₃,故制备Na₂S₂O₃的总反应的化学方程式为2Na₂S+Na₂CO₃+4SO₂====3Na₂S₂O₃+CO₂。

(4)检验SO₄²⁻时要先加盐酸酸化,再滴加BaCl₂溶液,由于通入的氯气少量,而过量的Na₂S₂O₃与盐酸反应会产生S(乳白色浑浊),不利于观察BaSO₄白色沉淀;因此具体操作是取少量反应后的溶液于试管中,加入过量盐酸,充分反应后,静置,向上层清液中滴加BaCl₂溶液,有白色沉淀生成。

5.D 【解析】硫酰氯水解生成两种强酸,根据元素守恒,反应为 $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, **A 正确**;根据原子守恒,2分子氯磺酸 ClSO_3H 加热生成1分子硫酰氯后,剩余原子恰好组成1分子 H_2SO_4 ,反应为 $2\text{ClSO}_3\text{H} \xrightarrow{\Delta} \text{SO}_2\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$,有硫酸生成, **B 正确**;硫酰氯的熔、沸点远低于分解温度,熔化、汽化仅破坏分子间作用力,分解需要破坏分子内原子之间的共价键,说明分子内原子间的作用力即化学键远强于分子间作用力, **C 正确**;硫酰氯分解生成等物质的量的 SO_2 和 Cl_2 ,二者通入品红溶液会发生反应: $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$,产物没有漂白性,品红溶液不会褪色, **D 错误**。

6. (1)将黄铁矿粉碎、逆流煅烧等(任写1种,合理即可)

(2)98.3%浓硫酸

(3) $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{C} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$

(4) $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$

思路引导

黄铁矿在空气中煅烧得到含有 SiO_2 、 Fe_2O_3 的炉渣和含有 SO_2 等的炉气;炉渣中的 Fe_2O_3 与 CO 在高温条件下反应后得到 Fe ;炉气净化得到 SO_2 ,向 SO_2 中补充氧气,在催化剂作用下 SO_2 与氧气共热发生催化氧化反应得到含有 SO_3 的混合气体;用98.3%浓硫酸吸收混合气体中的 SO_3 得到浓硫酸和含有 SO_2 的尾气;用 NaOH 溶液吸收尾气中的 SO_2 得到 NaHSO_3 ; NaHSO_3 受热脱水转化为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 。

【解析】(1)将黄铁矿粉碎、逆流煅烧等措施可以加快黄铁矿煅烧的速率。

(2) SO_3 与水反应会放出大量热,用水吸收 SO_3 容易形成酸雾影响 SO_3 的吸收,工业上通常用98.3%浓硫酸作为吸收剂,以防止酸雾产生,提高吸收效率。

(3)由分析可知,煅烧黄铁矿产生的炉渣为 SiO_2 、 Fe_2O_3 ;炉渣经过反应①充分利用后,剩余残渣为 SiO_2 , SiO_2 与焦炭在高温下发生反应生成 Si 和 CO : $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$ 。

(4)实验室用过氨水吸收 SO_2 生成正盐 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$,反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ 。

知识拓展

工艺流程中的“逆流操作”——以用黄铁矿生产硫酸为例

(1)概念:在黄铁矿焙烧的沸腾炉中,固体物料(粉碎后的黄铁矿)从炉顶向下运动,空气(或富氧空气)从炉底向上鼓入。物料向下、气体向上,两者运动方向相反——这就是“逆流”。与之相对的是“并流”,即物料和气体同方向运动(如物料和气体都从上往下,或都从下往上)。

(2)优点

①逆流的核心优势是可以始终保持“最大浓度差”。以黄铁矿的煅烧为例,新物料(含 FeS_2) 在顶部遇到的是即将排出的“废气”(O_2 浓度最低, SO_2 浓度最高);而旧物料(即将排出)在底部遇到的是新鲜空气(O_2 浓度最高, SO_2 浓度几乎为0),这使得浓度差始终保持在较高水平,反应速率始终较快,硫的氧化也更加彻底。

②热量利用充分:上升的热气流将热量从炉底传递到炉顶,预热新进入的冷物料,实现“余热回收”,降低能耗。

③反应更彻底:旧物料在底部接触新鲜 O_2 ,能够最大限度地氧化残余的硫,提高硫的利用率,减少尾气污染。

④产品品质稳定:炉渣中 Fe_2O_3 的含硫量更低,有利于后续炼铁工序。

7. (1)分液漏斗 (2) NaOH 溶液(合理即可) 平衡气压,指示堵塞,保证实验安全

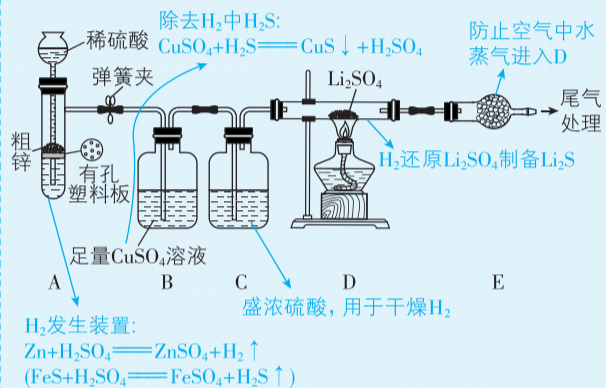
(3) $2\text{Cl}^- + \text{SO}_2 + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons 2\text{CuCl} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 三颈烧瓶中蓝色沉淀恰好全部转化为白色沉淀

(4) $\text{FeS} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 除去 H_2 中的 H_2S 杂质

(5)不合理 酸性条件下, S^{2-} 与 SO_3^{2-} 发生氧化还原反应,无 SO_2 气体生成(合理即可) (6)89.5%

题图剖析

II.



【解析】(1)图甲中盛放浓硫酸的仪器为分液漏斗。

(2)D是尾气处理装置,需要吸收有毒的 SO_2 ,可选用 NaOH 溶液吸收尾气;长导气管a连通外界,可平衡装置内气压,避免装置内压强过大,对装置堵塞起指示作用,保证实验安全。

(3) SO_2 还原新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 生成 CuCl ,自身被氧化为 SO_4^{2-} ,根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒配平得到离子方程式为 $2\text{Cl}^- + \text{SO}_2 + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons 2\text{CuCl} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 为蓝色沉淀,完全反应后蓝色沉淀全部转化为白色沉淀,制备反应结束。

(4) FeS 难溶于水,写离子方程式时保留化学式,与稀硫酸发生复分解反应生成 H_2S 和 FeSO_4 ,反应的离子方程式为 $\text{FeS} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$; CuSO_4 可与 H_2S 反应生成 CuS 沉淀除去 H_2S ,故B装置的作用是除杂。

(5)若样品中同时含 Li_2S 和 Li_2SO_3 ,酸性条件下会发生反应 $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$,不会释放 SO_2 ,因此结论不合理。

(6) BaS 易溶于水,则 Li_2S 与 BaCl_2 不反应,生成的沉淀为 BaSO_3 和 BaSO_4 ,加热时 BaSO_3 被氧化为 BaSO_4 ,1 mol BaSO_3 被氧化后质量增加16 g,固体质量增加 $25.63 \text{ g} - 24.03 \text{ g} = 1.6 \text{ g}$,

关键点:1 mol BaSO_3 被氧化后质量增加量为1 mol O 原子的质量

得 $n(\text{Li}_2\text{SO}_3) = n(\text{BaSO}_3) = \frac{1.6}{16} \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$, $m(\text{BaSO}_3) =$

$0.1 \text{ mol} \times 217 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 21.7 \text{ g}$,则 $m(\text{BaSO}_4) = 2.33 \text{ g}$,得

$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaSO}_4) = \frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$; 杂质总质量为 $0.1 \text{ mol} \times 94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 0.01 \text{ mol} \times 110 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10.5 \text{ g}$, 因此 Li_2S 纯度为 $\frac{100 \text{ g} - 10.5 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100\% = 89.5\%$ 。

第二节 氮及其化合物

课时 1 氮气与氮的氧化物

刷基础

1. B 【解析】氮气分子中存在稳定的氮氮三键, 通常情况下, 氮气性质很不活泼, 不易与其他物质发生化学反应, **A 正确**; 氮气与氧气需要在高温或放电条件下才会反应生成一氧化氮, 氮气本身不会在氧气中“燃烧”, **B 错误**; 氮气在水中的溶解度极小, 属于难溶气体, **C 正确**; 氮气与氢气在一定条件下反应生成氨气过程中, 氮元素化合价从 0 降至 -3, 氮气被还原, 故作为氧化剂, **D 正确**。

2. B 【解析】闪电作用下氮元素由游离态变为化合态, 属于高能固氮, **A 错误**; 豆科植物根瘤菌将空气中的氮气转化为氨属于生物固氮, **B 正确**; 利用电能能在常温常压下将氮气转化为氨气属于人工固氮, **C 错误**; 工业合成氨属于人工固氮, **D 错误**。**速记**: 工业合成氨是目前应用最广的人工固氮方式。

易错警示 混清氮的固定概念及方式

(1) 核心原则: 固氮的本质是“游离态氮→化合态氮”, 而不是化合反应。固氮不看产物, 只看反应物中是否含有 N_2 , 如果反应物中没有 N_2 , 不管生成什么含氮化合物, 都不是氮的固定。

(2) 常见误判: 把“含氮化合物的转化”误判为“固氮”, 固氮不是“生成含氮化合物”, 而是从 N_2 出发的转化过程。

3. A

教材变式 本题是教材 P12 自然界中氮的循环示意图的变式题, 从教材中识读氮循环路径, 转变为对循环图中各转化环节的综合辨析题, 在保留教材核心转化关系的基础上, 增加了从氧化还原反应角度对转化过程的分析, 综合考查对氮的固定概念及氧化还原反应本质的理解。

【解析】①中 N_2 和 O_2 在放电的条件下生成了 NO , 是自然固氮, **A 正确**; ①是自然固氮, ②为人工固氮, ④为根瘤菌固氮, **B 错误**; ②为工业合成氨, 工业合成氨时, N_2 中氮元素化合价降低, 得电子, 发生了还原反应, **C 错误**; ③中 NO_3^- 转化为 N_2 , 氮元素化合价降低, 被还原, **D 错误**。

4. B 【解析】 NO 是无色气体, 不易溶于水, 不能和碱反应生成盐和水, 所以不是酸性氧化物, **A 错误**; NO 在空气中可以转化为 NO_2 : $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, 二者都是大气污染物, **B 正确**; 微量 NO 在人体内能扩张血管, 提高免疫力等, 但大气中的 NO 浓度高、转化产物毒性强, 对人体有害, **C 错误**; 自然界中, N_2 和 O_2 能在放电条件下反应生成 NO , **D 错误**。

易错警示 氮的氧化物有 N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5 等, 其中属于酸性氧化物的是 N_2O_3 、 N_2O_5 , 对应的含氧酸为 HNO_2 、 HNO_3 。

5. B 【解析】 N_2 和 O_2 在放电或高温条件下直接化合生成的是 NO , 不是 NO_2 , NO_2 通常由 NO 进一步氧化得到, **A 错误**; NO_2 极易与水反应, 故不用排水法收集, 且 NO_2 的密度比空气大, 不与空气中成分反应, 可用向上排空气法收集, **B 正确**; NO_2 与 NaOH 溶液发生反应 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 生成两种盐, **C 错误**; NO_2 和 Br_2 蒸气均能将 I^- 氧化为 I_2 , 淀粉遇 I_2 变蓝, 即二者都能使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝, 因此无法鉴别, **D 错误**。

归纳总结 NO_2 和 Br_2 蒸气的鉴别

鉴别方法	NO_2 (红棕色气体)	Br_2 蒸气 (红棕色气体)
加水振荡	红棕色消失, 得无色溶液	红棕色变浅, 溶液呈橙黄色
加 AgNO_3 溶液振荡	无沉淀	生成淡黄色沉淀
冰水冷却	颜色明显变浅	冷凝为深红棕色液体

6. B 【解析】 NO_2 与水可发生反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 会被水吸收, 因此不能用排水法收集, **A 正确**; N_2O_4 与 NO_2 间存在转化: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, 若无色气体为 N_2O_4 , 则 N_2O_4 会随 NO_2 与水反应而转化为 NO_2 被消耗, NO_2 与水反应生成的 NO 为无色气体且不易溶于水, 剩余的无色气体为 NO , **B 错误**; NO_2 与水反应生成 HNO_3 , HNO_3 为强酸, 溶液显酸性, 能使紫色石蕊溶液变红, **C 正确**; 试管中剩余气体为 NO , 通入 O_2 后发生反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, 气体被吸收, 试管内压强减小, 液面上升, **D 正确**。

7. A 【解析】若剩余的 2 mL 无色气体为 NO , 根据 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 知, 生成 2 mL NO 需要消耗 6 mL NO_2 , 另外 6 mL 混合气体按 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 恰好完全反应, 其中 O_2 体积为 $6 \text{ mL} \times \frac{1}{5} = 1.2 \text{ mL}$; 若剩余的 2 mL 无色气体为 O_2 , 则 10 mL 混合气体按 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 恰好完全反应, 参与反应的 O_2 的体积为 $10 \text{ mL} \times \frac{1}{5} = 2 \text{ mL}$, 原混合气体中 O_2 的体积为 $2 \text{ mL} + 2 \text{ mL} = 4 \text{ mL}$ 。综上, **A 正确**, **B、C、D 错误**。

模型建构 NO_2 与 O_2 混合气体溶于水计算步骤

分情况讨论剩余气体成分: 剩余 NO 、剩余 O_2 。

①若剩余 NO , 先按 $3\text{NO}_2 \sim \text{NO}$ 计算过量 NO_2 的体积, 剩余气体按 $n(\text{NO}_2) : n(\text{O}_2) = 4 : 1$ 计算;

②若剩余 O_2 , 直接按 $n(\text{NO}_2) : n(\text{O}_2) = 4 : 1$ 算出参与反应的 NO_2 、 O_2 体积。

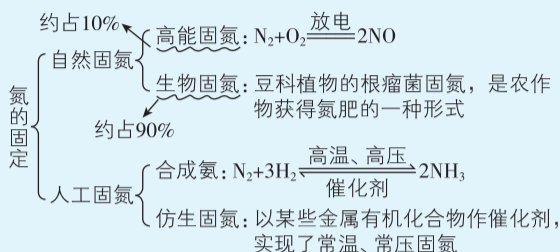
刷提升

1. D 【解析】过程①的反应方程式为 $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$, 未指明 N_2 处于标准状况, 不能用气体摩尔体积 $V_m = 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 来计算 N_2 的物质的量, **A 错误**; 氮的固定是将游离态的氮转化为化合态的氮, 过程①属于氮的固定, 过程②的反应方程式为 $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{LiOH}$, 不属于氮的固定, **B 错误**; 过程③的反应方程式为 $4\text{LiOH} (\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Li} + \text{O}_2 \uparrow +$

高中必刷题 化学

$2\text{H}_2\text{O} \uparrow$,由上述选项的方程式可知,过程①③发生的反应是氧化还原反应,过程②发生的反应不属于氧化还原反应,C 错误;由过程①②③的反应与原理图可知,总反应的反应物为 N_2 和 H_2O ,生成物为 NH_3 和 O_2 ,根据得失电子守恒与原子守恒可得总反应方程式为 $2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{一定条件}} 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$,D 正确。

归纳总结 氮的固定



2. D

教材变式 本题是教材 P13 实验 5-5 NO 相关实验的变式题,变式题从教材中按步骤操作并观察现象,转变为对每一步实验操作及其目的进行正误判断的综合分析题,增加了对 NO_x 溶于水情况的定量分析,综合考查对 NO_x 性质的深度理解。

【解析】注射器中吸入 20 mL NO 和 5 mL 水,振荡注射器,无明显现象,能说明 NO 不易溶于水且不与水发生反应,A 不符合题意;打开弹簧夹,快速吸入 10 mL 空气后,夹上弹簧夹,无色气体变为红棕色,能证明发生反应: $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$,B 不符合题意;再次振荡注射器,气体颜色逐渐变浅至无色,注射器活塞向内移动,能说明 NO_2 与 H_2O 发生反应,C 不符合

关键点:反应后气体总量减少

合题意;由反应 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 可知,使 20 mL NO 完全转化为 HNO_3 需要 15 mL O_2 ,打开弹簧夹,快速吸入

关键点: O_2 体积占空气体积的 21%,则需空气约 72 mL

空气至活塞位置处于最大刻度 50 mL 处,此时注射器中的 O_2 不足以将 NO 完全转化为 HNO_3 ,故充分振荡注射器后静置直至无明显现象为止,NO 未完全转化为 HNO_3 ,D 符合题意。

易错警示 做注射器类实验题时,误认为“吸入空气就有足量氧气”,忽略空气中氧气的占比,导致判断错误。事实上,空气中氧气的体积分数约为 21%,吸入空气的体积有限时,氧气的实际量要进行计算判断。

3. (1) 50% 1.25 mol · L⁻¹

(2) 过量的 NO 无法被 NaOH 溶液吸收,氮氧化物吸收率降低,逸出后污染空气

【解析】(1) 题图横坐标为 NaOH 溶液浓度,纵坐标为氮氧化物吸收率,α 表示氮氧化物中 NO_2 的含量;α = 50% 的曲线始终高于 α = 32% 的曲线,且当 NaOH 溶液浓度为 1.25 mol · L⁻¹ 时,α = 50% 对应的氮氧化物吸收率达到最大值,此时吸收效果最好。

(2) 根据吸收反应知,NO 和 NO_2 的物质的量之比为 1:1 时,能完全被 NaOH 溶液吸收,NO 不能单独与 NaOH 反应被吸收而 NO_2 可以,故当 NO 过量后,多余的 NO 无法被吸收,会导致氮氧化物吸收率降低,逸出后污染空气。

刷素养

4. C

思路导引 由题图可知,步骤一的方程式为 $4\text{Cu}^+ + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4[\text{CuOH}]^+$,步骤二的方程式为 $[\text{CuOH}]^+ + \text{NO} = \text{Cu}^+ + \text{HONO}$,步骤三的化学方程式为 $\text{HONO} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_2$,步骤四的化学方程式为 $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【解析】由分析知,步骤一中 O_2 与 H_2O 的物质的量之比为 1:2,A 错误;反应过程中,先发生步骤一反应, Cu^+ 先参与反应,步骤二反应后又生成,所以该反应的催化剂是 Cu^+ , $[\text{CuOH}]^+$ 是中间产物,B 错误;循环过程中 O_2 也参与反应,结合步骤一~四反应知,该过程的总反应为 $4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,C 正确;步骤三的反应中各元素的化合价均没有变化,无电子转移,D 错误。

课时 2 氨和铵盐

刷基础

1. A **【解析】**氨气易液化,液氨汽化时吸收大量热,使周围环境的温度急剧降低,常用作制冷剂,A 正确;液氨和氨气属于同一种物质,氨水是氨气的水溶液,B 错误;氨水中含有 NH_3 、 H_2O 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 三种分子,C 错误;氨气自身不能电离,速记:三分子——氨气、一水合氨、水,三离子——铵根离子、氢氧根离子、氢离子

氨气不属于电解质,D 错误。

2. A **【解析】**NaOH 固体溶于水放热,氨水易挥发,实验时向 NaOH 固体上滴几滴浓氨水,会产生氨气,氨气会与浓盐酸挥发出的 HCl 反应生成氯化铵固体,反应现象是产生白烟,A 正确;氨气为碱性气体,与浓硫酸发生反应生成硫酸铵或硫酸氢铵,B 错误;氯化物溶液变浑浊,说明氨气与 H_2O 反应产生的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与氯化物在溶液中发生复分解反应生成难溶性氢氧化物,但难溶物不一定为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$,也可能为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等,C 错误;氨气使湿润的红色石蕊试纸变蓝的原因是其与水反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离生成的 OH^- 使溶液呈碱性, OH^- 不是 NH_3 电离产生的, NH_3 不属于碱,D 错误。

3. C **【解析】** NH_3 极易溶于水,试管内液面上升,不能证明 NH_3 与 H_2O 发生了反应,A 错误; NH_3 极易溶于水,室温下,1 体积水能溶解约 700 体积的 NH_3 ,该实验中 NH_3 在水中的溶解远没有达到饱和状态,则试管中剩余少量气体,是因为收集的 NH_3 中含有少量的难溶于水的气体杂质,B 错误;向溶液中加入酚酞溶液,溶液显红色,说明溶液显碱性,原因是 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$,C 正确;常温下 NH_3 不能被 O_2 氧化,氨水具有挥发性,将实验后溶液放置在空气中一段时间, NH_3 逸出,溶液浓度下降,溶液碱性减弱,pH 会降低,D 错误。

4. B **【解析】**氨气极易溶于水,故实验所用烧瓶需事先干燥,A 正确;氨气水溶液显碱性,酚酞遇碱变红,故打开弹簧夹,挤压胶头滴管,会在烧瓶中观察到红色喷泉,B 错误;假设烧瓶容积为 V L,当烧瓶内充满溶液时,所得氨水的物质的量浓度

约为 $\frac{V}{24.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{1}{24.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,C 正确; SO_2 和 NaOH 溶

液发生反应生成 Na_2SO_3 , 且 SO_2 易溶于水, 将 NaOH 溶液挤入烧瓶后, 烧瓶中压强减小, 外界大气压将烧杯中 NaOH 溶液压入烧瓶, 故也可观察到喷泉现象, **D 正确**。

- 5. D** 【解析】氨气是无色气体, 溶于水产生的氨水呈碱性, 使酚酞溶液变红, NO_2 是红棕色气体, 溶于水产生的硝酸呈酸性, 使石蕊溶液变红, 故气体颜色不同, “喷泉”溶液颜色都呈红色, **A 正确**; 氨气溶于水后溶液呈碱性, NO_2 与 H_2O 反应后溶液呈酸性, 前者 pH 大, **B 正确**; 瓶①中氨气完全溶解, 溶液充满烧瓶, 体积为 $V \text{ L}$, 瓶②中发生反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 生成的 NO 不易溶于水, 最终溶液体积等于初始 NO_2 体积的 $\frac{2}{3}$, 即 $\frac{2}{3}V \text{ L}$, **C 正确**; 结合 C 项分析知, 瓶①中所

$$\text{得溶液浓度为 } \frac{\frac{V \text{ L}}{V_m \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{2}{3}V \text{ L}} = \frac{1}{V_m} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 瓶②中所得溶液浓度为 } \frac{\frac{\frac{2}{3} \times \frac{V \text{ L}}{V_m \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{2}{3}V \text{ L}}}{\frac{2}{3}V \text{ L}} = \frac{1}{V_m} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 故溶液的物质的量}$$

浓度: 瓶①=瓶②, **D 错误**。

- 6. C** 【解析】浓氨水易挥发, 才能挥发出 NH_3 与空气中的氧气在红热 Pt 丝作用下接触反应, 反应中 N 元素从 -3 价升高为 $+2$ 价, NH_3 作还原剂, 表现还原性, **A 正确**; 氨催化氧化的反应为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 反应生成的 NO 会和瓶口处空气中的 O_2 反应生成红棕色的 NO_2 气体, **B 正确**; 该反应中 N 元素化合价升高, O 元素化合价降低, NO 是由 NH_3 被氧化、 O_2 被还原得到, 因此 NO 既是氧化产物, 也是还原产物, **C 错误**; 反应本身放热, 才能维持铂丝保持红热, **D 正确**。

- 7. D** 【解析】铵盐是由铵根离子和酸根离子构成的盐, 两种盐的阳离子均为 NH_4^+ , 都属于铵盐, **A 正确**; 盐酸与 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 反应生成 NH_4Cl 、 CO_2 和 H_2O , CO_2 逸出且不引入新杂质, 可用适量盐酸除去 NH_4Cl 中的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, **B 正确**; 氯化铵受热时分解生成氨气和氯化氢, 在温度降低时会重新化合为 NH_4Cl , 无法制得 NH_3 和 HCl , **C 正确**; 并不是所有铵盐受热分解都生成氨气, 如 NH_4NO_3 加热至 200°C 左右分解时, 发生氧化还原反应, 分解产物无氨气, **D 错误**。

- 8. A** 【解析】硫酸根离子也会与硝酸银反应生成微溶的硫酸银白色沉淀, 干扰氯离子的检验, **A 错误**; 钾离子的焰色呈紫色, 且透过蓝色钴玻璃可滤去钠离子的黄光干扰, 可检验 K^+ , **B 正确**; 盐酸酸化可排除 CO_3^{2-} 等离子的干扰, 氯化钡与硫酸根离子反应生成不溶于酸的硫酸钡白色沉淀, **C 正确**; NH_4^+ 与碱(如熟石灰)反应生成氨气, 氨气有刺激性气味且能使湿润红色石蕊试纸变蓝, **D 正确**。

模型建构 检验 NH_4^+ 的答题模板

固体	取少量样品于研钵中, 加入固体碱进行研磨。若闻到刺激性气味, 说明样品中含有 NH_4^+
	取少量样品与碱液于试管中, 加热后用湿润的红色石蕊试纸(变蓝)或蘸有浓盐酸的玻璃棒(有白烟生成)检验
液体	取少量液体于试管中, 加入浓的碱液并微热, 然后用湿润的红色石蕊试纸(变蓝)或蘸有浓盐酸的玻璃棒(有白烟生成)检验

- 9. A** 【解析】 NH_4Cl 固体受热分解生成的 NH_3 和 HCl 在试管温度较低处会重新化合生成 NH_4Cl , 不适用于实验室制氨气, **A 错误**; 碱石灰为碱性干燥剂, 不与 NH_3 反应, 可用于干燥 NH_3 , **B 正确**; NH_3 溶于水生成弱碱 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 能使湿润的红色石蕊试纸变蓝, 可用于 NH_3 验满, **C 正确**; 浓盐酸挥发出来的 HCl 与 NH_3 反应生成白色 NH_4Cl 固体小颗粒, NH_3 集满后可观察到白烟, **D 正确**。

- 10. D** 【解析】 NH_4NO_3 易吸湿结块且高温下易发生爆炸性分解产生 N_2 、 N_2O 等气体, 无法稳定制得氨气, 因此不能代替 NH_4Cl , **A 错误**; 该装置中浓硫酸不仅吸收生成的水, 也吸收多余的氨气, 故不能根据所得气体体积和浓硫酸质量增加量计算氨分子中的 N 、 H 原子个数比, **B 错误**; 球形干燥管中若使用无水氯化钙, 无水氯化钙会吸收氨气, 转化为 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$, 导致后续实验无法进行, **C 错误**; 实验中需测定反应产生 N_2 的体积, 故测定前需先用氨气排尽装置中的空气, **D 正确**。

刷易错

★易错点 氨气制备实验装置选择

- 11. C** 【解析】加热 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 时, 反应生成水蒸气, 试管口应略向下倾斜, **A 错误**; NH_3 是碱性气体, 会与浓硫酸发生反应, 不能用浓硫酸干燥氨气, **B 错误**; NH_3 密度小于空气, 采用向下排空气法收集, 短管进气长管排空气, 装置合理, **C 正确**; NH_3 极易溶于水, 导管直接插入水中会发生倒吸, 该装置无防倒吸功能, **D 错误**。

易错警示 此类题目中明确的文字信息较少, 需要留意图中的细节, 进行判断。

(1) 发生装置

- ①反应物: 是否符合原理、有无特殊要求(如浓度等);
- ②装置: 是否与反应物状态、反应条件等匹配;
- ③操作: 如各种药品的位置、试管中液体的量等。

(2) 除杂装置(含干燥装置)

- ①除杂试剂: 是否满足不与目标产物反应、不引入新杂质;
- ②装置: 是否与除杂试剂的状态匹配、导气管的使用;
- ③顺序: 是否符合先除杂后干燥。

(3) 收集装置: 是否与目标产物的密度、溶解性匹配。

(4) 尾气处理装置

- ①处理试剂: 是否能快速、充分吸收尾气;
- ②装置: 是否需要防倒吸。

刷提升

- 1. D** 【解析】若装置 A 注射器中是浓氨水, 则该实验为制取氨气进行喷泉实验, 可以利用浓氨水与氢氧化钠固体(或碱石灰等)混合, 固体溶解放热(或与水反应放热), 使氨水挥发产生氨气, **A 正确**; 烧杯 C 中用滴有酚酞的水, 最后在烧瓶中形成红色溶液, 证明烧瓶内的溶液为碱性, **B 正确**; 打开 K_1 、 K_2 , 关闭 K_3 后装置形成密闭体系, 此时向上拉动注射器活塞, 若 C 中导管内产生液柱且一段时间保持不变, 则整套装置气密性良好, **C 正确**; K_1 、 K_2 、 K_3 都打开, 烧瓶充满 NH_3 后, 多余的 NH_3 会从 K_3 逸出, C 中导管内不会产生液柱, **D 错误**。

高中必刷题 化学

2.D 【解析】质子数等于原子序数,1 mol NH_4^+ 所含的质子总数为 $11N_A$, **A 错误**;由题图可知,1 mol NH_4^+ 经过过程 I、II、III(假设每步转化均完全)和 1 mol NH_2OH 发生氧化还原反应生成 1 mol N_2 ,标准状况下 N_2 的体积为 22.4 L,且题中未指明标准状况, **B 错误**;由题图可知,该过程的总反应是 $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,因此每处理 1 mol NH_4^+ ,需要的 NO_2^- 的物质的量为 1 mol, **C 错误**, **D 正确**。

3.B 【解析】 NH_4HCO_3 受热分解: $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,该式符合质量守恒与实验事实, **A 正确**;根据题图,左侧湿润酚酞试纸的作用是检测 NH_3 ,裹有碱石灰的棉花团的主要作用是吸收酸性气体 CO_2 ,防止其扩散至此处干扰实验, **B 错误**;观察到无水硫酸铜固体变蓝,证明有 H_2O 生成,管内壁涂有的澄清石灰水变浑浊,证明有 CO_2 生成, **C 正确**; NH_3 为有刺激性气味气体,需吸收处理,稀硫酸与 NH_3 反应可有效吸收多余氨气, **D 正确**。

刷素养

4.B 【解析】生石灰与水反应放热且生成强碱,促进一水合氨分解,氨气逸出,可以用浓氨水和生石灰来制备氨气, **A 正确**;装置 B 作用是干燥 NH_3 ,装置 D 作用是吸收尾气, **B 错误**;装置 C 虚线框中导管应伸入 CS_2 层,使 NH_3 与 CS_2 充分接触发生反应, **C 正确**; CS_2 难溶于水,产物 NH_4SCN 、 H_2S 均可溶于水,反应中 CS_2 不断被消耗,当 CS_2 完全反应后,液体不再分层, **D 正确**。

课时 3 硝酸 酸雨及其防治

刷基础

1.B 【解析】硝酸与 FeO 反应生成 Fe^{3+} 和 NO (或 NO_2),既体现酸性(成盐)又体现氧化性(氧化 Fe^{2+}), **A 正确**;稀硝酸与银反应生成 NO 、 AgNO_3 和 H_2O ,体现硝酸的强氧化性和酸性, **B 错误**;稀硝酸与 FeS 反应时, S^{2-} 被氧化,无法生成 H_2S ,对应硝酸的强氧化性, **C 正确**;浓硝酸见光分解,需用棕色瓶盛装避光保存,对应 HNO_3 的不稳定性, **D 正确**。

2.C 【解析】置换反应的特征是单质与化合物反应生成新单质和新化合物,硝酸与银反应生成硝酸银、氮氧化物和水,无单质生成,不属于置换反应, **A 错误**;稀硝酸与银反应的还原产物为 NO ,浓硝酸与银反应的还原产物为 NO_2 ,不同浓度硝酸的还原产物不同, **B 错误**;银与硝酸反应生成可溶于水的硝酸银,“旋而为水”中的“水”就是含有硝酸银的溶液, **C 正确**;常温下铝遇浓硝酸发生钝化,表面生成致密薄膜阻止反应继续进行,铝块几乎不溶解,银可与浓硝酸反应,银块溶解速率更快, **D 错误**。

易错警示 浓硫酸、浓硝酸常温下使铝、铁钝化,在铝、铁表面形成一层致密的薄膜,因此常温下浓硫酸、浓硝酸可以保存在铝、铁制成的容器中。

3.B 【解析】该图标为排风标记,实验用到具有挥发性的硝酸,且反应生成有毒的氮氧化物,应开启排风管道或排风扇, **A 正确**;实验①中稀硝酸和铜反应,部分硝酸中 N 元素化合价降低,表现强氧化性,部分生成硝酸铜表现酸性,硝酸没有

强还原性, **B 错误**;实验①生成的无色 NO 会和试管上部的 O_2 发生反应 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$,生成红棕色的 NO_2 ,因此可观察到试管上部产生红棕色气体, **C 正确**;实验①反应后溶液中存在 NO_3^- ,滴加稀硫酸提供 H^+ ,相当于有稀硝酸,剩余铜片继续溶解, **D 正确**。

4.B 【解析】Al、Fe、Cu 组成的合金与足量 NaOH 溶液反应生成标准状况下 3.36 L 即 0.15 mol H_2 ,三种金属中只有 Al 可与 NaOH 反应,根据方程式 $2\text{NaOH} + 2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ 可得,消耗 Al 物质的量为 0.1 mol,则合金中含有 2.7 g Al,故 Fe 和 Cu 的质量和为 15.2 g。另取等质量的合金溶于过量稀硝酸,向反应后的溶液中加入过量 NaOH 溶液,生成的沉淀为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cu}(\text{OH})_2$,沉淀质量为 25.4 g,设合金中有 x mol Fe、 y mol Cu,则有 $56x + 64y = 15.2$, $107x + 98y = 25.4$,解得 $x = 0.1$, $y = 0.15$ 。0.1 mol Fe、0.15 mol Cu、0.1 mol Al 分别转化为 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+} 共失去 0.9 mol 电子, HNO_3 还原产物仅有 N_2O ,则 HNO_3 转化为 N_2O 共得到 0.9 mol 电子,有关系式 $\text{N}_2\text{O} \sim 8e^-$,因此生成 0.1125 mol N_2O ,标准状况下体积为 2.52 L, **B 正确**。

5.D

思路导引 由题意可知,足量铜与一定量的浓硝酸充分反应生成硝酸铜、氮氧化物和水,反应得到的硝酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应得到氢氧化铜沉淀,由铜离子恰好完全沉淀时消耗 100 mL $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液可知,反应消耗铜的物质的量为 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} \times \frac{1}{2} = 0.3 \text{ mol}$,设混合气体中一氧化氮、二氧化氮的物质的量分别为 a mol、 b mol,由混合气体的物质的量可得 $a + b = 0.3$,由得失电子守恒可得 $3a + b = 0.3 \times 2$,联立方程可得 $a = b = 0.15$,由氮原子守恒可知,参加反应的硝酸的物质的量 $n(\text{HNO}_3) = 2n(\text{Cu}) + n(\text{NO}_2) + n(\text{NO}) = 0.3 \text{ mol} \times 2 + 0.3 \text{ mol} = 0.9 \text{ mol}$; NO_2 与 NO 按 1:1 与 O_2 反应的化学方程式为 $\text{NO}_2 + \text{NO} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3$,则氮的氧化物消耗氧气的物质的量 $n(\text{O}_2) = n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 0.15 \text{ mol}$ 。

【解析】由分析可知,参加反应的硝酸的物质的量为 0.9 mol, **A 错误**;消耗氧气的物质的量为 0.15 mol,则标准状况下氧气的体积为 $0.15 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.36 \text{ L}$, **B 错误**;混合气体中一氧化氮的物质的量为 0.15 mol,则标准状况下一氧化氮的体积为 $0.15 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.36 \text{ L}$, **C 错误**;反应消耗铜的物质的量为 0.3 mol,则反应转移电子的物质的量为 $0.3 \text{ mol} \times 2 = 0.6 \text{ mol}$, **D 正确**。

6.A 【解析】制备硝酸流程为 NH_3 先进行催化氧化生成 NO , NO 再和氧气、水反应生成硝酸,题图中装置①混合并干燥氨气和氧气,装置②中 NH_3 催化氧化生成 NO ,装置③为除去氮气的装置,碱石灰不能除去 NH_3 ,装置④为防倒吸装置和吸收装置,左侧空瓶应短管进气,故①②正确,③④错误,选 **A**。

7.C 【解析】氮气、氢气在“合成塔”中反应生成氨气,“氨分离器”中氨气液化进入氧化炉,氮气、氢气进入“合成塔”循环利用, NH_3 在“氧化炉”中发生催化氧化生成 NO , NO 和氧气、水反应生成硝酸。为防止催化剂中毒, N_2 和 H_2 必须经过净化

才能进入“合成塔”，**A 正确**；“氨分离器”分离 NH_3 和 N_2 、 H_2 主要应用了氨气易液化的性质，**B 正确**；“氧化炉”中氨的催化氧化反应方程式为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ， NH_3 是还原剂、 O_2 是氧化剂，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 5:4，**C 错误**；尾气中含有氮氧化物，为提高氮的利用率，尾气可循环进入“吸收塔”，**D 正确**。

8. A 【解析】硝酸铵在敲碎、研细时容易发生分解反应，分解产生的气体急剧膨胀，可能会引发爆炸，**A 错误**；硝酸铜的分解产物如果是 CuO 、 NO 、 NO_2 ，则 N 元素化合价降低，氧元素和铜元素化合价不变，没有元素化合价升高，不符合氧化还原反应的规律，**B 正确**；硝石在古代即指硝酸钾 (KNO_3)，为白色晶体，质地疏松如雪，但无冰凉感，“紫青”是典型的焰色，其中紫色对应 K 的焰色，青色可能来自混有的杂质或观察偏差，体现了 KNO_3 受热易分解的特性，**C 正确**；黑火药爆炸发生反应： $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C} \xrightarrow{\quad} \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ ，“硝石”是 KNO_3 ， KNO_3 中 N 由 +5 价降到 0 价，作氧化剂，**D 正确**。

9. C 【解析】根据实验现象及氧化还原反应规律， $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 分解的方程式为 $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ ， NO_2 会发生可逆反应： $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，则液体 X 可能是液化的 NO_2 或 N_2O_4 ，**A 正确**； NO_2 气体会腐蚀橡胶，在装置中用锡纸将胶塞、胶管与产生的气体隔开，主要是为了防止其被生成的气体腐蚀，**B 正确**； $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 分解放出氧气和 NO_2 ， NO_2 在 U 形管中液化，故气体 Y 可能是 O_2 ，不可能是 NO_2 与水反应后生成的 NO ，**C 错误**；为防止倒吸，停止反应，应先把导气管移出水面，然后熄灭火焰，**D 正确**。

10. A 【解析】酸雨的形成与 SO_2 、氮氧化物等污染物有关，空气中 CO_2 与酸雨的形成无直接关系，**A 错误**；酸雨具有酸性和腐蚀性，会损伤农作物、酸化土壤、腐蚀建筑，**B 正确**；正常雨水中溶有 CO_2 ，pH 约为 5.6，pH 小于 5.6 的降雨通常称为酸雨，**C 正确**；燃煤脱硫可减少 SO_2 排放，开发新能源可减少化石燃料的使用，均能治理硫酸型酸雨，**D 正确**。

11. D 【解析】根据反应原理，300℃ 时 H_2 和 SO_2 反应生成 X，X 又在 100~200℃ 和 SO_2 反应生成 S，结合氧化还原反应中元素化合价变化规律，可知 X 为 H_2S ，即 X 中 S 元素为 -2 价，**A 错误**； SO_2 可以和水反应生成 H_2SO_3 ， H_2SO_3 再被氧气氧化为 H_2SO_4 ，也可形成酸雨，**B 错误**；由 A 项分析知，在 100~200℃ 温度时 SO_2 和 H_2S 发生反应： $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \xrightarrow{\quad} 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，不属于置换反应，**C 错误**； SO_2 是酸性氧化物，工业上可以用氢氧化钠溶液处理工业尾气中的 SO_2 ，**D 正确**。

12. D 【解析】整个过程中 Ni^{2+} 先参加反应后又生成， Ni^{2+} 是催化剂，**A 正确**；过程 I 中的反应物为 Ni^{2+} 、 NO ，产物为 Ni^{3+} 、 O^- 、 N_2 ，根据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒可得发生的反应为 $2\text{Ni}^{2+} + 2\text{NO} \xrightarrow{\quad} 2\text{Ni}^{3+} + 2\text{O}^- + \text{N}_2$ ，**B 正确**；过程 I、II 中的化学反应均存在元素化合价的升降，即涉及的反应均为氧化还原反应，**C 正确**；过程 II 的化学方程式为 $2\text{Ni}^{3+} + 2\text{O}^- \xrightarrow{\quad} 2\text{Ni}^{2+} + \text{O}_2 \uparrow$ ，Ni 元素化合价降低， Ni^{3+} 是氧化剂，O 元素化合价升高， O^- 是还原剂，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:1，**D 错误**。

刷易错

★易错点 忽略离子共存中 NO_3^- 的强氧化性

13. A 【解析】四种离子在强酸性和强碱性溶液中均不发生任何反应，能大量共存，**A 正确**；四种离子在强酸性溶液中不发生任何反应，能大量共存，但在强碱性溶液中 OH^- 能与 NH_4^+ 、 Cu^{2+} 反应，不能大量共存，**B 错误**；强酸性溶液中 NO_3^- 能与 Fe^{2+} 发生氧化还原反应，不能大量共存，强碱性溶液中 OH^- 能与 Fe^{2+} 反应，不能大量共存，**C 错误**；四种离子在强碱性溶液中不发生任何反应，能大量共存，但强酸性溶液中 NO_3^- 与 SO_3^{2-} 、 S^{2-} 均能反应，不能大量共存，**D 错误**。

易错警示 NO_3^- 只有在酸性条件下才表现出强氧化性，离子共存题中见到 NO_3^- ，必须先看溶液酸碱性，碱性条件下 NO_3^- 几乎可以和任何离子共存，酸性条件下 NO_3^- 与 Fe^{2+} 、 I^- 、 SO_3^{2-} 、 S^{2-} 必不共存。

刷提升

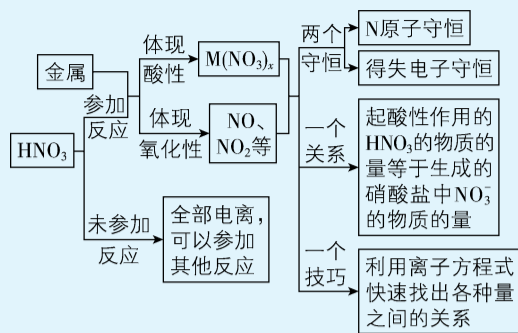
1. B 【解析】由“价一类”二维图可知，a 为 NH_3 ，b 为 N_2 ，c 为 NO ，d 为 NO_2 (或 N_2O_4)，e 为 HNO_3 ，f 为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，g 为铵盐。 NO_2 (或 N_2O_4) 与碱反应生成硝酸盐、亚硝酸盐和 H_2O ，故不是酸性氧化物，**A 错误**；浓硝酸具有挥发性，遇到 NH_3 产生白烟 NH_4NO_3 ，**B 正确**；铵盐受热分解不一定生成 NH_3 ，如 NH_4NO_3 受热分解可能得到 N_2O ，**C 错误**；氮的固定是游离态氮转化为化合态氮的过程， NH_3 与 NO_2 (或 N_2O_4) 反应生成 N_2 ，不属于氮的固定，**D 错误**。

2. B

思路导引 铜镁合金溶解于硝酸溶液中转化为 Cu^{2+} 、 Mg^{2+} ，向反应后溶液中逐滴滴加 NaOH 溶液，得到的 21.4 g 沉淀为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，设铜镁合金中 Cu、Mg 的物质的量分别为 $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$ ，则 $64x + 24y = 11.2$ ①， $98x + 58y = 21.4$ ②，由①②解得 $x = 0.1$ ， $y = 0.2$ ，即该合金中铜与镁的物质的量分别为 0.1 mol、0.2 mol。

【解析】由分析可知，该合金中铜与镁的质量之比为 $\frac{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.1 \text{ mol}}{24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.2 \text{ mol}} = \frac{4}{3}$ ，**A 正确**；由题意知， HNO_3 与铜镁合金反应的产物为 NO 、 NO_2 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ，原硝酸的物质的量 $n(\text{HNO}_3) = 2n(\text{Mg}^{2+}) + 2n(\text{Cu}^{2+}) + n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = 2 \times 0.2 \text{ mol} + 2 \times 0.1 \text{ mol} + 0.5 \text{ mol} = 1.1 \text{ mol}$ ，则原硝酸物质的量浓度为 $11 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，**B 错误**；氮元素在反应中有一部分化合价降低得到 NO 和 NO_2 ，还有一部分化合价未发生变化得到 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ，所以硝酸既体现氧化性又体现酸性，**C 正确**；设生成的 NO 和 NO_2 的物质的量分别为 $a \text{ mol}$ 、 $b \text{ mol}$ ，则 $a + b = 0.5$ ，根据得失电子守恒， $3a + b = 2 \times 0.1 + 2 \times 0.2$ ，两式联立可得： $a = 0.05$ ， $b = 0.45$ ，由于 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\quad} 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ， $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\quad} \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，当 $\frac{n(\text{NO}_2)}{n(\text{NO})} \geq 1$ 时，氮氧化物能被 NaOH 完全吸收，所以该反应过程中的氮氧化物能被完全吸收，**D 正确**。

模型建构 金属与硝酸反应计算的思维流程



3. B

思路导引 由题意可知,生成物为两种无毒物质,再结合反应历程可知,生成物为 N_2 和 H_2O ,反应物为 NH_3 、 NO 和 NO_2 ,结合得失电子守恒、原子守恒可得反应方程式为

$$2NH_3 + NO + NO_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2N_2 + 3H_2O。$$

【解析】 NO_2 和 NH_4^+ 反应生成 $[(NH_4)_2(NO_2)]^{2+}$ 无元素化合价发生变化,不是氧化还原反应, **A 错误**;由分析可知,该反应的化学方程式为 $2NH_3 + NO + NO_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2N_2 + 3H_2O$, **B 正确**;由原子守恒和电荷守恒可知, X 是 N_2 和 H_2O , **C 错误**;由反应历程可知, $[(NH_4)(HNO_2)]^+$ 是中间产物,不是催化剂, **D 错误**。

4. D

思路导引 工业废气(含 N_2 、 CO 、 SO_2 、 CO_2 、 NO),经过过量石灰乳一次吸收后, SO_2 、 CO_2 被吸收,生成 $CaSO_3$ 、 $CaCO_3$ 沉淀,同时剩余过量的 $Ca(OH)_2$;气体1为 N_2 、 CO 、 NO ,经过二次吸收, NO 与 O_2 、 $NaOH$ 溶液反应生成 $NaNO_2$,气体2为 N_2 、 CO , $NaNO_2$ 溶液与氨氮废水(含 NH_4^+)反应,生成无污染气体 N_2 ,反应的离子方程式为 $NH_4^+ + NO_2^- \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 2H_2O$ 。

【解析】一次吸收中加入过量石灰乳,工业废气中的 SO_2 、 CO_2 与 $Ca(OH)_2$ 反应,分别生成 $CaSO_3$ 、 $CaCO_3$,加上过量的未反应的 $Ca(OH)_2$,因此混合物中不止有 $Ca(OH)_2$ 和 $CaCO_3$,还含有 $CaSO_3$, **A 错误**;气体1的成分为不与石灰乳反应的 N_2 、 CO 、 NO ,二次吸收中 NO 和 O_2 、 $NaOH$ 反应生成后续所需的 $NaNO_2$,因此气体2的主要成分是 CO 和 N_2 ,定向捕获的目的是除去 CO ,最终得到无污染气体, **B 错误**;若二次吸收中通入过量 O_2 ,会将 NO_2^- 氧化为 NO_3^- ,无法生成后续废水处理所需的 $NaNO_2$,因此不能通入过量 O_2 , **C 错误**;废水中 $n(NH_4^+) = 800 \text{ L} \times 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 16 \text{ mol}$, NH_4^+ 与 NO_2^- 发生归中反应: $NH_4^+ + NO_2^- \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 2H_2O$, $16 \text{ mol } NH_4^+$ 完全反应恰好需要 $16 \text{ mol } NaNO_2$, **D 正确**。

5. C

思路导引 溶液体积为 0.2 L ,硝酸物质的量 $n(HNO_3) = 0.2 \text{ L} \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1 \text{ mol}$,因此 $n(NO_3^-) = 0.1 \text{ mol}$, $n(H_2SO_4) = 0.2 \text{ L} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.2 \text{ mol}$,硫酸电离出氢离子 0.4 mol ,硝酸电离出氢离子 0.1 mol ,溶液 $n_{\text{总}}(H^+) = (0.1 + 0.4) \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$;图像分为三段,酸性条件下 NO_3^-

氧化性强于 H^+ , Oa 段铁粉与 NO_3^- 、 H^+ 发生氧化还原反应生成 Fe^{3+} 和 NO 气体, a 点 NO_3^- 恰好完全被消耗, ab 段 Fe^{3+} 与铁粉反应转化为 Fe^{2+} , c 点溶液中无 Fe^{3+} ,全部为 Fe^{2+} , ef 段溶液中剩余的 H^+ 和铁粉反应生成氢气, f 点 H^+ 完全被消耗, f 点以后溶液中金属离子总量不再变化。

【解析】由分析知, Oa 段反应的离子方程式为 $Fe + 4H^+ + NO_3^- \rightleftharpoons Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$, $0.1 \text{ mol } NO_3^-$ 完全反应,消耗 $0.1 \text{ mol } Fe$ 、 $0.4 \text{ mol } H^+$,生成 $0.1 \text{ mol } Fe^{3+}$,此时剩余氢离子 $0.5 \text{ mol} - 0.4 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$, ab 段反应的离子方程式为 $2Fe^{3+} + Fe \rightleftharpoons 3Fe^{2+}$, $0.1 \text{ mol } Fe^{3+}$ 完全反应消耗 $0.05 \text{ mol } Fe$,最后 ef 段氢离子与铁粉反应的离子方程式为 $Fe + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + H_2 \uparrow$,剩余的 $0.1 \text{ mol } H^+$ 完全反应消耗 Fe 的物质的量 $n(Fe) = \frac{0.1 \text{ mol}}{2} = 0.05 \text{ mol}$,因此总共消耗 Fe 的物质的量 $n(Fe) = 0.1 \text{ mol} + 0.05 \text{ mol} + 0.05 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$,即 $z = 0.2$, **A、B 正确**; a 点时 NO_3^- 恰好完全反应,依据 Oa 段反应知,反应至 a 点时生成的 NO 的物质的量 $n(NO) = n(NO_3^-) = 0.1 \text{ mol}$,标准状况下 $V(NO) = n \times V_m = 0.1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.24 \text{ L}$, **C 错误**;由 A 项分析知, Oa 段产生 NO 气体, ab 段不产生气体, ef 段产生 H_2 , ef 段 $0.1 \text{ mol } H^+$ 与 Fe 反应,产生的 H_2 的物质的量 $n(H_2) = \frac{0.1 \text{ mol}}{2} = 0.05 \text{ mol}$, $V(H_2) = 0.05 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.12 \text{ L}$,因此反应至 f 点时产生的气体总体积 $V_{\text{总}} = 2.24 \text{ L} + 1.12 \text{ L} = 3.36 \text{ L}$, **D 正确**。

6. B

思路导引 实验过程为先向实验装置内通入 N_2 ,排出装置内的空气以避免干扰实验,排尽空气后关闭 a 停止通入 N_2 ,打开分液漏斗旋塞向三颈烧瓶中加入浓硝酸,浓硝酸与铜片反应生成 NO_2 ,通过打开 c 、关闭 b 将 NO_2 通入装置丙、丁,或关闭 c 、打开 b ,将 NO_2 与水反应生成的 NO 通入装置丙、丁,比较实验现象。

【解析】为避免装置内空气中的 O_2 氧化 Fe^{2+} 和 NO ,干扰实验,实验开始前需要通入 N_2 排尽装置内空气,操作时,打开 a 、 b ,关闭 c ,让 N_2 流经整个装置以达到排空气的目的, **A 错误**;关闭 a 、 c ,打开 b 后,甲中铜片和浓硝酸反应生成的 NO_2 进入乙, NO_2 与水反应转化为 NO ,生成的 NO 再分别通入丙(含 Fe^{2+})和丁(含 Fe^{3+}),丙中溶液变为深棕色、丁中溶液无明显变化,可证明 NO 与 Fe^{2+} 反应使溶液变深棕色, **B 正确**;甲中反应一段时间后,浓硝酸变稀,生成的气体中有 NO ,则该操作无法证明 NO_2 与 Fe^{2+} 发生了反应, **C 错误**;氢氧化钙微溶于水,澄清石灰水浓度小, NO_2 不能全部被澄清石灰水吸收,一般用 $NaOH$ 溶液处理, **D 错误**。

7. (1) ① NO_3^- ② $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} Na_2SO_4$ ③ H^+ NO_2

(2) ①检查装置气密性 ② $2Na_2O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4NaOH + O_2 \uparrow$ ③防止空气中的 H_2O 、 CO_2 进入仪器 b 中 ④ $NaNO_3$

思路导引 探究硝酸溶液中何种粒子与 NO_2 作用显黄色,设计实验研究 H^+ 、 NO_3^- 与 NO_2 作用后的颜色,待探究的离子浓度应相同且要控制单一变量。探究 NO_2 与 Na_2O_2 的反应,因 Na_2O_2 与水反应,故浓硝酸浸没铜丝生成的 NO_2 需要经无水氯化钙干燥, NO_2 与 Na_2O_2 反应生成 $NaNO_3$ 。

【解析】(1)①实验 1 和实验 3 中 NO_3^- 浓度相同,阳离子浓度相同,种类不同,说明浓硝酸显黄色与 NO_3^- 无关。②根据单一变量原则,实验 2 和实验 4 中 SO_4^{2-} 浓度相同,由实验目的知,应控制实验 2、4 中阳离子浓度相同,种类不同,则实验 4 中的 M 为 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$ 。③实验 1 和实验 3 说明浓硝酸显黄色与硝酸根离子无关,结合实验 1 和实验 2 的实验现象可知,浓硝酸显黄色是溶液中 H^+ 与 NO_2 共同作用的结果。(2)①步骤 i 中按图连接好装置后,进行的第一步操作是检查装置气密性。②仪器 a 中无水氯化钙的作用为干燥 NO_2 ,若无此装置,将会发生副反应: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ 。③因为过氧化钠能与 H_2O 、 CO_2 反应,因此需防止空气中的 H_2O 、 CO_2 进入仪器 b 中。④ Na_2O_2 具有氧化性, NO_2 中 N 为 +4 价,可升至 +5 价,即 Na_2O_2 可将 NO_2 氧化生成 NaNO_3 ,反应的化学方程式为 $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{NaNO}_3$ 。

素养

8. A 【解析】硝酸见光易分解,应用棕色玻璃细口瓶盛装, A 错误;浓硫酸沸点高,难挥发,该反应利用高沸点的浓硫酸制取低沸点的硝酸,若将 KNO_3 换成 KCl ,也可制备 HCl , B 正确;硝酸沸点低,曲颈甬可代替冷凝管起冷却作用,用流水冷却可促进硝酸蒸气冷凝,避免形成酸雾, C 正确;硝酸在温度过高时,能分解生成二氧化氮、氧气和水,化学方程式为 $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\Delta} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, NO_2 溶于硝酸后液体呈黄色, D 正确。

第二节综合训练

能力

1. A 【解析】Cu 与浓硝酸反应放热, U 形管左侧气压变大,实验过程会看到左侧红墨水液面下降,右侧液面升高, A 正确;浓硫酸难挥发,无法与挥发出来的氨气在空气中相遇形成白烟, B 错误;制备出的氨气不能用无水 CaCl_2 干燥,无水 CaCl_2 会吸收氨气,且收集氨气的导气管的管口应接近试管的底部, C 错误;碘单质受热升华,遇冷凝结在圆底烧瓶底部, NH_4Cl 固体受热分解,遇冷又生成 NH_4Cl ,也附着在圆底烧瓶底部,不能用此法分离二者, D 错误。

→ 关键点: NH_3 密度小于空气,用向下排空气法

2. C 【解析】将大气中游离态的氮转化为氮的化合物的过程叫作氮的固定, A 正确;由题图可知,途径②中, N_2 转化成 NO ,发生了氧化反应, B 正确; N_2 与 O_2 化合只能生成 NO ,不可直接生成 NO_2 , C 错误;在常温下, NO 中只有共价键,是共价化合物,且不易溶于水, D 正确。

3. B

思路导引 由实验装置图可知,装置 A 为固液不加热制氨气装置,应是利用固体 X 溶解或与 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 反应放出的热量,使 NH_3 逸出,故装置 A 中浓氨水与碱石灰、 NaOH 或氧化钙作用制备 NH_3 ,装置 B 中盛有的碱石灰用于干燥氨气;装置 E 中浓硝酸与铜反应制备 NO_2 ,装置 D 中盛有的五氧化二磷或无水 CaCl_2 用于干燥 NO_2 ,装置 C 中 NH_3 与 NO_2 在催化剂作用下反应生成氮气和

【解析】由分析可知,固体 X 可以是碱石灰或生石灰(氧化钙), A 正确;由分析可知,甲用于干燥氨气,无水 CaCl_2 会吸收氨气生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$,不能用无水 CaCl_2 干燥 NH_3 , B 错误; NO_2 的密度比空气大,所以实验时先通入 NO_2 排尽装置中的空气,可以减少空气对实验的干扰,有利于 NH_3 充分与 NO_2 反应,故实验时宜先打开 K_3 ,一段时间后再打开 K_1 , C 正确; C 中氨气与 NO_2 在催化剂作用下反应生成氮气和

易错警示 本题探究实验易出现两处典型错误:一是误将无水氯化钙用作氨气干燥剂,二者会反应生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$;二是实验操作顺序颠倒,未排尽空气就通入氨气,会导致氧气干扰实验结果。

4. C

思路导引 实验①②中固体完全反应,固体质量成倍增加时气体体积也成倍增加,说明实验①中 NO_3^- 过量;实验③在实验②的基础上消耗的固体增加但气体体积不再增加,说明实验②中硝酸被消耗完,发生的反应是 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$,实验④在实验③基础上再增加固体,生成的气体的体积也增加,说明 Cu^{2+} 已全部被 Zn 置换出来,且金属 Zn 与硫酸反应产生 H_2 。根据实验①的数据, $n(\text{NO}) = \frac{0.448 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$,每个 N 原子得 3 个 e^- ,得电子总物质的量为 $0.02 \text{ mol} \times 3 = 0.06 \text{ mol}$,设固体混合物中 $n(\text{Cu}) = a \text{ mol}$ 、 $n(\text{Zn}) = b \text{ mol}$,得 $64a + 65b = 1.94$, $2a + 2b = 0.06$,解得 $a = 0.01$ 、 $b = 0.02$ 。

【解析】由分析知, $n(\text{Cu}) : n(\text{Zn}) = 1 : 2$, B 正确;由分析知,实验④中反应后所得溶液为 ZnSO_4 溶液,消耗的 $m(\text{Zn}) = 7.76 \text{ g} - 3.21 \text{ g} = 4.55 \text{ g}$, $n(\text{Zn}) = \frac{4.55 \text{ g}}{65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.07 \text{ mol}$,所以混酸中 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.07 \text{ mol}$, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0.07 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, A 正确;由实验④中数据知,实验③反应后溶液中仍有 H^+ ,则实验③剩余固体中只有 Cu, C 错误;实验④中比实验③中多的气体是 H_2 , $V(\text{H}_2) = (1.12 - 0.896) \text{ L} = 0.224 \text{ L}$, $n(\text{H}_2) = 0.01 \text{ mol}$, D 正确。

5. B 【解析】①中浓硝酸受热分解生成 NO_2 ;②中灼热的铁片与浓硝酸发生反应生成 NO_2 ;③中灼热的铜片与浓硝酸发生反应生成 NO_2 ;④中挥发出来的 HNO_3 受热发生分解反应或与木炭反应生成 NO_2 ;⑤中除硝酸分解外,灼热的木炭与浓硝酸也会发生反应生成 NO_2 : $\text{C} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。浓硝酸易挥发,挥发出来的 HNO_3 受热发生分解反应生成红棕色的 NO_2 , A 正确;灼热的铁片在浓硝酸中不会钝化,能发生反应生成红棕色的 NO_2 , B 错误;灼热的玻璃棒插入浓硝酸中, HNO_3 分解生成 NO_2 、 O_2 和 H_2O ,分解产生的二氧化氮与氧气的物质的量之比为 4 : 1,与空气中氮气与氧气的比例相当,空气不能使带火星的木条复燃,而混合气使带火星的木条复燃,说明二氧化氮支持燃烧, C 正确;红棕色气体均为 NO_2 ,都由 HNO_3 发生还原反应生成,均为还原产物, D 正确。

高中必刷题 化学

6. (1)排尽装置内空气,避免 O_2 干扰实验

(2)A 中产生了 NO_2 气体,通入 B 中生成硝酸, HNO_3 与铜反应生成的含 Cu^{2+} 的溶液显蓝色

(3)NO (4) $3MnO_4^- + 5NO + 4H^+ \rightleftharpoons 3Mn^{2+} + 5NO_3^- + 2H_2O$

(5)将装置 A、导管内气体赶入装置 B 中充分反应

(6) $3Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 6NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ (7)1.28

【解析】(1)实验中 NO 易被 O_2 氧化为 NO_2 , $FeSO_4$ 也易被 O_2 氧化,故实验前先通 N_2 排尽装置内空气,避免 O_2 干扰实验。

(3)装置 C 中 $FeSO_4$ 溶液变为深棕色,而 $FeSO_4$ 溶液吸收 NO 生成深棕色 $Fe(NO)SO_4$,则 B 中导出的气体是 NO。

(4)酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性,将 NO 氧化为 NO_3^- , MnO_4^- 被还原为 Mn^{2+} ,根据得失电子守恒、电荷守恒、质量守恒配平得离子方程式: $3MnO_4^- + 5NO + 4H^+ \rightleftharpoons 3Mn^{2+} + 5NO_3^- + 2H_2O$ 。

(5)实验结束后,装置 A、导管中会残留未被吸收的氮氧化物,通入 N_2 可将这些气体赶入后续吸收装置,避免直接排放到空气中。

(6)实验 a 说明产物含 Fe^{3+} ,实验 b 说明产物含 Fe^{2+} ,则残留固体为 Fe_3O_4 ,且由上述分析知,含氮产物只有 NO_2 ,根据得失电子守恒和原子守恒,配平得 $3Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 6NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ 。

(7) $Fe(NO_3)_2$ 的物质的量 $n[Fe(NO_3)_2] = \frac{5.4 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

0.03 mol,由分解反应 $3Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 6NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ 知,生成 $n(NO_2) = 2n[Fe(NO_3)_2] = 0.06 \text{ mol}$, $n(O_2) = 0.01 \text{ mol}$, NO_2 与 O_2 按物质的量之比 4:1 反应生成 0.04 mol HNO_3 ,剩余 NO_2 和水反应生成硝酸 ($3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$),

0.02 mol NO_2 与 H_2O 反应生成 $\frac{2}{3} \times 0.02 \text{ mol } HNO_3$,共生成

$n(HNO_3) = \frac{0.16}{3} \text{ mol}$,稀硝酸与铜反应,消耗铜的物质的量

$n(Cu) = \frac{3}{8} n(HNO_3) = 0.02 \text{ mol}$,铜的质量减少 $m(Cu) =$

$0.02 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.28 \text{ g}$ 。

7. (1)① $NH_4^+ + OH^- \xrightarrow{\Delta} NH_3 \uparrow + H_2O$

② $3ClO^- + 2NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 3Cl^- + 5H_2O$

③ ClO^- 与 Cl^- 在酸性条件下反应生成有毒的氯气,污染空气

(2)① $2NO_2^- + 6Fe^{2+} + 8H^+ \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 6Fe^{3+} + 4H_2O$ ②溶解氧

会将纳米铁粉和 Fe^{2+} 氧化,用于还原 NO_2^- 的还原剂的量减少

③配平得反应的离子方程式为 $2MnO_4^- + 5NO_2^- + 6H^+ \rightleftharpoons 5NO_3^- + 2Mn^{2+} + 3H_2O$;参与反应的 $n(MnO_4^-) = 0.020 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 2.500 \times$

$10^{-3} \text{ L} = 5.000 \times 10^{-5} \text{ mol}$, $n(N) = n(NO_2^-) = \frac{5}{2} n(MnO_4^-) = 1.25 \times$

10^{-4} mol ;废水中含氮量: $\frac{1.25 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}}{0.100 \text{ L}} =$

$17.5 \text{ mg} \cdot L^{-1} < 20 \text{ mg} \cdot L^{-1}$;该废水已达到排放标准

【解析】(1)①过程 1 中,向氨氮废水中加入 NaOH 溶液加热,将废水中 NH_4^+ 转化为氨气除去,离子方程式为 $NH_4^+ + OH^- \xrightarrow{\Delta}$

$NH_3 \uparrow + H_2O$ 。②过程 2 中,加入稍过量 NaClO 溶液将 $NH_3 \cdot H_2O$ 转化为 N_2 , ClO^- 作氧化剂被还原为 Cl^- ,根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒配平得离子方程式为 $3ClO^- + 2NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 3Cl^- + 5H_2O$ 。③若加入 NaClO 过多,则多余的 ClO^- 在酸性条件下会与 ClO^- 还原生成的 Cl^- 反应生成有毒的 Cl_2 ,污染空气。

(2)①酸性条件下, Fe^{2+} 还原 NO_2^- 为 N_2 ,自身被氧化为 Fe^{3+} ,根据得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒配平得离子方程式为 $2NO_2^- + 6Fe^{2+} + 8H^+ \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 6Fe^{3+} + 4H_2O$ 。②溶解氧会将 Fe 和 Fe^{2+} 氧化,使可还原 NO_2^- 的还原剂的量减少,因此 NO_2^- 残留量增多。

第三节 无机非金属材料

刷基础

1. A 【解析】陶瓷是良好的绝缘体,传统陶瓷是典型的绝缘材

料。▶ 拓展点:陶瓷中几乎没有自由移动的电子、离子

料,常用于高压变压器的开关外包装和器件,A 正确;陶瓷的主要成分为硅酸盐,B 错误;陶瓷烧制过程中发生复杂的化学反应,有新物质硅酸盐生成,属于化学变化,C 错误;由于 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 和铁的氧化物均有颜色,故一般情况下瓷器中铁含量越高,瓷器的颜色越深,白瓷的白色是因其铁含量较低甚至几乎不含铁,D 错误。

2. A 【解析】工业生产普通玻璃的原料为纯碱、石灰石、石英砂,生产水泥的主要原料为石灰石、黏土,生产陶瓷的主要原料为黏土,不需要石灰石,A 错误;水泥、玻璃、陶瓷是三大传统硅酸盐产品,均属于混合物,B 正确;硅酸盐一般性质稳定,熔点较高,所以硅酸盐制品一般具有性质稳定、熔点较高的特点,C 正确;黏土的主要成分为含水的铝硅酸盐,玻璃的主要成分为 Na_2SiO_3 、 $CaSiO_3$ 、 SiO_2 ,故二者的主要成分均有硅酸盐,D 正确。

3. D 【解析】硅酸盐的组成用氧化物的形式表示时,较活泼金属氧化物在前,正确的表示形式为 $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 3H_2O$,A 错误;镁橄榄石化学式中 Mg 原子数为 2,且氧化物系数一般取整数,正确的表示形式为 $2MgO \cdot SiO_2$,B 错误;硅酸盐的组成用氧化物形式表示的顺序为金属氧化物、二氧化硅、水,正确的表示形式为 $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$,C 错误;原子守恒,氧化物排列顺序符合规则,D 正确。

4. $Si_3O_9^{6-}$ $Si_nO_{3n}^{2n-}$

【解析】每个硅氧四面体含 1 个 Si 原子、4 个 O 原子,带 4 个单位负电荷。b 结构含 3 个 Si 原子,2 个硅氧四面体共用 1 个 O 原子,O 原子总数为 $4 \times 3 - 3 = 9$,所带电荷数为 $3 \times (+4) + 9 \times (-2) = -6$,故 b 的化学式为 $Si_3O_9^{6-}$ 。单环状离子中 Si 原子数为 n,共用 O 原子数为 n,O 原子总数为 $4n - n = 3n$,所带电荷数为 $4n + 3n \times (-2) = -2n$,故化学式为 $Si_nO_{3n}^{2n-}$ 。

5. C 【解析】硅与氢氟酸发生反应 $Si + 4HF \rightleftharpoons SiF_4 \uparrow + 2H_2 \uparrow$,Si 原子失去电子,化合价升高,体现的是还原性,A 错误;硅元素在自然界中主要以 SiO_2 和硅酸盐形式存在,硅离子 (Si^{4+}) 不稳定,不存在于自然界,B 错误;硅是优良的半导体

材料,其导电性介于导体和绝缘体之间,可将光能转化为电能,是太阳能电池的核心材料, **C 正确**;水晶的主要成分是 SiO_2 ,属于硅的氧化物,不含硅单质, **D 错误**。

❗**速记**: 水晶、玛瑙、石英玻璃的主要成分为 SiO_2

- 6. D** 【解析】二氧化硅是酸性氧化物,但与水不反应, **A 错误**;虽然 SiO_2 不溶于水,不能与水反应生成 H_2SiO_3 ,但 SiO_2 仍可看作是一分子 H_2SiO_3 失去一分子 H_2O 而形成的,且 SiO_2 与 H_2SiO_3 中硅元素化合价相同,故 SiO_2 是 H_2SiO_3 的酸酐, **B 错误**;二氧化硅不能导电, **C 错误**;二氧化硅不能与碳酸钠溶液

❗**易错点**: 光导纤维传输的是光信号,而非电信号

反应,但能与碳酸钠固体在高温时发生反应生成硅酸钠和 CO_2 , **D 正确**。

- 7. C** 【解析】石英的主要成分是二氧化硅(SiO_2), **A 正确**;高纯石英中的 SiO_2 可与 HF 发生反应: $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,故高纯石英制品不能盛放 HF 的水溶液, **B 正确**; SiO_2 是酸性氧化物,也能与强碱反应,若用碱浸法除去 Al_2O_3 杂质,会同时溶解高纯石英中的 SiO_2 ,无法达到除杂目的, **C 错误**;工业上用焦炭在高温下还原 SiO_2 制得粗硅,粗硅经提纯得到高纯硅,高纯硅具有良好的半导体性能,可用于制造电子元件, **D 正确**。

8. B

思路导引 由流程可知,二氧化硅与氢氧化钠溶液反应生成硅酸钠溶液,硅酸钠溶液与稀硫酸反应生成硅酸(Y)白色胶状沉淀,过滤得到硅酸沉淀,在坩埚中灼烧硅酸,硅酸分解生成二氧化硅和水。

【解析】步骤 I 是二氧化硅与氢氧化钠反应,生成硅酸钠和水, **A 正确**; SiO_2 与水不反应,不能通过一步反应直接生成硅酸, **B 错误**;碳酸、硫酸的酸性均强于硅酸,可以用足量二氧化碳代替稀硫酸制取硅酸,方程式为 $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$, **C 正确**;在实验室中,灼烧固体一般在坩埚中进行, **D 正确**。

- 9. A** 【解析】 Na_2SiO_3 水溶液可用作黏合剂是因为其具有较强的黏结力,与耐热性好无关, **A 错误**;水玻璃是 Na_2SiO_3 的水溶液,长期露置在空气中会与空气中 CO_2 反应生成 H_2SiO_3 沉淀,从而变浑浊, **B 正确**;硅胶具有疏松多孔的结构,吸附

❗**拓展点**: Na_2SiO_3 溶液与强酸反应用来制备硅酸

水的能力强,且无毒、无腐蚀性,常用作实验室和袋装食品的干燥剂, **C 正确**; SiO_2 不与水直接反应,可利用“强酸制弱酸”,用酸与可溶性硅酸盐反应可制得硅酸,可先使 SiO_2 与 NaOH 溶液反应生成 Na_2SiO_3 ,再通入 CO_2 制取硅酸, **D 正确**。

- 10. A** 【解析】稻壳在一定条件下转化成纳米 SiO_2 ,加入金属镁高温反应得到纳米 Si 和 MgO ,再加入盐酸与 MgO 反应,从而分离提纯得到纳米 Si 。胶体是分散质粒子直径在 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 范围内的分散系,属于混合物,纳米 Si 是纯净物,不属于胶体, **A 错误**; SiO_2 可与 HF 溶液反应,但产物不是盐和水,不属于碱性氧化物, **B 正确**;该工艺中盐酸和 MgO 反应生成 MgCl_2 和水,盐酸体现酸性,溶解除去 MgO , **C 正确**; SiO_2 和 Mg 在 650°C 下发生氧化还原反应: $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{650^\circ\text{C}} \text{Si} + 2\text{MgO}$, **D 正确**。

- 11. B** 【解析】石英和焦炭反应制得粗硅,粗硅粉碎后与 HCl 反应生成 SiHCl_3 ,提纯 SiHCl_3 后,用 Y 还原得到 Si 。 Y 具有还原性,可能为 H_2 , **A 正确**;制取粗硅的反应为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, C 元素的化合价由 0 价升高为 +2 价, C 为还原剂, Si 元素的化合价由 +4 价降低为 0 价, SiO_2 为氧化剂,氧化剂(SiO_2)和还原剂(C)物质的量之比为 1:2, **B 错误**;非金属性: $\text{Cl} > \text{H} > \text{Si}$,则 SiHCl_3 中, H 和 Cl 都为 -1 价,硅元素的化合价为 +4 价, **C 正确**; SiHCl_3 水解的产物中有 H_2 ,有化合价变化,属于氧化还原反应, **D 正确**。

- 12. B** 【解析】碳纤维复合材料由碳纤维和其他材料复合而成,不属于新型无机非金属材料, **A 正确**;光导纤维的主要成分是 SiO_2 ,其功能是传输光信号,而太阳能电池的主要材料是晶体硅(Si), **B 错误**;富勒烯、碳纳米管、石墨烯均为碳纳米材料,属于新型无机非金属材料, **C 正确**;高温结构陶瓷如氮化硅或碳化硅属于新型无机非金属材料,而非传统硅酸盐材料, **D 正确**。

- 13. A** 【解析】工程塑料 ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)属于有机高分子合成材料,不属于新型无机非金属材料, **A 符合题意**;氮化镓半导体、氧化铝陶瓷、压电陶瓷(如钛酸铅)均属于新型无机非金属材料, **B、C、D 不符合题意**。

刷易错

★**易错点** 无机非金属材料的组成辨析

- 14. D** 【解析】由化学式可知, $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 属于硅酸盐, **A 正确**;沙子主要成分为 SiO_2 , **B 正确**;超细玻璃纤维的主要成分为硅酸盐、 SiO_2 ,属于无机非金属材料, **C 正确**;光纤即光导纤维,主要成分为 SiO_2 ,利用光的全反射传递通信信号,而且 Si_3N_4 是新型无机非金属材料,电绝缘性好、熔点高, **D 错误**。

易错警示 (1)玻璃、水泥、陶瓷均为硅酸盐材料,属于混合物,无固定化学式,无固定熔、沸点。

(2)勿混淆传统无机非金属材料与新型无机非金属材料:传统无机非金属材料包含玻璃、陶瓷、水泥,主要成分是硅酸盐;新型无机非金属材料包括光导纤维、碳化硅/氮化硅陶瓷等,多为硅的氧化物、碳化物、氮化物等。

(3)石英玻璃主要成分为 SiO_2 ,属于新型无机非金属材料,切勿与普通硅酸盐玻璃混淆。

刷提升

- 1. B** 【解析】 SiC 属于新型无机非金属材料, **A 正确**;透明陶瓷和超导陶瓷等新型陶瓷属于新型无机非金属材料,新型无机非金属材料的主要成分不是硅酸盐, **B 错误**;晶体 Si 是良好的半导体材料,是制造计算芯片的主要材料, **C 正确**;石墨烯与金刚石是由碳元素组成的不同单质,二者互为同素异形体, **D 正确**。

- 2. D** 【解析】 a 为硅单质, Si 属于亲氧元素,自然界中硅均以化合态形式存在, **A 正确**; d 为硅酸,非金属性越弱,最高价氧化物对应水化物酸性越弱,非金属性: $\text{C} > \text{Si}$,则硅酸酸性比碳酸弱, **B 正确**;硅酸钠溶液(即水玻璃)通过物理隔绝和化学阻

高中必刷题 化学

燃协同发挥防火作用,可用于制备耐火材料,C 正确;b 为 SiO_2 , SiO_2 与焦炭、氯气反应时,氧化产物为 CO ,正确的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{SiCl}_4 + 2\text{CO}$,D 错误。

3. B 【解析】“还原”反应是用焦炭把二氧化硅还原为粗硅,自身被氧化为 CO ,反应的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$,A 正确;粗硅提纯所得的高纯硅是制造芯片的主要材料,制造光导纤维的主要材料是 SiO_2 ,B 错误;原料气中含 O_2 ,为防止 O_2 与粗硅反应,利用“操作 X”除去氮气中的少量氧气,如将原料气通过灼热的铜网,C 正确;粗硅中含少量 Fe 、 Cu 的单质及化合物,稀硝酸能溶解 Fe 、 Cu ,且不与 Si 反应,所以“稀酸 Y”可选用稀硝酸,D 正确。

拓展点: Cu 为氢后金属,不与盐酸、稀硫酸等非氧化性酸反应

刷素养

4. (1) 圆底烧瓶 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$
(2) 无水氯化钙 干燥氯化氢气体
(3) 排尽装置内空气,防止产物 SiHCl_3 被氧化,防止生成的氢气与空气混合加热发生爆炸
(4) c (5) 缺少氢气的尾气处理装置 (6) 69.2%

思路导引 A 装置中 NaCl 固体与浓硫酸反应,利用“高沸点酸制低沸点酸”制 HCl 气体;B 装置盛放无水氯化钙,干燥 HCl 气体,防止 C 装置中目标产物水解;C 装置中 HCl 气体与硅粉反应制 SiHCl_3 ;D 装置用冰盐水降低温度使 SiHCl_3 液化,收集 SiHCl_3 ;E 装置中浓硫酸防止后续装置中的水蒸气进入 C、D 装置与 SiHCl_3 反应;G 装置中氢氧化钠溶液用于吸收尾气中未反应的 HCl 气体,防止污染空气。

【解析】(1) 图中盛装 NaCl 固体的仪器名称是圆底烧瓶; NaCl 固体与浓硫酸反应制 HCl 气体,化学方程式为 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl} \uparrow$ 。

(2) 由已知信息得, SiHCl_3 极易与水发生反应,因此装置 B 所装药品作用是干燥氯化氢气体,碱石灰可与 HCl 反应,则装置 B 所装药品为无水氯化钙。

(3) 由已知信息得, SiHCl_3 易被氧化,因此在加热前要先通一段时间 HCl 气体,排尽装置内空气,防止产物 SiHCl_3 被氧化;结合硅粉与 HCl 气体反应的化学方程式 $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{280 \sim 300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ 知,反应中有 H_2 生成,氢气是可燃性气体,与空气混合加热容易发生爆炸,因此在加热前先通一段时间 HCl 气体,可以防止生成的氢气与空气混合加热发生爆炸。

(4) 由已知信息得, SiHCl_3 和 SiCl_4 互溶且两者的沸点相差较大,故分离两者的实验方法是蒸馏。

(5) C 装置内反应生成 H_2 ,尾气中包含氢气和 HCl 气体,G 装置中 NaOH 溶液用于吸收尾气 HCl 气体,但缺少氢气的尾气处理装置。

(6) 已知收集到的液体(SiHCl_3 和 SiCl_4 的互溶混合物)总质量为 54.20 g,其中 SiCl_4 的质量分数为 13.5%,即 $m(\text{SiCl}_4) =$

$54.20 \text{ g} \times 13.5\% = 7.317 \text{ g}$, $m(\text{SiHCl}_3) = 46.883 \text{ g}$, $n(\text{SiHCl}_3) = \frac{46.883 \text{ g}}{135.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.346 \text{ mol}$,原料中硅的物质的量为 $\frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$,若硅完全转化为 SiHCl_3 ,则理论上生成 SiHCl_3 的物质的量为 0.5 mol,因此该反应中 SiHCl_3 的产率为 $\frac{0.346 \text{ mol}}{0.5 \text{ mol}} \times 100\% = 69.2\%$ 。

第五章素养检测

刷速度

1. A 【解析】氮气和氢气在高温、高压、催化剂条件下发生合成氨反应生成 NH_3 , NH_3 在加热、催化剂条件下与 O_2 发生催化氧化反应生成 NO ,两步转化均能实现,A 正确;浓盐酸和 MnO_2 反应制备 Cl_2 须在加热条件下进行,且 Cl_2 氧化性较强,与 Fe 在加热条件下反应生成的是 FeCl_3 而非 FeCl_2 ,两步转化均不能实现,B 错误; S 单质在 O_2 中燃烧只能生成 SO_2 , SO_2 经催化氧化才能得到 SO_3 ,第一步转化不能实现,C 错误; SiO_2 难溶于水,也不与 H_2O 发生反应,无法直接生成 H_2SiO_3 (胶体),第一步转化不能实现,D 错误。

2. D 【解析】燃料燃烧可以产生气体物质和颗粒物,气体物质也可以转化为无机颗粒物进而形成雾霾,因此雾霾的形成与燃料燃烧有关,A 正确; SO_2 、 NO_x 分别转化为 SO_3 、 N_2O_5 的过程中,存在化合价变化,涉及氧化还原反应,B 正确;根据转化流程, NH_4NO_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 都属于形成雾霾的无机颗粒物,因此雾霾中含有这两种物质,C 正确; NH_3 参与反应,最终转化为 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,是反应物,不是催化剂(催化剂在反应前后质量和化学性质均不变),D 错误。

3. C 【解析】坩埚可以直接加热,不需要垫陶土网,A 错误;由图可知,650 $^\circ\text{C}$ 时, CuSO_4 开始发生分解反应,依据质量守恒定律,气体氧化物中硫元素质量为 $3.200 \text{ g} \times \frac{32}{160} \times 100\% = 0.640 \text{ g}$,气体氧化物中氧元素的质量为 $3.200 \text{ g} - 1.600 \text{ g} - 0.640 \text{ g} = 0.960 \text{ g}$,则气体氧化物中硫原子和氧原子的个数比为 $\frac{0.64}{32} : \frac{0.96}{16} = 1:3$,则 CuSO_4 发生分解反应生成 CuO 和 SO_3 ,B 错误;高于 1 000 $^\circ\text{C}$ 时, CuO 分解产生 Cu_2O , Cu 化合价降低,根据化合价升降相等知,同时有 O_2 生成,则反应的方程式为 $4\text{CuO} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$, $n(\text{CuO}) = \frac{1.600 \text{ g}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$,反应生成 0.01 mol Cu_2O ,质量为 $0.01 \text{ mol} \times 144 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.440 \text{ g}$,则图中 m 的值为 1.440,C 正确;受热过程中,铜元素始终留在固体中,固体中铜元素质量不变,D 错误。

模型建构 硫酸盐热分解曲线的分析思路

(1) 看曲线,找平台:横坐标为温度,纵坐标为固体质量或相关物理量(如固体残留率)。水平段对应稳定存在的物质(不发生分解),下降段对应物质发生分解反应。

(2) 算质量,判变化

① 求相邻两个平台的质量差值,即为该阶段生成气体的总质量。

② 一般情况下,较低温度时失去结晶水,较高温度时硫酸盐热分解生成硫的氧化物。

(3) 守恒法, 定产物

①金属元素守恒: 热分解前后固体中金属元素的质量不变。
②硫元素守恒: 硫酸盐热分解时, 硫元素一般全部进入气体(如生成 SO_2 或 SO_3)。

③氧元素守恒: 若气体只含 S、O 两种元素, 气体中的氧元素质量 = 生成气体总质量 - 硫元素质量(若气体中混有水蒸气, 则还需要减去 H 的质量)。

④求产物中各原子的个数比, 确定产物的化学式。

(4) 写方程, 做检验

①根据确定的产物, 写出分解反应的化学方程式, 检查原子守恒(氧化还原反应还需检查得失电子守恒)。

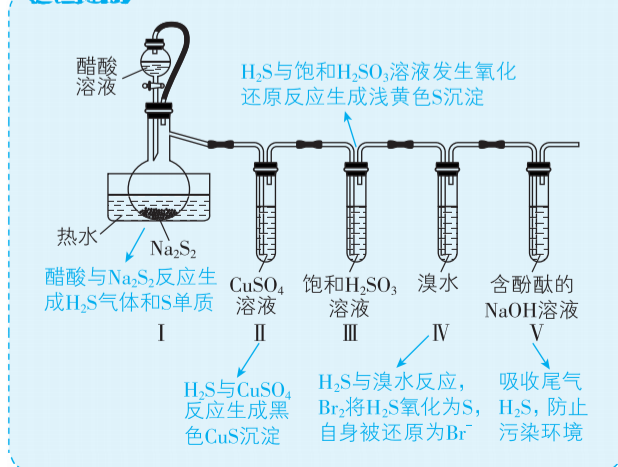
②根据方程式计算热分解阶段的固体质量变化, 验证曲线数据是否吻合。

4. D 【解析】装置 I 中稀硫酸与锌反应制取氢气, 装置 II 中盛放浓硫酸, 除去氢气中的水蒸气, 装置 III 中提供 SiHCl_3 气体, SiHCl_3 沸点较低, 水浴中加热即可使 SiHCl_3 液体汽化, 装置 IV 中制备高纯硅。装置 I 适用于颗粒状或块状等难溶于水的固体与液体不加热制备气体的反应, 生石灰与浓氨水的反应不满足上述条件, 不能用该装置, **A 错误**; 由上述分析可知, 装置 II 的作用是除去氢气中的水蒸气, 即装置 II 中盛放的是浓硫酸, 装置 III 的作用是提供 SiHCl_3 气体, 因此需水浴加热, **B 错误**; 实验时, 先打开活塞 K, 用氢气排尽装置内空气, 防止加热时 H_2 不纯而发生危险, 再加热石英管, **C 错误**; SiHCl_3 遇水会剧烈反应生成两种酸和一种气体, 根据元素守恒, 生成的酸为硅酸及 HCl , 生成的气体为氢气, 反应的方程式为 $\text{SiHCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 3\text{HCl} + \text{H}_2 \uparrow$, **D 正确**。

5. D 【解析】工业废碱渣为固态物质, “水浸”前将其粉碎可以加快水浸速率, **A 正确**; “吸收”过程中, 碳酸钠与二氧化硫反应生成亚硫酸氢钠和二氧化碳, “吸收”后脱硫烟气中的 CO_2 比“吸收”前烟气中的多, **B 正确**; “中和”时的反应是“吸收”过程生成的亚硫酸氢钠与氢氧化钠反应, 方程式为 $\text{NaOH} + \text{NaHSO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, **C 正确**; 亚硫酸钡也是白色沉淀, 向 Na_2SO_3 溶液中滴加 BaCl_2 溶液, 有白色沉淀产生, 不能证明含有 Na_2SO_4 , **D 错误**。

6. C

题图剖析



【解析】 CH_3COOH 是弱酸, 在离子方程式中不拆, 正确的离子方程式为 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{S}_2^{2-} = \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{S} \uparrow + 2\text{CH}_3\text{COO}^-$, **A 错误**; 装置 III 中 H_2S 与饱和 H_2SO_3 溶液反应生成 S 沉淀: $2\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 = 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_3 中 S 元素化合价由 +4 价下降到 0 价, 体现 H_2SO_3 的氧化性, **B 错误**; 装置 IV 中, H_2S 与溴水发生反应: $\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 = 2\text{HBr} + \text{S} \downarrow$, 溶液褪色, Br_2 将 H_2S 氧化为 S, 自身被还原为 Br^- , 体现了 Br_2 的氧化性, **C 正确**; 装置 I 中使用热水浴是为了加快 H_2S 的生成速率, 若撤掉水浴, 反应温度降低, H_2S 生成速率减慢, 生成 CuS 沉淀速率减慢, **D 错误**。

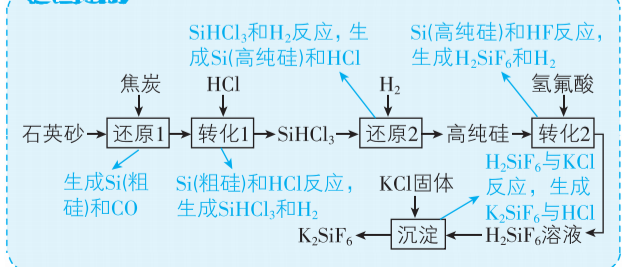
7. A 【解析】分析整个反应过程可知仅有两种元素的化合价发生变化, 即 $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ 、部分 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2$, Cu 的物质的量为 0.6 mol, 共失 $0.6 \text{ mol} \times 2 = 1.2 \text{ mol}$ 电子, 由得失电子守恒可知 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2$ 得 1.2 mol 电子, 故产物中 NaNO_2 的物质的量为 $\frac{1.2 \text{ mol}}{2} = 0.6 \text{ mol}$, 由 Na 元素守恒可知另一种产物 NaNO_3 的物质的量为 $0.5 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.6 \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$, **A 正确**; 由 Na 原子守恒可知 $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaNO}_3) + n(\text{NaNO}_2) = 1 \text{ mol}$, 由 N 原子守恒知, $n(\text{NO}_2) + n(\text{NO}) + 2n(\text{N}_2\text{O}_4) = 1 \text{ mol}$, 已知 $n(\text{NO}_2) + n(\text{NO}) + n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.9 \text{ mol}$, 则混合气体中 N_2O_4 的物质的量是 0.1 mol, 但题目中未给出气体摩尔体积, 无法计算其体积, **B 错误**; 铜和硝酸反应生成硝酸铜、水和氮氧化物, 则产物中 $n[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = n(\text{Cu}) = 0.6 \text{ mol}$, 含有 1.2 mol 硝酸根离子, 根据 B 项分析, 氮氧化物中 $n(\text{N}) = 1 \text{ mol}$, 根据 N 原子守恒, HNO_3 的总物质的量为 $1.2 \text{ mol} + 1 \text{ mol} = 2.2 \text{ mol}$, 浓硝酸体积为 220 mL, 物质的量浓度为 $\frac{2.2 \text{ mol}}{0.22 \text{ L}} = 10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **C 错误**; 反应 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 中, NaNO_2 既是氧化产物, 又是还原产物, 反应 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 中, NaNO_3 是氧化产物, NaNO_2 为还原产物, N_2O_4 中 N 元素的化合价与 NO_2 中 N 元素相同, 分析结果一致, **D 错误**。

模型建构 多步氧化还原反应的首尾守恒速解法

本题涉及多步复杂反应, 逐个列方程式计算耗时易错, 可采用首尾守恒法, 即跳过中间氮氧化物的组分分析, 只看首尾判断得失电子情况——Cu 失电子最终转化为 Cu^{2+} , 部分 HNO_3 得电子最终转化为 NO_2^- , 由得失电子守恒可直接算出 NaNO_2 的物质的量, 再结合 Na 元素守恒即可求出 NaNO_3 的物质的量。该方法无需分析中间产物的组成, 是多步反应计算题的通用速解思路。

8. (1) +4 (2) 1:1 (3) $\text{Si} + 6\text{HF} = \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2 \uparrow$ (4) 过滤 漏斗、烧杯和玻璃棒 (5) HCl H_2

题图剖析



【解析】(1)在 K_2SiF_6 中, F 的化合价为 -1, K 的化合价为 +1, 化合物中各元素正、负化合价代数和为 0, 因此 Si 的化合价为 +4。

(2)“还原 2”中 H_2 与 $SiHCl_3$ 在高温条件下发生氧化还原反应, 生成 Si(高纯硅)和 HCl, 反应的化学方程式为 $SiHCl_3 + H_2 \xrightarrow{\text{高温}} Si + 3HCl$, 发生反应的 H_2 与 $SiHCl_3$ 的物质的量之比为 1:1。

(3)在“转化 2”中, Si(高纯硅)和 HF 反应生成 H_2SiF_6 和 H_2 , 反应的化学方程式为 $Si + 6HF = H_2SiF_6 + 2H_2 \uparrow$ 。

(4) K_2SiF_6 不溶于水, 需要过滤分离, 该过程需要使用的玻璃仪器有漏斗、烧杯和玻璃棒。

(5)在“转化 1”过程中使用了 HCl, 在“还原 2”和“沉淀”过程中均有 HCl 生成, 在“还原 2”过程中使用了 H_2 , 在“转化 1”和“转化 2”过程中有 H_2 生成, 故在该工艺中 HCl 和 H_2 可循环使用。

9. (1) B (2) ① $CO_3^{2-} + 2SO_2 + H_2O = CO_2 + 2HSO_3^-$ ② pH 传感器测定溶液 pH, 一段时间内保持不变
- (3) 70 °C 后, $Na_2S_2O_4$ 受热分解, $NaBH_4$ 与水反应加快, 降低 $Na_2S_2O_4$ 产率
- (4) $HCOONa + NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_4 + CO_2 + H_2O$
- (5) 过滤、乙醇洗涤(答出醇洗即可) 低温真空干燥

思路导引 I. 硼氢化钠碱性溶液还原法制备 $Na_2S_2O_4$: 首先配制 12% $NaBH_4$ 碱性溶液和溶有饱和 SO_2 的 $NaHSO_3$ 溶液, 然后使 $NaBH_4$ 碱性溶液与 $NaHSO_3$ 溶液在无氧、水浴加热的条件下发生反应生成 $Na_2S_2O_4$ 。

II. 甲酸钠法制备 $Na_2S_2O_4$: 甲酸钠、二氧化硫、NaOH 反应生成 $Na_2S_2O_4$, 冷却结晶后, 经过滤、乙醇洗涤得到 $Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$ 。

【解析】(1) $NaBH_4$ 是一种强还原剂, 酸性或受热条件下易与水反应产生氢气, 在碱性溶液中比较稳定, 所以配制 12% $NaBH_4$ 碱性溶液时, 先加碱再加 $NaBH_4$, 选 B。

(2) ①二氧化硫和碳酸钠溶液反应生成亚硫酸氢钠和二氧化碳, 发生反应的离子方程式为 $CO_3^{2-} + 2SO_2 + H_2O = CO_2 + 2HSO_3^-$ 。②随 SO_2 与饱和碳酸钠溶液反应溶液酸性增强, 碳酸钠完全反应后, 继续通入 SO_2 , SO_2 与水反应生成亚硫酸使溶液 pH 继续减小, 当 SO_2 在溶液中达到饱和后, 溶液酸性不再变化, pH 传感器示数一段时间内保持不变。

(4) 甲酸钠、二氧化硫、NaOH 反应生成 $Na_2S_2O_4$ 、二氧化碳、水, S 元素化合价由 +4 降低为 +3, C 元素化合价由 +2 升高为 +4, 根据得失电子守恒、原子守恒配平, 反应的化学方程式为 $HCOONa + NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_4 + CO_2 + H_2O$ 。

(5) 冷却结晶后, 经过滤得到 $Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$, $Na_2S_2O_4$ 易溶于水, 难溶于醇, 为减少洗涤时 $Na_2S_2O_4$ 的损失, 应用乙醇洗涤。 $Na_2S_2O_4$ 在空气中极易被氧化, 受热易分解, 最佳干燥方式是低温真空干燥。

10. (1) ① $Cu + 4HNO_3(\text{浓}) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$
- ② 防止倒吸
- (2) 除去生成的 NO_2 气体中混有的水蒸气 $Na_2O_2 + 2NO_2 = 2NaNO_3$

(3) ①将装置中的空气排出 ②c ③bd ④取 D 装置中的产物少许于试管, 加入足量稀盐酸, 若产生红棕色气体, 则产物是亚硝酸钠; 反之为硝酸钠

思路导引 题图甲: 试管 A 中浓硝酸与铜反应生成 NO_2 , 试管 B 用于收集 NO_2 , NaOH 溶液用于尾气处理, 干燥管 C 可以起到防倒吸的作用。

题图乙: A 中浓硝酸与铜反应生成 NO_2 , B 中二氧化氮与水反应生成稀硝酸, 稀硝酸与 Cu 反应生成 NO, C 为干燥装置, 用于干燥 NO, D 中 NO 和 Na_2O_2 发生反应, E 中干燥管的作用是防止水蒸气进入 D 中, 最后用酸性高锰酸钾溶液进行尾气处理。

【解析】(1) ①Cu 与浓硝酸反应生成二氧化氮、硝酸铜和水, 化学方程式为 $Cu + 4HNO_3(\text{浓}) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$ 。②根据分析, 干燥管 C 可以起到防倒吸的作用。

(2) 试管 A 中生成的 NO_2 中含有水蒸气, 水蒸气与过氧化钠反应也产生氧气, 因此为达到实验目的, 需要在 A、B 之间增加一个能除去 NO_2 气体中的水蒸气的装置。再次实验时, 观察到红棕色气体迅速消失, 说明二氧化氮能与过氧化钠反应, 但带火星的木条未复燃, 说明没有产生氧气, 结合结论知, 应为 Na_2O_2 氧化了 NO_2 , 则 NO_2 和 Na_2O_2 反应的化学方程式是 $Na_2O_2 + 2NO_2 = 2NaNO_3$ 。

(3) ①空气中的氧气能氧化 NO, 实验时要排尽装置中的空气, 所以在反应前, 打开弹簧夹, 通入一段时间 N_2 。②在 B 装置中二氧化氮与水反应生成稀硝酸, 稀硝酸与 Cu 反应生成硝酸铜与 NO, 因此铜片逐渐溶解, 溶液变为蓝色, a 正确; NO 为无色气体, 因此产生的气泡为无色, b 正确, c 错误。③C 中干燥剂用于干燥 NO, E 中干燥管的作用是防止水蒸气进入 D 中, 浓硫酸是液体, 不能使用干燥管盛装, a 不符合题意; 碱石灰可用于干燥 NO, 也可用于吸收 F 中产生的水蒸气, b 符合题意; 氯化钠不能干燥气体, c 不符合题意; 生石灰可用于干燥 NO, 也可用于吸收 F 中产生的水蒸气, d 符合题意。④根据资料信息可知, 向亚硝酸钠中加盐酸会生成 NO 和 NO_2 , 因此可利用盐酸检验, 具体方法见答案。

第五章高考强化

刷真题

1. A 【解析】泥坯的主要成分为黏土, 属于硅酸盐, A 符合题意; 木坯主要成分为纤维素, B 不符合题意; 铜坯、铅坯均为金属材料, C、D 不符合题意。
2. D 【解析】钛板是由钛金属或钛合金制成的板材, 属于金属材料, A 错误; GaN 是无机化合物, 氮化镓半导体属于无机材料, B 错误; 光导纤维纤芯的主要成分为 SiO_2 , C 错误; 石英的主要成分是 SiO_2 , D 正确。
3. D 【解析】氢氟酸能与玻璃的主要成分中的 SiO_2 反应生成 SiF_4 和 H_2O , A 正确; 侯氏制碱法是向饱和食盐水中先通入氨气再通入二氧化碳, 碳酸氢钠溶解度较小而从溶液中析出, B 正确; 酸性条件下 MnO_4^- 将二氧化硫氧化为 SO_4^{2-} , 自身被还原为 Mn^{2+} , 该方程式满足得失电子守恒、电荷守恒、元素守恒, C 正确; 醋酸是弱酸, 书写离子方程式时不能拆, 正确

的离子方程式为 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, **D 错误**。

- 4. D** 【解析】陶土网的作用是使底面积较大的玻璃容器受热均匀,试管属于可直接加热的玻璃仪器,不用加装陶土网, **A 错误**;稀硫酸不具有强氧化性,即使加热也不能与铜反应生成 SO_2 , **B 错误**;品红溶液不褪色,可能是生成的 SO_2 气体的量较少,不足以使品红溶液褪色,不能根据品红溶液不褪色就判断装置漏气, **C 错误**;向外拉铜丝离开液面,铜丝与浓硫酸不再接触,反应终止, **D 正确**。

5. A

思路导引 由题目信息“气体 C 能使湿润的红色石蕊试纸变蓝”,可推出气体 C 为 NH_3 ,结合转化关系可知,E 为 NO ,F 为 NO_2 ,G 为 HNO_3 ,符合题目信息“G 是一种强酸”。C 和 HCl 反应生成 A(NH_4Cl),同时 H 常用作钡餐,推出 H 为 BaSO_4 ,A 和 B 反应得到 D,则 D 为 BaCl_2 ,再由题目信息固体 A 和固体 B 研细混合,常温下搅拌反应时温度迅速下降,知 A(NH_4Cl)和 B 反应吸热,确定 B 为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 。

【解析】 NH_4Cl 水溶液显酸性,在氨水(碱性)中加入 NH_4Cl 固体会使溶液 pH 降低, **A 错误**; BaCl_2 (D)可溶于水,属于重金属盐,有毒, **B 正确**; NO_2 (F)溶于水会形成硝酸型酸雨, **C 正确**;常温下,Fe 遇浓硝酸会钝化,故可用铁制容器盛装浓硝酸, **D 正确**。

关键点拨 解答无机推断题的关键是找出具有特殊性质的物质(如本题中的氨气),再结合转化关系进行正推、逆推,逐一判断,若遇到不确定的物质,可以先通读选项,从选项的设问点寻找突破口。

6. C

思路导引 步骤 I 中,黑色固体(FeS)与稀硫酸反应,生成 FeSO_4 和 H_2S 气体;步骤 II 中, H_2S 与醋酸铅反应生成黑色的 PbS ;步骤 III c 管中,KSCN 溶液先不变色,5 min 后出现浅红色,可能是 Fe^{2+} 被试管内或 KSCN 溶液中溶解的 O_2 氧化为 Fe^{3+} ,d 管中有蓝色沉淀,证明有 Fe^{2+} 。

【解析】S 具有弱氧化性,与 Fe 在加热条件下反应生成 FeS (黑色固体),也可以由步骤 II 和步骤 III 中的现象确定步骤 I 中有 H_2S 和 Fe^{2+} 生成,从而得出 a 中黑色固体含有 FeS , **A 正确**;Fe 与 S 在空气中燃烧,存在多个反应,可能先生成 FeS , FeS 在空气中继续与 O_2 反应,生成 Fe_2O_3 , **B 正确**;步骤 I 中使用煮沸后的稀硫酸是为了隔绝氧气,避免黑色固体被氧化从而影响固体成分判断, **C 错误**; CuSO_4 可以和 H_2S 反应生成 CuS 黑色沉淀,由此判断 a 中黑色固体中含有硫化物,不必再使用醋酸铅试纸检验, **D 正确**。

7. (1)分液漏斗

- (2)关闭活塞 K_1 、 K_2 ,将右侧导管浸入水中(合理即可)
 (3) $3\text{Br}_2 + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{NH}_4\text{Br} + \text{N}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
 (4)颜色由橙黄色变为无色 (5)b (6)重结晶 (7)75%
 (8)优点:操作简单,原料利用率高;不足:产品提纯的流程较复杂

【解析】(2)由“微热 C”知,是用微热法检查装置气密性,检查前应保持装置密闭,则关闭 K_1 、 K_2 ,并将右侧导管口浸入水中形成液封,然后微热 C,气体受热膨胀,导管口有气泡冒出,冷却后 C 中压强小于外界气压,导管内形成一段水柱,并保持一段时间不下降,则说明装置的气密性良好。

(3)步骤 ii 中, Br_2 与氨水发生氧化还原反应制备 NH_4Br , Br_2 被还原,则 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 被氧化生成 N_2 ,根据得失电子守恒先确定 Br_2 和 N_2 的化学计量数之比,然后利用原子守恒确定各物质的化学计量数。

(4)步骤 ii 中,C 中溶液最终呈橙黄色,说明有 Br_2 剩余,步骤 iii 中,滴加氨水至溶液颜色由橙黄色变为无色时,说明 Br_2 完全反应。

(5)由步骤 iv 可知 D 中溶液也可制备 NH_4Br ,故 D 中试剂的作用是吸收 C 中挥发出的 NH_3 及 Br_2 ,且试剂尽可能不引入其他杂质离子,故 D 中应盛放蒸馏水, **b 正确**。

(7)结合实验可知, Br_2 完全反应, $n(\text{Br}_2) = \frac{32.0 \text{ g}}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

0.2 mol ,产品 $n(\text{NH}_4\text{Br}) = \frac{29.4 \text{ g}}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3 \text{ mol}$,依据反应的

化学方程式可得产率为 $\frac{0.3 \text{ mol}}{0.2 \text{ mol} \times 2} \times 100\% = 75\%$ 。

(8)对比方案 I,方案 II 实验流程复杂,需要制备 SO_2 、 HBr 和 NH_3 ,各步实验都有损耗,最终产率较小,所以方案 I 的优点是操作简单,原料利用率高;但方案 I 中产品提纯操作比较复杂,不易得到高纯产品。因方案 I 和方案 II 都需要加热,不易判断能耗大小。

刷风向

1. B 【解析】 NaN_3 由 Na^+ 、 N_3^- 构成,属于盐类、离子化合物、电解质, **选 B**。

2. C 【解析】 NaN_3 受撞击或 300°C 以上时会迅速分解体现其不稳定性,在 $2\text{NaN}_3 \xrightarrow{\text{撞击}/>300^\circ\text{C}} 2\text{Na} + 3\text{N}_2 \uparrow$ 中,Na 元素化合价降低,N 元素化合价升高,因此 NaN_3 表现出氧化性(化合价降低)和还原性(化合价升高), **A 正确**; NaN_3 易溶于水且水溶液呈碱性,受撞击或 300°C 以上时会迅速分解,则存放时应保持干燥、远离火源, **B 正确**;未告知气体所处温度和压强,因此无法计算转移电子物质的量, **C 错误**; NaN_3 由 Na^+ 、 N_3^- 构成,二者之间为离子键, N_3^- 中 N 原子通过共价键连接, **D 正确**。

3. A 【解析】发生器 I 中反应为 $2\text{Na} + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$,为一种单质和一种化合物反应生成一种新单质和一种新化合物,属于置换反应, **A 正确**;发生器 II 中反应物与生成物中共含有 Na^+ 、 NH_2^- 、 OH^- 、 NH_3 四种 10e^- 微粒, **B 错误**; $2\text{NaNH}_2 + \text{N}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaN}_3 + \text{NaOH} + \text{NH}_3$ 中, N_2O 中 N 为 +1 价, NaN_3 中 N 平均为 $-\frac{1}{3}$ 价, N_2O 中 N 化合价降低,是氧化剂, NaNH_2 中 N 为 -3 价,部分升高到 NaN_3 中的 $-\frac{1}{3}$ 价,2 mol NaNH_2 参与反应时有 1 mol NaNH_2 被氧化,氧化剂(N_2O)与还原剂(NaNH_2)的物质的量之比为 1:1, **C 错误**;发生器 II 中生成物之一为 NH_3 ,而发生器 I 中 NH_3 是反应物, NH_3 可以通过分离器分离后返回发生器 I 中循环利用, **D 错误**。