

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

第 1 课时 硫和二氧化硫



对点上分

1. C 【解析】

试剂	硫的溶解性	是否反应	结论
水	难溶	不反应	不可用于洗涤硫
酒精	微溶	不反应	不可用于洗涤硫
热的 NaOH 溶液	—	反应	可用于洗涤硫
饱和食盐水	难溶	不反应	不可用于洗涤硫

综上, C 符合题意。

关键点拨·透 除去附着在试管上硫单质的方法

物理方法: 用二硫化碳溶解;

化学方法: $3S + 6NaOH \xrightarrow{\Delta} 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$ 。

2. D 【解析】硫单质俗称硫黄, 为黄色晶体, A 正确; S 单质的化合价为 0, 为中间价态, 既有氧化性, 又有还原性, B 正确; 火山口喷出的气体中含二氧化硫, 矿泉水中含硫酸盐, C 正确; 硫和变价金属反应时, 由于硫氧化性较弱, 反应产物一般为低价金属硫化物, D 错误。

3. A 【解析】二氧化硫能与碱反应生成盐和水, 属于酸性氧化物, A 错误, B 正确; 二氧化硫能与水反应生成对应的酸, 即亚硫酸, C 正确; 二氧化硫属于酸性氧化物, 能与 CaO 反应生成盐, 即亚硫酸钙, D 正确。

4. C

攻略上分 通法攻略 1 帮你一站式掌握 SO₂ 的性质。

【解析】SO₂ 具有还原性, 但 SO₂ 和浓硫酸不反应, 可以用浓硫酸干燥, A 错误; 向葡萄酒中添加少量 SO₂ 可以起到防腐、抗氧化等作用, B 错误, C 正确; SO₂ 可以使新制氯水褪色, 体现了它的还原性, D 错误。

提示: SO₂ 和 H₂SO₄ 中 S 为相邻价态

价态

酸干燥, A 错误; 向葡萄酒中添加少量 SO₂ 可以起到防腐、抗氧化等作用, B 错误, C 正确; SO₂ 可以使新制氯水褪色, 体现了它的还原性, D 错误。

关键: 控制用量, 可以添加

还原性, D 错误。

5. D 【解析】由图知循环过程中浅绿色的 Fe²⁺ 转化为黄色的 Fe³⁺, Fe³⁺ 再转化为 Fe²⁺, 故溶液有颜色的变化, A 正确; 该循环过程中, FeSO₄ 作催化剂, 总反应的化学方程式为 $2SO_2 + O_2 + 2H_2O \xrightarrow{FeSO_4} 2H_2SO_4$, B 正确; FeSO₄ 参加了反应, 转化为 Fe₂(SO₄)₃, 可用 KSCN 溶液检验 Fe₂(SO₄)₃, 若出现红色, 则证明 FeSO₄ 参加了反应, C 正确; 由总反应 $2SO_2 + O_2 + 2H_2O \xrightarrow{FeSO_4} 2H_2SO_4$ 可知, 每脱

除 1 mol SO_2 , 生成 1 mol H_2SO_4 , 溶液中 H^+ 的物质的量增加 2 mol, D 错误。

6. B 【解析】二氧化硫和三氧化硫均易溶于水, 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。

7. B

思路导引 硫酸亚铁在高温条件下分解可生成 Fe_2O_3 、 SO_3 、 SO_2 , SO_2 与 BaCl_2 溶液不反应, SO_3 与 BaCl_2 溶液反应会产生 BaSO_4 , 故可用装置 b 中的 BaCl_2 溶液检验 SO_3 , 现象是有白色沉淀生成; 装置 c 用于检验 SO_2 , 可选用品红溶液或酸性高锰酸钾溶液; 装置 d 用于尾气处理, 可选用氢氧化钠溶液。

【解析】 Fe_3O_4 为黑色固体, 残留的红色粉末是氧化铁, A 错误; 根据思路导引可知, SO_3 与 BaCl_2 溶液反应会产生 BaSO_4 , 证明分解产物中有 SO_3 气体, B 正确; 装置 c 中的试剂为酸性 KMnO_4 溶液 (或品红溶液), 作用是检验混合气体中的 SO_2 , 如果溶液颜色变浅或褪色, 证明存在 SO_2 , C 错误; 装置 d 可用于吸收尾气, 因此装置 d 之后无需增加尾气处理装置, D 错误。

8. C

攻略上分 通法攻略 2 帮你“找差异, 抓特性, 鉴别 SO_2 和 CO_2 ”。

【解析】

试剂	反应现象		是否可鉴别
	SO_2	CO_2	
酸性高锰酸钾溶液	褪色	无现象	是
品红溶液	褪色	无现象	是
BaCl_2 溶液	无现象	无现象	否
溴水	褪色	无现象	是

综上所述, C 符合题意。

9. (1) 除去混合气体中的二氧化硫 验证二氧化硫是否除尽

(2) CO_2 、 SO_2 H_2O (3) H_2O CO_2 、 SO_2

思路导引 装置①中用无水硫酸铜检验混合气体中的水, 装置②中用品红溶液检验混合气体中的二氧化硫, 用酸性高锰酸钾溶液除去混合气体中的二氧化硫, 再用品红溶液检验二氧化硫是否除尽, 气体最后通入装置③澄清石灰水中检验二氧化碳。

【解析】(1) 因为 二氧化碳和二氧化硫都能使澄清石灰水变浑浊,

易错: 鉴别 SO_2 、 CO_2 不可用澄清石灰水

所以用澄清石灰水检验二氧化碳前, 要先除去混合气体中的二氧化硫。

(2) 仪器的连接顺序变为②、①、③, 可以通过品红溶液是否褪色检验二氧化硫的存在, 用酸性高锰酸钾溶液和第二瓶品红溶液

除去并检验是否除尽二氧化硫,最后观察装置③中的澄清石灰水是否变浑浊可以检验二氧化碳的存在,但是气体经过溶液后,无法检验原气体中是否有水存在。

(3) 如果将仪器的连接顺序变为①、③、②,观察装置①中无水硫酸铜是否变蓝色,可以检测水,③中的澄清石灰水变浑浊,无法确定气体是二氧化碳还是二氧化硫,且澄清石灰水足量,无气体进入装置②,无法检验 SO_2 ,综上所述,若仪器的连接顺序变为①、③、②,可以检验的物质是水,无法检验二氧化碳、二氧化硫。

易错警示·悟 SO_2 、 CO_2 混合气体的检验与除杂顺序

混合气体中同时含有 SO_2 和 CO_2 时,要先检验并除去 SO_2 ,然后检验 CO_2 。

检验化学性质相似的两种物质时,应从物质的“个性”着手。检验二氧化碳中是否含有二氧化硫,可利用 SO_2 的漂白性、还原性等 CO_2 不具有的性质,将混合气体通入品红溶液或酸性高锰酸钾溶液,根据溶液颜色是否发生变化进行判断。

10. D

攻略上分 通法攻略 3 帮你突破 SO_2 的制备及性质探究实验。

【解析】溶液由黄色变为浅绿色,是因为二氧化硫将铁离子还原为亚铁离子,说明 SO_2 具有还原性,**A 错误**; SO_2 和氯化钡溶液不反应,出现白色沉淀是因为氧气氧化 SO_3^{2-} 生成的硫酸根离子和

关键: 二氧化硫和氯化钡溶液不反应,加入碱或氧化性物质可以产生白色沉淀

钡离子结合生成硫酸钡,**B 错误**;二氧化硫具有还原性,可以还原高锰酸钾,使其溶液褪色,**C 错误**;氢氧化钠能与二氧化硫反应,故试管④中盛放的溶液可以是滴有酚酞的 NaOH 溶液,**D 正确**。

易错警示·悟 常见的漂白原理

常见的漂白原理有三种类型:氧化型、化合型、吸附型。考生常因不清楚漂白剂的性质,不能将物质褪色的原因与漂白原理建立对应关系而出错。

SO_2 使物质褪色的情况:① SO_2 使品红溶液褪色,是因为 SO_2 与水反应生成的 H_2SO_3 与品红分子化合生成不稳定的无色物质,体现了 SO_2 的漂白性,且漂白效果可逆(不稳定的无色物质受热分解重新生成品红分子),但 SO_2 不能漂白酸碱指示剂;②并非所有与 SO_2 反应的物质褪色都体现了 SO_2 的漂白性,如 SO_2 使滴有酚酞的 NaOH 溶液褪色,体现了 SO_2 是酸性氧化物的性质, SO_2 使溴水和酸性 KMnO_4 溶液褪色,体现了 SO_2 的还原性。

11. (1) 检查装置气密性

(2) ① $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

②试纸变红 溶液褪色 ③易溶于水

(3) 节约药品(或不污染环境,合理即可)

(4) 40

思路导引 将注射器中浓硫酸注入盛有亚硫酸钠的导管中发生反应生成二氧化硫,二氧化硫是酸性氧化物,可使湿润的紫色石蕊试纸变红,具有漂白性可使品红溶液褪色,同时易溶于水。

【解析】(1)在装入药品前,为防止装置漏气,需要进行的操作是检查装置气密性。

(2)③推入浓硫酸后,迅速产生气体,体系内压强变大,气球膨胀,几分钟后, SO_2 逐渐溶于水,d 处气球逐渐变小,恢复至原样,说明二氧化硫易溶于水。

(3)这种实验设计在密闭装置中同时进行多个实验,其优点是节约药品,且不会污染环境。

(4)由硫元素守恒知,加入 KMnO_4 溶液将体系内含硫物质氧化,相当于 KMnO_4 将起始 Na_2SO_3 氧化,由得失电子守恒得关系式:

$$5\text{Na}_2\text{SO}_3 \sim 2\text{KMnO}_4, \text{由图中数据知 } n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{1.26 \text{ g}}{126 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

$$0.01 \text{ mol}, n(\text{KMnO}_4) = \frac{0.01 \text{ mol} \times 2}{5} = 0.004 \text{ mol}, \text{溶液体积 } V =$$

$$\frac{0.004 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.04 \text{ L} = 40 \text{ mL}.$$



能力上分

1. C 【解析】 SO_2 与 I_2 在溶液中反应生成 I^- 和 SO_4^{2-} , 则使淀粉-碘溶液褪色体现的是 SO_2 的还原性, A 错误; SO_2 是一种无色有刺激性气味且易溶于水的气体, B 错误; SO_2 有毒, 不能大量用于食品的漂白, C 正确; SO_2 与 Cl_2 按体积比为 1:1 混合后在鲜花中发生反

应: 关键: 控制用量, 可用于食品防腐、抗氧化

应: $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, 生成的两种酸都没有漂白性, 漂白效果变差, D 错误。

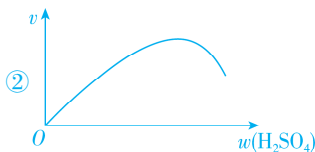
2. C 【解析】甲中二氧化硫被酸性高锰酸钾溶液氧化为硫酸根离子, 所以溶液紫色褪去, 反应的离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, A 正确; 乙中碘单质被二氧化硫还

原为碘离子, 所以蓝色逐渐变浅, 反应的离子方程式为 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, B 正确; 二氧化硫和氯化钡不反应, 丙中产生少量白色沉淀可能是 SO_3^{2-} 被氧气氧化进而生成的硫酸钡, C 错误; 丁中氢氧化钠和过量二氧化硫反应生成亚硫酸氢钠, 反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$, D 正确。

提示: 酸性介质用 H^+ 配平电荷守恒, H^+ 可放在等号左边也可以放在等号右边

易错: 氢氧化钠和二氧化硫反应时, 过量二氧化硫生成亚硫酸氢钠, 少量二氧化硫生成亚硫酸钠

3. B 【解析】让混合气体通过盛有 NaOH 溶液的洗气瓶①, CO_2 、 SO_2 均与 NaOH 溶液反应, 且除杂时导管应长进短出, A 错误; 先让混合气体通过盛有饱和 NaHCO_3 溶液的洗气瓶②, 可除去 SO_2 , 再通过盛有浓 H_2SO_4 的洗气瓶①, 可得到干燥、纯净的 CO_2 , B 正确; 让混合气体通过盛有 Na_2CO_3 溶液的洗气瓶②, CO_2 、 SO_2 均与 Na_2CO_3 溶液反应, C 错误; 先让混合气体通过盛有饱和 Na_2CO_3 溶液的洗气瓶①, CO_2 、 SO_2 均与 Na_2CO_3 溶液反应, 且除杂时导管应长进短出, D 错误。



(2) a、c、d (3) E

(4) 否 (5) NaOH



思路导引

装置 A 中浓硫酸与亚硫酸钠反应制备二氧化硫, 发生反应: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$, B 中单向阀作用是防止倒吸, 装置 C 中 SO_2 与 NaOH 反应, 验证 SO_2 为酸性氧化物, 装置 D 中 SO_2 与酸性 KMnO_4 溶液反应, 验证 SO_2 的还原性, 再通入装置 E 中的品红溶液, 用于验证 SO_2 的漂白性, 最后进行尾气处理, 据此解答。

【解析】(1) ②该反应的实质是氢离子与亚硫酸根离子结合生成亚硫酸, 亚硫酸不稳定分解产生二氧化硫。在一定范围内, 随着硫酸质量分数增大, 氢离子浓度增大, SO_2 的初始逸出速率 v 增大; 但浓硫酸具有强氧化性和吸水性, 质量分数过高时, 硫酸电离出的氢离子反而减少, 导致 SO_2 的初始逸出速率 v 减小, 所以 SO_2 的初始逸出速率 v 随硫酸质量分数 $w(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 的增大而先增大后减小。

(2) 单向阀的作用是防止倒吸, 防倒吸装置的导气管一般为短进长出(a)或短进短出(d), 起缓冲作用, c 装置的两个球形空间能容纳较多液体, 也可以防止倒吸, 则与 B 中单向阀的作用相同的装置是 a、c、d。

(3) 根据分析可知, 装置 E 中的品红溶液用于验证 SO_2 的漂白性。

(4) 可逆反应是指在同一条件下, 既能向正反应的方向进行, 同时又能向逆反应的方向进行的反应, E 中品红溶液褪色后, 关闭



易错: 如水电解生成氢气和氧气、氢气和氧气点燃生成水, 由于两个反应条件不同, 不能称为可逆反应

恒压滴液漏斗的活塞, 点燃酒精灯加热, 溶液恢复为红色, 反应条件发生改变, 所以该现象不能说明 SO_2 与品红的反应是可逆反应。

(5) “吸收”过程中 SO_2 与 NaOH 反应生成 Na_2SO_3 , “沉降”过程中 Na_2SO_3 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 CaSO_3 和 NaOH, NaOH 可循环至“吸收”过程, 则参与循环的物质为 NaOH。

第 2 课时 硫酸 硫酸根离子的检验



对点上分

1. D



思路导引

硫黄或黄铁矿燃烧生成二氧化硫, 二氧化硫在加热、催化剂条件下, 与 O_2 反应生成三氧化硫, 三氧化硫用 98.3% 的浓硫酸吸收, 得到硫酸。

【解析】硫在空气中燃烧的火焰呈淡蓝色，在纯氧中燃烧为明亮的蓝紫色火焰，**A 错误**；硫的氧化性较弱，不能将铁氧化成高价态硫化物，只能生成 FeS，**B 错误**；SO₂ 与氧气的反应是一个可逆反应，

→ **上分**：硫氧化性弱，与变价金属反应，一般都是生成低价态硫化物

化学方程式为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[400 \sim 500\text{ }^\circ\text{C}]{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_3$ ，6.4 g (即 0.1 mol) SO₂

参与反应，转移电子数小于 0.2N_A，**C 错误**；根据思路导引可知，工业上的 X 是 98.3% 的浓硫酸，**D 正确**。

2. **A** 【解析】由题给反应及原子守恒可知，存在 FeS₂ ~ 2SO₂ ~ 2H₂SO₄，设制得 98% 浓硫酸的质量为 x，根据题意可得：

$$\begin{array}{ccc} \text{FeS}_2 & \sim & 2\text{SO}_2 \sim 2\text{H}_2\text{SO}_4 \\ 120 & & 196 \\ 1\,000\text{ kg} \times 75\% & & x \times 98\% \end{array}$$

$\frac{120}{196} = \frac{1\,000\text{ kg} \times 75\%}{x \times 98\%}$ ，x = 1 250 kg，可制得 98% 的浓硫酸 1 250 kg，

A 正确。

3. **D** 【解析】小木棒蘸有浓硫酸的部位会变黑，体现了浓硫酸的脱水性，**A 错误**；稀硫酸中氢元素呈 +1 价，可被还原生成 H₂，稀硫酸也具有氧化性，**B 错误**；稀释浓硫酸时，应将浓硫酸注入水中并不断搅拌，**C 错误**；浓硫酸首先与铁共热反应生成硫酸铁、二氧化硫和水，反应中硫酸会不断消耗而变为稀硫酸，过量的铁除了与溶液中 Fe³⁺ 反应生成 Fe²⁺，还能与稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气，则生成的气体有 SO₂ 和 H₂，**D 正确**。

4. **D**

攻略上分 通法攻略 4 带你解读浓硫酸的五种性质。

【解析】浓硫酸具有很强的吸水能力，能吸收胆矾 (CuSO₄ · 5H₂O) 晶体中的结晶水，使之变为白色的无水硫酸铜，体现的是吸水性，

→ **提示**：该变化为化学变化

A 错误；铜在常温下与浓硫酸不反应，加热条件下才会发生反应产生 SO₂ 等，**B 错误**；虽然浓硫酸可作某些气体的干燥剂，但 H₂S、HI 等还原性强的气体会与浓硫酸发生氧化还原反应，不能用浓硫酸干燥，**C 错误**；向浓盐酸中滴加浓硫酸，因浓硫酸稀释放出大量热，溶液升温后 HCl 的溶解度降低，导致氯化氢气体逸出，**D 正确**。

5. **D** 【解析】浓硫酸具有脱水性，能将有机物中的 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，**A 正确**；浓硫酸脱水过程中释放大量热，此时发生反应，产生大量气体，使固体体积膨胀，**B 正确**；该过程中，蔗糖发生化学变化，**C 正确**；浓硫酸脱水过程中生成能使品红溶液褪色的 SO₂，体现浓硫酸的强氧化性，**D 错误**。

6. (1) 圆底烧瓶 (2) SO₂

(3) $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

(4) 2.24



思路导引 装置 A 中木炭和浓硫酸反应生成 CO_2 、 SO_2 和 H_2O , 二氧化硫具有漂白性, 能使装置 B 中品红溶液褪色, SO_2 具有还原性, 通入装置 C 中与新制氯水发生反应生成硫酸和盐酸, 装置 C 用于除去 SO_2 , 装置 D 用来检验 SO_2 是否除尽, 装置 E 用来检验 CO_2 。

【解析】(2) 二氧化硫具有漂白性, B 中品红溶液褪色, 证明 A 中产物有 SO_2 。

(3) SO_2 具有还原性, 通入装置 C 中与新制氯水发生反应生成硫酸和盐酸, 化学方程式: $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 。

(4) D 中的品红溶液不褪色, 说明 SO_2 除尽, E 中产生的白色沉淀为

$$\text{CaCO}_3, n(\text{CaCO}_3) = \frac{10.0 \text{ g}}{100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}, \text{由 } \text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons$$

$\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, 可知 $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0.1 \text{ mol}$, 则标准状况下 A 中至少生成 CO_2 的体积为 $0.1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.24 \text{ L}$ 。

7. C **【解析】**硫酸溶液浓度越大, 密度越大, 故等体积的浓硫酸和稀硫酸相比, 浓硫酸的质量大于稀硫酸, **A 正确**; 浓硫酸是油状黏稠的液体, 流动性不如稀硫酸, **B 正确**; 浓硫酸和稀硫酸均难挥发, 将蘸有浓氨水的玻璃棒靠近浓硫酸或稀硫酸, 均不会产生白烟, **C 错误**; 浓硫酸吸水性强, 能使 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 变为白色粉末, 把 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体投入稀硫酸中, 晶体溶解, **D 正确**。

8. B **【解析】**芒硝的化学式为 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, **A 不符合题意**; 胆矾的化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, **B 符合题意**; 生石膏的化学式为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, **C 不符合题意**; 黄铁矿的主要成分的化学式为 FeS_2 , **D 不符合题意**。

关键点拨·透

常考硫酸盐及其用途

化学式	俗名	颜色	用途
$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	熟石膏	白色	塑像、模型、粉笔、医疗绷带等
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	生石膏	白色	水泥添加剂
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	绿矾	浅绿色	用于配制蓝黑墨水, 补血剂
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	胆矾、蓝矾	蓝色	配制波尔多液、镀铜液
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	芒硝	白色	造纸, 制泻药、合成洗涤剂
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	明矾	无色	净水剂



【解析】 $M(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 172 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{CaSO}_4) = 136 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 当 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 失去全部结晶水后, $m(\text{CaSO}_4) =$

$\frac{3.44 \text{ g} \times 136 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{172 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2.72 \text{ g}$, 即 D 点固体为 CaSO_4 , 当温度小于 T_3 °C (即 A 、 B 、 C 点), 固体仍带结晶水, 设 C 点固体的化学式是 $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$,



$$172 \qquad \qquad \qquad 136+18x$$

$$3.44 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 2.90 \text{ g}$$

$$\frac{172}{3.44 \text{ g}} = \frac{136+18x}{2.90 \text{ g}}, \text{解得 } x=0.5, \text{所以 } C \text{ 点固体的化学式是 } 2\text{CaSO}_4 \cdot$$

H_2O ; D 点物质为 CaSO_4 , Ca 元素质量为 0.8 g , E 点物质中 O 元素质量为 $1.12 \text{ g} - 0.8 \text{ g} = 0.32 \text{ g}$, 则 E 点物质为 CaO , 形成酸雨的主要气体物质为二氧化硫, 化学方程式为 $2\text{CaSO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaO} +$

$2\text{SO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。

10. C 【解析】加稀盐酸, 产生有刺激性气味的气体, 并不能证明没有 SO_4^{2-} , **A 错误**; 先加入硝酸钡溶液, 产生白色沉淀, 然后再加稀硝酸, 沉淀不溶解, 不能排除亚硫酸根离子的干扰, **B 错误**;

提示: 稀硝酸具有氧化性

先加入稀盐酸, 没有明显现象, 排除银离子等的干扰, 然后再加氯化钡溶液, 产生白色沉淀, 证明有 SO_4^{2-} 存在, **C 正确**; 先加入氯化钡溶液, 产生白色沉淀, 然后再加稀盐酸, 沉淀不溶解, 不能排除银离子等的干扰, **D 错误**。

易错警示·悟 SO_4^{2-} 检验的常见误区

(1) 只加可溶性钡盐, 不酸化, 误将 CO_3^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 等干扰离子判断成 SO_4^{2-} , 上述离子能与 Ba^{2+} 生成 BaCO_3 、 $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 BaSO_3 白色沉淀。

(2) 误将 Ag^+ 判断成 SO_4^{2-} 。如向待测液中滴加 BaCl_2 溶液产生白色沉淀, 再加稀盐酸, 白色沉淀不溶解, 溶液中含 Ag^+ 时也会产生相同的现象: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl} \downarrow (\text{白色})$ 。

(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, 溶液中含有 SO_3^{2-} 也会产生相同现象, NO_3^- 在酸性环境中具有强氧化性, 发生反应: $3\text{Ba}^{2+} + 3\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{BaSO}_4 \downarrow (\text{白色}) + 2\text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

方法总结·快 检验 SO_4^{2-} 的正确操作方法: 被检液

加足量盐酸酸化 \longrightarrow 取清液 $\xrightarrow{\text{滴加 } \text{BaCl}_2 \text{ 溶液}}$ 观察有无白色沉淀产生。先加稀盐酸的目的是防止 CO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 Ag^+ 干扰, 再加 BaCl_2 溶液, 有白色沉淀产生, 说明有 SO_4^{2-} , 注意盐酸和 BaCl_2 溶液的加入顺序不可颠倒。

11. D



思路导引 溶液无色, 不含 Cu^{2+} 。

(1) 取少量原溶液向其中滴加 2~3 滴紫色石蕊试液, 溶液变红, 原溶液呈酸性, 则不含 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} , 含有 H^+ 。

(2) 取 100 mL 原溶液滴加 BaCl_2 溶液和稀盐酸, 生成 2.33 g

白色沉淀, 则含有 SO_4^{2-} , 且 $n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{BaSO}_4) = \frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$

0.01 mol , $c(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 不含 Ba^{2+} 。

(3) 向(2)中过滤所得的滤液中加入 AgNO_3 溶液和稀硝酸,

有 AgCl 白色沉淀生成, 但(2)中加入 BaCl_2 溶液和稀盐酸时

引入了 Cl^- ; 原溶液所含离子的物质的量浓度均相等, 则

$c(\text{H}^+) = c(\text{SO}_4^{2-}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据溶液呈电中性可知, 原溶

液中一定含有 Na^+ , 一定不含有 Cl^- 。

【解析】由思路导引可知, 原溶液中一定含有 Na^+ , 一定不含有 Cl^- , A、B、C 错误; 原溶液中一定含有 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 H^+ , 三种离子的物质的量浓度均相等, 均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。

12. B



思路导引 该除杂过程先溶解除去不溶性杂质, 再依次

加入过量 BaCl_2 溶液、过量 Na_2CO_3 溶液、过量 NaOH 溶液(有

多种加入顺序, 但必须遵循“ Na_2CO_3 在 BaCl_2 之后加, NaOH

的相对位置灵活”), 过滤掉沉淀, 再加盐酸除去过量的

CO_3^{2-} 、 OH^- , 最后通过蒸发结晶得到氯化钠固体。

【解析】根据分析可知该除杂过程中的反应都是复分解反应, 不涉及氧化还原反应, A 正确; 盐酸的作用是除去 CO_3^{2-} 、 OH^- , 如果用硫酸来替代盐酸, 会引入杂质离子 SO_4^{2-} , B 错误; 由分析可知, 试剂①可以为 BaCl_2 溶液, C 正确; 溶解用玻璃棒搅拌, 过滤用玻璃棒引流, 蒸发用玻璃棒搅拌, D 正确。



能力上分

1. A **【解析】**硫在氧气中燃烧只能生成二氧化硫, 与量无关, A 错误; SO_2 水溶液吸收溴蒸气发生氧化还原反应生成氢溴酸和硫酸, B 正确; SO_2 具有还原性和杀菌作用, 少量 SO_2 添加到葡萄酒中可起到抑菌和抗氧化作用, C 正确; BaSO_4 不溶于胃酸且可以阻挡 X 射线通过, BaSO_4 可以用作钡餐, D 正确。

2. A **【解析】**硫黄燃烧生成有刺激性气味的 SO_2 气体, 该气体具有漂白性, 可以漂白纸浆, A 正确; 蔗糖中加入浓硫酸后变黑色, 浓硫酸表现出脱水性, B 错误; H_2S 是弱电解质, 能够与 CuSO_4 溶液反应, 是因为两者反应生成了难溶于水和酸的 CuS 沉淀, C 错误; 常温下, Al 遇浓硫酸钝化, 产生致密的氧化物薄膜, 阻止金属与酸的进一步反应, D 错误。

关键点拨·透 几种常见物质漂白性比较

物质	SO ₂	HClO、NaClO、 Ca(ClO) ₂ 、H ₂ O ₂ 、 Na ₂ O ₂ 、O ₃	活性炭
漂白原理	与有色物质结合生成无色物质	将有色物质氧化为无色物质	吸附有色物质
变化类型	化学变化	化学变化	物理变化
是否可逆	可逆	不可逆	—
漂白对象	有色的有机物,不能漂白指示剂	有色的有机物和指示剂	有机色质

3. C 【解析】①中试管上方有红棕色溴蒸气产生,说明浓硫酸可以将 Br⁻ 氧化,②中试管上方无明显现象,说明浓硫酸不能将 Cl⁻ 氧化为 Cl₂, 否则应有黄绿色气体出现,所以对比①和②可以说明还原性: Br⁻ > Cl⁻, **A 错误**; ③中发生的反应是 Na₂SO₃ + H₂SO₄(浓) = Na₂SO₄ + SO₂ ↑ + H₂O, 不是氧化还原反应, 体现的是浓 H₂SO₄ 的

关键: 含有相邻价态同一元素的物质间不发生氧化还原反应

强酸性, **B 错误**; ②中试管口出现的白雾为盐酸小液滴, **C 正确**;

提示: 硫酸制 HCl 的反应原理是难挥发性酸制易挥发性酸

③中发生的反应不是氧化还原反应, 不能说明氧化性: Br₂ > SO₂, **D 错误**。

4. (1) 常温下浓硫酸使铁钝化

(2) 66.7%

(3) 检验 SO₂ 是否除尽

(4) D 中固体由黑色变为红色, E 中固体由白色变为蓝色

(5) $C + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$ **C**

思路导引 铁和浓硫酸在加热条件下生成硫酸铁、二氧化硫和水, 碳和浓硫酸在加热条件下生成二氧化碳、二氧化硫和水, 铁和稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气, 所以铁钉放入 15.0 mL 浓硫酸中, 加热, 生成的气体中含有二氧化硫, 还可能含有 H₂ 和 CO₂ 气体, 装置 A 检验并除去二氧化硫, 装置 B 检验二氧化硫是否除尽, 装置 C 吸收二氧化碳并干燥剩余气体, 装置 D 中氢气和氧化铜反应生成红色的铜和水, 装置 E 中无水硫酸铜检验装置 D 中是否有水生成, 装置 F 中碱石灰防止外界的水蒸气进入装置 E, 干扰水的检验。

【解析】(1) 浓硫酸具有强氧化性, 将已去除表面氧化物的铁钉放入冷的浓硫酸中, 常温下铁钝化, 表面生成致密氧化膜。

(2) 336 mL(标准状况) 气体 Y 的物质的量为 0.015 mol, 通入足量溴水中, 发生反应: SO₂ + Br₂ + 2H₂O = 2HBr + H₂SO₄, 然后加入足量的 BaCl₂ 溶液, 得到 2.33 g 干燥 BaSO₄ 固体, n(BaSO₄) =

0.01 mol, 根据 S 元素守恒, $n(\text{SO}_2) = 0.01 \text{ mol}$, 由此推知气体 Y

中 SO_2 的体积分数为 $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.015 \text{ mol}} \times 100\% \approx 66.7\%$ 。

(4) 氧化铜和氢气反应生成铜和水, 装置 D 中固体由黑色变为红色, 且装置 E 中白色的无水硫酸铜变为蓝色的五水硫酸铜, 证明气体 Y 中还含有 H_2 。

(5) C 和浓硫酸反应生成二氧化硫、二氧化碳和水, 所以气体 Y 中可能还含有 CO_2 , 为确定 CO_2 的存在, 需要在装置 B 与 C 之间添加盛有澄清石灰水的洗气瓶 M, 故选 C。

关键点拨·透 浓硫酸与金属的反应

(1) 常温下, 铁、铝遇浓硫酸钝化, 可用铁罐车、铝槽车装运浓硫酸。钝化为化学变化。

(2) 加热时, 浓硫酸能与铁反应: $2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

第 3 课时 不同价态含硫物质的转化



对点上分

1. A 【解析】单质硫常见于火山喷口附近, A 正确; 根据图中信息得出硫循环过程有生物圈参与, B 错误; 人类对化石燃料的过度开采, 致使大气中产生较多的二氧化硫, 因此对硫循环造成巨大影响, C 错误; 硫循环对环境的影响之一是导致硫酸型酸雨的产生, 还会影响土壤环境等, D 错误。

2. C



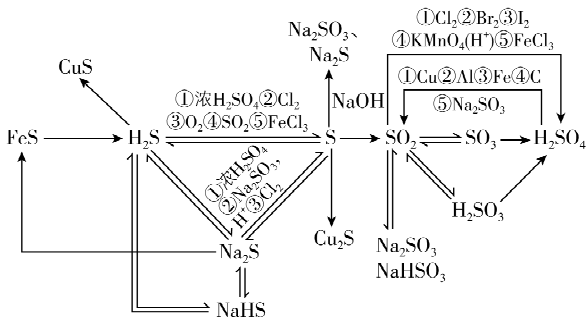
攻略上分

通法攻略 5 带你用“价—类”思想梳理含硫物质的相互转化。

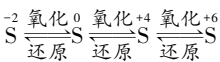
【解析】浓硫酸与 Cu 共热反应生成 SO_2 , S 元素价态: $+6 \rightarrow +4$, A 正确; Cl_2 可以将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} , S 元素价态: $+4 \rightarrow +6$, B 正确; 无论氧气是否足量, 硫与氧气在点燃的条件下反应只能生成 SO_2 , C 错误; SO_2 和 H_2S 混合后反应生成 S 和水, S 元素价态变化: $-2 \rightarrow 0 \leftarrow +4$, D 正确。

3. A 【解析】 FeS_2 与氧气在高温条件下反应生成二氧化硫, 二氧化硫与氧气在催化剂作用下生成三氧化硫, A 错误; 二氧化硫既能被高锰酸钾氧化成硫酸根离子, 也能被硫离子还原成硫单质, 二氧化硫既有还原性又有氧化性, B 正确; $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 该反应可用于实验室制取少量二氧化硫, C 正确; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 中的 +3 价铁元素具有氧化性, 可以与具有还原性的硫化氢发生氧化还原反应: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{S} = 2\text{FeS} + \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$, 该反应可用于脱除天然气中的 H_2S , D 正确。

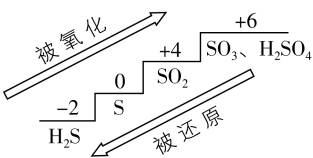
关键点拨·透 含硫物质的常见转化关系



含不同价态硫的物质间的转化是通过氧化还原反应实现的：



①当硫元素的化合价升高或降低时，一般升高或降低到其相邻的价态。



如： $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，即 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}$ ， $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2$ 。

②含相邻价态硫的微粒不发生氧化还原反应。

如： S 和 H_2S 、 S 和 SO_2 、 SO_2 和浓硫酸之间不发生氧化还原反应。

4. D 【解析】加热条件下 Fe 和浓硫酸反应，还原产物是 SO_2 ，**A 正确**； NaOH 溶液足量，才能确保 SO_2 都转化为 Na_2SO_3 ，**B 正确**； Cl_2 具有强氧化性，会将 Na_2SO_3 氧化成 Na_2SO_4 ，**C 正确**；由反应 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 可知，生成 1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 时转移 2 mol 电子，**D 错误**。

5. D 【解析】反应 1 为 SO_2 通入 Na_2CO_3 溶液中生成 NaHSO_3 和 CO_2 ，则说明酸性： $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$ ，**A 正确**； NaHSO_3 不与氯化钡反应，加入用盐酸酸化的 BaCl_2 溶液，若出现白色沉淀，则沉淀为硫酸钡，可证明 NaHSO_3 被氧化，**B 正确**； NaHSO_3 (S 为 +4 价) 转化为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (S 平均化合价为 +3 价)，还原剂是锌，化合价从 0 价升高到 +2 价，由得失电子守恒可知消耗的氧化剂和还原剂的物质的量之比为 2 : 1，**C 正确**；连二亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 有强还原性，在空气中极易被氧化，反应 2 最好在无氧条件下进行，**D 错误**。



能力上分

1. D 【解析】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 中有两个 O 为 -1 价，其余 O 为 -2 价， Na 为 +1 价，则硫元素的化合价为 +6，硫的最外层只有 6 个电子，不可能有 +7 价，**A 错误**； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液显中性，滴入少量酚酞呈无色，**B 错误**；根据题干可知 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 可将 Mn^{2+} 氧化为 MnO_4^- ，该反应中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 得电子为氧化剂， Mn^{2+} 失电子为还原剂，生成的 MnO_4^- 为氧化产物，则氧化性： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} > \text{MnO}_4^-$ ，**C 错误**； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧

化 Mn^{2+} 时, 2 个 O 得电子, 化合价从 -1 价降低到 -2 价, Mn^{2+} 失电子, 化合价从 +2 价升高到 +7 价, 根据得失电子守恒, 氧化剂和还原剂的物质的量之比为 5 : 2, **D 正确**。

2. C

思路导引 装置 E 用 70% 硫酸溶液和亚硫酸钠制取 SO_2 气体, 产生的 SO_2 气体进入装置 D 与 Na_2S 、 Na_2CO_3 充分反应制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 反应产生的气体先通过少量硫酸铜溶液以检验 H_2S 的存在, 若产生黑色沉淀, 则证明有 H_2S , 再通过过量酸性 KMnO_4 溶液以除去 SO_2 , 排除对 CO_2 检验的干扰, 最后通过澄清石灰水, 若澄清石灰水变浑浊, 则说明有 CO_2 存在, 据此解答。

【解析】 反应温度为 35°C , 则装置 D 采用的加热方式为水浴加热, **A 正确**; 由分析可知, 仪器的连接顺序为 (i) \rightarrow j \rightarrow h \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a \rightarrow f \rightarrow e, **B 正确**; SO_2 易溶于水, 若通入过量的 SO_2 , SO_2 会与水反应生成亚硫酸, 使溶液酸性增强, 导致 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 遇酸分解, 使其产率降低, **C 错误**; SO_2 有毒, 会污染空气, 则实验结束后, 拆卸装置前, 应打开 i 处弹簧夹通入 N_2 将残留的 SO_2 气体赶入装置 A 中, 用过量酸性 KMnO_4 溶液充分吸收残留的 SO_2 , 防止污染空气, **D 正确**。

3. (1) $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

(2) ①溶液红色褪去 ② $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} \longrightarrow \text{BaSO}_3 \downarrow$ ③3

④ $5\text{SO}_3^{2-} + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$

⑤盐酸酸化后的 BaCl_2 溶液 反应后的溶液中有白色沉淀, Na_2SO_3 溶液中无沉淀生成 ⑥稀硫酸

(3) 溶液的酸碱性

思路导引 亚硫酸钠能与强酸反应放出二氧化硫气体; 亚硫酸钠中 S 元素显 +4 价, 可知亚硫酸钠既有氧化性又有还原性, 用酸性高锰酸钾溶液检验亚硫酸钠的还原性, 用硫化钠溶液检验亚硫酸钠的氧化性。

【解析】 (1) 将 SO_2 通入 NaOH 溶液中生成 Na_2SO_3 和水, 反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) ①实验 1 中 Na_2SO_3 和盐酸反应放出二氧化硫气体, 二氧化硫具有漂白性, 二氧化硫气体通入品红溶液, 观察到的现象是溶液红色褪去。

②实验 2 中 Na_2SO_3 与 BaCl_2 溶液反应生成亚硫酸钡沉淀和氯化钠, 反应的离子方程式为 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} \longrightarrow \text{BaSO}_3 \downarrow$ 。

③酸性高锰酸钾溶液滴入 Na_2SO_3 溶液中, 溶液褪色, 说明高锰酸钾被 Na_2SO_3 还原, 故探究 Na_2SO_3 具有还原性的实验为实验 3。

④实验 3 中, MnO_4^- 转化为 Mn^{2+} , Na_2SO_3 被氧化为硫酸钠, 根据得失电子守恒和电荷守恒, 反应的离子方程式为 $5\text{SO}_3^{2-} + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

⑤实验 4 中无现象, 要证明 Na_2SO_3 和 H_2O_2 发生了反应: 向反应后的溶液和 Na_2SO_3 溶液中分别滴加盐酸酸化后的 BaCl_2 溶液, 观察到反应后的溶液中有白色沉淀, Na_2SO_3 溶液中无沉淀, 则证明反应后的溶液中含有硫酸根离子, 即 Na_2SO_3 被 H_2O_2 氧化为硫酸钠。

(3) 向 Na_2SO_3 溶液滴加 Na_2S 溶液无现象, 再滴加稀硫酸, 酸性条件下 Na_2SO_3 、 Na_2S 发生归中反应生成 S 沉淀, 说明影响物质的氧化性或还原性强弱的因素可能为溶液的酸碱性。

第一节 节测上分

1. C 【解析】S 的氧化性较弱, 与变价金属化合只能生成低价态金属硫化物, A 正确, C 错误; S 与氢气在加热条件下发生化合反应生成硫化氢, B 正确; S 在氧气中燃烧只能生成二氧化硫, D 正确。

2. C



思路导引 粗盐溶解后加入 NaOH 溶液, 生成氢氧化镁沉淀除去镁离子, 加入氯化钡溶液除去硫酸根离子, 再加入碳酸钠溶液除去钙离子和多余的钡离子, 过滤后加入稀盐酸, 除去多余的 NaOH 和碳酸钠, 最后经过一系列操作得到精盐。

【解析】碳酸钠溶液要在氯化钡溶液后面添加, 以除去多余的钡离子和钙离子, 因此试剂 a 为氯化钡溶液、试剂 b 为碳酸钠溶液、试剂 c 为稀盐酸, A 正确; 操作 x 为过滤, 需要用到的玻璃仪器为烧杯、漏斗、玻璃棒, B 正确; 加入氯化钡溶液, 钡离子与硫酸根离子反应生成硫酸钡沉淀, 离子方程式为 $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$, C 错误; 试剂 c 为稀盐酸, 加入稀盐酸的目的是除去多余的 NaOH 和 Na_2CO_3 , D 正确。

3. C



思路导引 根据图像可知, a、b、c、d、e 分别为 H_2S 、S、 SO_2 、 H_2SO_4 、 Na_2SO_3 (或 NaHSO_3)。

【解析】一定条件下, 能实现 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 的转化, 例如, $\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{S} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{H}_2\text{SO}_4$, A 正确; H_2S 和 SO_2 反应的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, H_2S 失电子生成的 S 为氧化产物, SO_2 得电子生成的 S 为还原产物, 氧化产物、还原产物的质量之比为 2:1, B 正确; SO_2 不能漂白石蕊溶液, 即向石蕊溶液中通入二氧化硫, 溶液只变红色不褪色, C 错误; Na_2SO_3 和 S 反应生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 化学方程式为 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, D 正确。

4. A



思路导引

$4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{N}_2 \uparrow + 6\text{NH}_3 \uparrow + 3\text{SO}_2 \uparrow + \text{SO}_3 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$, 将生成的气体通入 BaCl_2 溶液中, 可认为生成的气体先跟水反应, 再相互反应生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 、 NH_4HSO_3 , 三者的物质的量之比为 $1:1:2$, 然后 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 与 BaCl_2 发生反应, 分别生成 BaSO_4 和 NH_4Cl 、 BaSO_3 和 NH_4Cl , NH_4HSO_3 与 BaCl_2 不反应。

【解析】由思路导引可知, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 的物质的量之比为 $1:1$, 分别与 BaCl_2 发生反应, 生成 BaSO_4 、 BaSO_3 , 且物质的量之比为 $1:1$, **A 正确, C 错误**; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中 N 的化合价为 -3 , N_2 中 N 的化合价为 0 , 每生成 1 个 N_2 转移 6 个电子, 即 $4 \text{ mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 生成 $1 \text{ mol } \text{N}_2$ 转移 6 mol 电子, 则 $1 \text{ mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 分解转移 1.5 mol 电子, **B 错误**; 因为逸出的气体无色、无味, 则从溶液中逸出的气体为 N_2 , 溶液中的溶质为 NH_4HSO_3 和 NH_4Cl , **D 错误**。

- 5. D** 【解析】起始阶段有大量 O_2 产生, 说明 Na_2O_2 与 SO_2 发生了反应并生成了 O_2 , 则反应的化学方程式: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{SO}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2$, **A 正确**; bc 段 O_2 含量下降, 说明 O_2 在消耗, 根据容器内物质的成分可知, 可能是生成的 Na_2SO_3 继续与 O_2 反应导致的, 反应的化学方程式: $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$, **B 正确**; 结合氧化还原反应的基本原理和 A、B 项分析可知, 反应 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$ 确有可能发生, 因此产物 Na_2SO_4 也可能是 SO_2 与 Na_2O_2 直接化合生成的, **C 正确**; 检验 b 点固体中是否含有 Na_2SO_4 应用 HCl 酸化的 BaCl_2 , **D 错误**。

刷题上分·拓

Na_2O_2 与低价态化合物反应, 可以生成对应高价态的盐, 例如: $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$; Na_2O_2 与高价态化合物反应, 生成对应价态的盐和氧气, 例如: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{SO}_3 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$ 。

6. C



思路导引

根据题干信息, SO_2Cl_2 极易水解, 所以制取的气体需要干燥后才能进入装置丙反应, 装置丙与外界相通时也需要进行防潮处理, 防止空气中的水蒸气进入装置丙, 装置 C 中碱石灰既可以吸收尾气, 也可以防止外界水蒸气进入装置丙。

【解析】装置甲用来制 Cl_2 , 无加热装置, 所以可以选用氧化剂 KMnO_4 或 KClO_3 , **A 正确**; 磺酰氯中硫元素的化合价为 $+6$, 极



提示: MnO_2 不可选, 装置需要加热才能反应

易水解的磺酰氯与水反应生成 H_2SO_4 和 HCl , **B 正确**; 装置乙中应盛放浓硫酸, 用于干燥氯气, 防止水蒸气进入装置丙中导致磺酰氯水解, 挥发出的 HCl 气体在 C 中被碱石灰吸收, **C 错误**; 由反应的化学方程式可知, 制备磺酰氯时, SO_2 和氯气的物质的量之比为 $1:1$, 可通过观察装置乙和丁中单位时间内的气泡数来调节气体流量, **D 正确**。

7. (1) 除去未反应的 SO_2 气体

(2) 品红溶液不褪色, 澄清石灰水变浑浊

(3) 增大与硫酸的接触面积, 以加快反应速率



(5) 钝化 (6) SO_2 KSCN 溶液

(7) 硫酸浓度和反应温度

思路导引 I. SO_2 气体与碳酸氢钠溶液反应生成 CO_2 气体, 通过酸性高锰酸钾溶液除去未反应的 SO_2 气体, 并用品红溶液检验 SO_2 气体是否除尽, 以确保进入澄清石灰水的气体为 CO_2 , 以此验证 H_2SO_3 的酸性比 H_2CO_3 强; II. 铁和稀硫酸反应生成硫酸亚铁和氢气, 常温下, 浓硫酸能使铁发生钝化, 铁与浓硫酸在 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 时反应生成大量气体, 并且 B 中品红溶液褪色, 说明加热条件下铁与浓硫酸反应生成二氧化硫, 检验反应后的溶液中含有 Fe^{3+} , 可加入 KSCN 溶液。

【解析】(1) SO_2 气体也能使澄清石灰水变浑浊, 干扰 CO_2 的检验, 所以多余的 SO_2 气体必须除去, 并且必须检验是否除尽, 所以酸性高锰酸钾溶液的作用是除去未反应的 SO_2 气体。

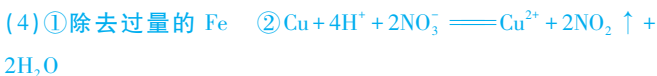
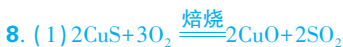
(2) SO_2 和 CO_2 气体均能使澄清石灰水变浑浊, 为确保通入澄清石灰水的气体只有 CO_2 , 必须确保 SO_2 已除尽, 所以当观察到品红溶液不褪色、澄清石灰水变浑浊时, 可证明有 CO_2 生成, 即 H_2SO_3 的酸性比 H_2CO_3 强。

(3) 上述实验中, 铁丝绕成螺旋状的目的是增大与硫酸的接触面积, 以加快反应速率。

(5) 浓硫酸具有强氧化性, 能迅速在铁的表面形成致密的氧化膜, 阻止浓硫酸与铁的接触, 使反应停止, 这种现象被称为钝化。

(6) B 中品红溶液褪色, 则加热条件下铁与浓硫酸反应生成了二氧化硫气体, 检验反应后的溶液中含有 Fe^{3+} , 可加入 KSCN 溶液, 若溶液变成红色, 证明溶液中含有 Fe^{3+} 。

(7) 实验 1、2 是由于硫酸的浓度不同, 导致产物不同, 实验 2、3 是由于温度不同, 导致产物不同, 故分析实验 1、2、3, 可知影响铁和硫酸反应产物多样性的因素有硫酸浓度和反应温度。



(5) 降温至温度略高于 26.4°C 结晶



思路导引 工业上由含铜废料(含有 Cu 、 CuS 、 CuSO_4 等)制备硝酸铜晶体, 废料通入空气“焙烧”后, 铜生成氧化铜, 硫化铜转化为 CuO 和 SO_2 。加入硫酸“酸化”生成硫酸铜, 加入过量的铁“置换”生成铜, “过滤”得到的滤渣为铁和铜。“淘洗”后加入 20% 的 HNO_3 溶液和 10% 的 H_2O_2 溶液发生反应, 蒸发浓缩, 降温至温度略高于 26.4°C 结晶。从“反应”所得溶液中析出 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

- 【解析】(1)“焙烧”时,CuS 和氧气反应转化为 CuO 和 SO_2 ,根据得失电子守恒和元素守恒可知,反应的化学方程式: $2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$ 。
- (2)“焙烧”后主要成分为氧化铜,“酸化”过程中氧化铜和氢离子反应生成铜离子和水。
- (3)“过滤”得到的滤液主要为硫酸亚铁溶液,即“过滤”所得滤液中溶质的主要成分为 FeSO_4 。
- (4)①Fe 与稀硫酸反应,则“淘洗”的目的是除去过量的 Fe;②已知硝酸也是一种氧化剂,根据题目给出的信息,铜和浓硝酸发生反应生成红棕色的二氧化氮气体,则 NO_3^- 为氧化剂,每个 NO_3^- 获得 1 个电子得到还原产物 NO_2 , NO_3^- 和 Cu 的物质的量之比为 2 : 1,补上 H^+ 和水后配平离子方程式。
- (5)根据图乙中结晶水合物的溶解度随温度变化曲线可知,温度高于 $26.4\text{ }^\circ\text{C}$ 时溶液中析出 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$,故从“反应”所得溶液中析出 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的方法:蒸发浓缩、降温至温度略高于 $26.4\text{ }^\circ\text{C}$ 结晶、过滤、冰水洗涤、低温烘干。
- (6)由图丙可知,可循环使用的试剂是 NaOH;根据图丙可知双碱法脱硫的总反应为 SO_2 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 O_2 反应生成 CaSO_4 ,依据元素守恒和得失电子守恒可知总反应为 $2\text{SO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

第二节 氮及其化合物

第 1 课时 氮气和氮的氧化物



对点上分

1. B 【解析】氮气分子中存在氮氮三键,通常情况下化学性质稳定,不易发生反应,A 正确;氮气与氧气反应需要在高温或放电条件下进行,生成一氧化氮,但氮气本身不会在氧气中燃烧,B 错误;
- 关键: 断开 $\text{N} \equiv \text{N}$ 需要消耗较多的能量
- 氮气在水中的溶解度极低,属于难溶性气体,C 正确;氮气与氢气合成氨时,氮元素化合价从 0 降至 -3,氮气被还原,故作氧化剂,D 正确。
2. A 【解析】 N_2 和 H_2 在一定条件下反应生成 NH_3 ,是将游离态的氮(N_2)转化为含氮化合物(NH_3),属于固氮,A 正确; NO 、 NH_3 不是游离态的氮,不属于固氮,B、C、D 错误。
- 易错: 氮的固定必须是游离态(单质)变成化合态
3. D 【解析】 NO_2 是红棕色气体,但其与水反应生成 HNO_3 和 NO ,反应中氮的化合价发生变化,不符合酸性氧化物的定义(与碱反应只生成对应的盐和水),因此不属于酸性氧化物,A 错误。 NO 会与空气中的 O_2 反应生成 NO_2 ,不能用排空气法收集; NO_2 密度大于空气且与水反应,可用向上排空气法收集,B 错误。 N_2 和 O_2 直接化合生成的是 NO ,而非 NO_2 , NO_2 需通过 NO 与 O_2 进一

步反应生成, **C 错误**。 NO 与 O_2 反应生成 NO_2 ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$), NO_2 与水反应生成 HNO_3 和 NO ($3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$), 两者在一定条件下可相互转化, **D 正确**。

4. C



思路导引

少量的 NO_2 缓慢通入 Na_2SO_3 溶液中, NO_2 和水反应生成 HNO_3 和 NO , HNO_3 与 Na_2SO_3 发生氧化还原反应生成 NO 、 H_2O 和硫酸钠。

【解析】a 为 NO , 不可能含有 NO_2 , 因为 NO_2 会和水反应生成 HNO_3 和 NO , **A 错误**; Na_2SO_3 足量, 剩余的 Na_2SO_3 也能与 BaCl_2 生成白色沉淀, 故直接滴入 BaCl_2 溶液不能检测反应后的生成物中是否含有 SO_4^{2-} , **B 错误**; 根据得失电子守恒与原子守恒, 该实验发生的总反应为 $\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, **C 正确**; Na_2SO_3 溶液是混合物, 既不是电解质也不是非电解质, **D 错误**。

5. **D** 【解析】根据化学方程式可知, NaOH 溶液不能吸收单一的 NO , 体积比为 1:1 时的吸收率远大于体积比为 2:1 时, 故曲线 I

提示: NO 和 NO_2 混合物如果想完全被吸收, NO_2 必须过量, NO 不与碱液单独反应。

表示体积比为 1:1 的混合气体吸收率的变化, **A 正确**; NaOH 溶液浓度越大, 黏稠度越高, 浓度大于 $1.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 吸收率下降的原因可能是 NaOH 溶液黏稠度过高, 不利于氮氧化物的吸收, **B 正确**; 向体积比为 2:1 的 NO 和 NO_2 混合气体中通入少量 O_2 , O_2 可以将 NO 氧化为 NO_2 , 提高氮氧化物的吸收率, **C 正确**; 将 1 mol NO 和 3 mol NO_2 混合气体通入足量 NaOH 溶液中完全吸收, 所得

溶液中 $\frac{n(\text{NaNO}_2)}{n(\text{NaNO}_3)} = 3$, **D 错误**。

6. B



攻略上分

氮氧化物的溶解问题理不清? 来跟大招攻略 6 学大招。

【解析】如果原混合气体中氧气过量, 则剩余气体为氧气, 设参加

关键: 分类讨论, 剩余气体不可能为二氧化氮

反应的氧气的体积为 $x \text{ mL}$, 根据化学方程式 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 可知消耗 NO_2 的体积是 $4x \text{ mL}$, $4x + x = 22 - 2 = 20$, $x = 4$, 所以原混合气体中氧气的体积为 $4 \text{ mL} + 2 \text{ mL} = 6 \text{ mL}$; 如果原混合气体中 NO_2 过量, 则剩余气体为 NO , 设氧气的体积为 $y \text{ mL}$, 根据化学方程式 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 可知消耗 NO_2 的体积是 $4y \text{ mL}$, 剩余 NO_2 的体积是 $(22 - y - 4y) \text{ mL}$, 根据化学方程式 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 可列式 $\frac{22 - y - 4y}{3} = 2$, 解得 $y = 3.2$, 所以原混合气体中氧气的体积为 6 mL 或 3.2 mL , 故选 **B**。



能力上分

1. **C** 【解析】人工固氮是人类通过控制条件, 将游离态的氮转变成化合态的氮, **A 正确**; “机械化学”降低了合成氨反应的条件要

求,但反应仍为可逆反应,**B 正确**;结合题中信息可得,氮气和氢气反应的化学方程式为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[常压]{45\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3$,该反应的气体分子总数减少,**C 错误**;空气中氮气体积分数约为 78%,原料 N_2 可由分离液态空气获得,**D 正确**。

2. B 【解析】NO 是一种无色且不溶于水的气体,**A 正确**;氮的固定是将游离态的氮(即氮气)转化为含氮化合物,NO 在催化剂作用下转化为 N_2 不属于氮的固定,**B 错误**;CO 在该过程中转化为 CO_2 ,碳元素的化合价由+2 升至+4,CO 被氧化,发生氧化反应,**C 正确**;催化转化器将有害的 CO 和 NO 转化为无害的 CO_2 和 N_2 ,有利于减少汽车尾气污染,**D 正确**。

3. B 【解析】试管中盛装的是红棕色气体,一定含有 NO_2 ,当向试管内鼓入氧气后,最后试管内完全被水充满,则一定不含 N_2 ,①不符合;通入氧气后,可能发生以下反应: $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 、 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$,则可能含有 NO,则②、③符合,④不符合,故**B 正确**。

4. (1) 烧瓶上部由无色逐渐变为浅红棕色

(2) e f j i

(3) 将 NO 氧化为 NO_2 ,进而被 NaOH 溶液吸收,防止污染环境

(4) $2\text{NO} + 2\text{Fe} \xrightarrow{\Delta} 2\text{FeO} + \text{N}_2$

(5) $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{NaNO}_3$ (6) 防倒吸

思路导引 I. 利用装置 A 制备 NO,烧瓶中有空气,部分 NO 被氧化成 NO_2 ,利用 NO_2 与水反应生成 NO 除去 NO_2 ,故将 A 中产生的气体通入装置 D。因为灼热的铁能与水蒸气发生反应,因此需要将 NO 中的水蒸气除去,即先通过干燥管,再通入 E 中进行反应。NO 有毒,且不能被氢氧化钠溶液吸收,因此需要利用浓硝酸将 NO 氧化成 NO_2 ,再通入氢氧化钠溶液,除去尾气。

【解析】(1) 铜与稀硝酸发生反应生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、NO、 H_2O ,烧瓶中有空气,NO 与 O_2 反应生成 NO_2 ,观察到的现象是铜片逐渐溶解,有无色气泡冒出,烧瓶上部有浅红棕色气体生成,烧瓶中溶液变为蓝色。

(3) 根据思路导引可知,装置 B 的作用是将多余的 NO 转化成 NO_2 ,便于被氢氧化钠溶液吸收,防止污染环境。

(4) 装置 E 中,NO 被 Fe 还原成 N_2 ,Fe 被氧化成 FeO,反应的化学方程式: $2\text{NO} + 2\text{Fe} \xrightarrow{\Delta} 2\text{FeO} + \text{N}_2$ 。

(5) N 中产生的 NO_2 中混有水蒸气, Na_2O_2 能与水反应生成 O_2 ,干扰对 NO_2 与 Na_2O_2 反应产物的检验,甲同学的结论不正确,乙同学的实验中干燥的 NO_2 与 Na_2O_2 反应,红棕色气体消失,带火星的木条没有复燃,说明没有 O_2 产生,证明 NO_2 被 Na_2O_2 氧化,即反应的化学方程式为 $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{NaNO}_3$ 。

第 2 课时 氨和铵盐



对点上分

1. D 【解析】氨气极易溶于水,常温常压下,1 体积水大约可以溶解 700 体积氨气,**A 正确**;氨气是碱性气体,氨可以与酸反应生成

铵盐, **B 正确**; 实验室制取氨气的主要方法是加热氯化铵与熟石灰的混合物, **C 正确**; 氨气溶于水得到一水合氨, 一水合氨电离得到铵根离子和氢氧根离子, 则氨的水溶液呈碱性, **D 错误**。

2. B 【解析】醋可食用, **A 不符合题意**; 硫酸具有腐蚀性, 不能与皮肤接触, **C 不符合题意**; 卤水难挥发, **D 不符合题意**。

3. D 【解析】浓氨水中加入生石灰, 生石灰吸收水, 且与水反应放出大量的热, 促进氨气的逸出, **A 正确**; 氨气为碱性气体, 可用碱石灰干燥, **B 正确**; 打开止水夹 a、c、d, 氨气和氯化氢反应生成固体导致蒸馏烧瓶内压强减小, 从而形成喷泉, 氨水呈碱性, 盐酸呈酸性, 则可分别形成蓝色和红色喷泉, **C 正确**; 两溶液混合生成 NH_4Cl , 氯化铵不稳定, 受热易分解, 不能直接蒸干, **D 错误**。

4. A 【解析】 CaCl_2 固体不能与浓氨水反应放出氨气, X 固体不可以是 CaCl_2 , 可以选用碱石灰或固体氢氧化钠等, **A 错误**; C 点时三颈烧瓶中压强最小, 此时气体溶解最快, 故 C 点时喷泉最剧烈, **B 正确**; 热敷三颈烧瓶, 氨气受热膨胀, 通过导管与水接触溶解, 也可以产生喷泉现象, **C 正确**; 喷泉实验结束后, 发现水未充满三颈烧瓶, 可能是因为装置气密性不好, 也可能是因为氨气中混有空气等, **D 正确**。

5. C 【解析】 NH_4NO_3 中 N 的化合价有 -3 和 +5 两种, **A 错误**; NH_3 溶于水生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 因此 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是电解质, NH_3 不是电解质, **B 错误**; 硫酸铵和熟石灰混合在研钵中进行研磨, 发生反应
 应 \rightarrow **易错**: 电解质必须是自身可以电离, 而不是溶于水后形成的新物质可以电离

生成有刺激性气味的氨气, 可以闻到刺激性气味, **C 正确**; 大多数

\rightarrow **关键**: 检验固态铵盐的常规方法

铵盐不稳定, 见光或受热易分解, 贮存铵态氮肥时需密封保存, **D 错误**。

6. A 【解析】根据流程图可知, 生物硝化法处理废水发生反应 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$, 导致水体酸性增强, **A 错误**; 长期过量施用 NH_4Cl 会导致水体富营养化, **B 正确**; 检验 NH_4^+ 可用浓 NaOH 溶液、湿润的红色石蕊试纸, **C 正确**; 生物硝化法处理废水使水体呈酸性, 可以加入石灰石与 H^+ 反应来调节水体的 pH, **D 正确**。

7. (1) 加速 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的分解, 促进 NH_3 的挥发, 并将其吹脱



(3) 还原剂

(4) B

思路导引 氨氮废水 (主要含 NH_4^+) 加 NaOH 调 $\text{pH}=9$ 生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 同时通入热空气使 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解得到氨气和低浓度氨氮废水, 低浓度氨氮废水在微生物和氧气作用下最终转化为含硝酸的废水, 含硝酸的废水加入甲醇发生氧化还原反应, 将硝酸根离子最终转化为氮气除去, 最终得到达标废水。

【解析】(1) 过程①: 加入 NaOH 将 NH_4^+ 转化为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热易分解, 鼓入大量热空气的目的是加速 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的分解, 促进 NH_3 的挥发, 并将其吹脱。

- (2) 结合得失电子守恒、原子守恒、电荷守恒可知 NH_4^+ 与 O_2 反应生成 NO_3^- 的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{微生物}} \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ 。
- (3) 加入甲醇 (CH_3OH) 可实现 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$ 转化, 该过程中, N 元素化合价降低, 被还原, CH_3OH 的作用是作还原剂。
- (4) 过程①中 $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3$, N 价态不变, 过程②中 N 的价态升高, 过程③中 N 的价态降低, **A 错误**; 高温会使蛋白质变性从而杀死微生物, 过程②采用高温会降低微生物活性, **B 正确**; 过程②得到含硝酸的废水, 不可直接排放, **C 错误**; 固氮指氮气转化为氮的化合物的过程, 过程③是氮的化合物最终转化为氮气, 不属于固氮, **D 错误**。

8. C

◎ 攻略上分 铵氮同源看通法攻略 8 学习怎么制氨气。

【解析】 无水氯化钙不能和浓氨水混合制氨气, 固液不加热制氨气可以使用浓氨水和氢氧化钠或生石灰, **A 不符合题意**; NH_3 会和浓硫酸反应, 不能用浓硫酸干燥 NH_3 , **B 不符合题意**; 氨气与氧化铜加热发生反应, CuO 被还原为 Cu , 说明氨气具有还原性, **C 符合题意**; 苯的密度比水小, 氨气极易溶于水, 氨气直接通入水中, 会发生倒吸, 要吸收尾气, 可以将苯换为四氯化碳, **D 不符合题意**。

方法攻略·快 实验装置的选择

- (1) 看反应条件选发生装置: 是否加热
- (2) 看气体性质选收集装置: 密度大小 (与空气相比), 是否与空气中的成分反应; 是否溶于水

9. (1) 检查装置气密性

- (2) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- (3) 碱石灰 (或氧化钙, 合理即可) **b**
- (4) 装置丁中黑色固体变红
- (5) 球形干燥管 $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \xrightarrow{\Delta} 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (6) AC 或 AD

◎ 思路导引 装置甲用氯化铵和熟石灰加热制备 NH_3 , 产物中混有水蒸气; 装置乙用于干燥 NH_3 , U 形管中装有碱石灰 (或氧化钙); 装置丙作为收集装置, NH_3 密度比空气小, 故集气瓶中的导管应短进长出; 装置丁用于探究 NH_3 的还原性, 让干燥的 NH_3 与 CuO 在高温下反应, 若黑色的 CuO 变成红色的 Cu , 则可证明 NH_3 具有还原性。

【解析】 (1) 对于有气体参与的反应, 组装好实验装置后, 开始实验前需要进行的操作是检查装置气密性。

(5) 装置戊中盛放无水硫酸铜的仪器名称为球形干燥管; 实验过程中可观察到无水硫酸铜变蓝, 说明有 H_2O 生成, 从装置戊出口处收集到的气体中可检测出一种相对分子质量为 28 的气体单质 (即 N_2), 故 NH_3 和 CuO 在加热时反应的化学方程式: $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \xrightarrow{\Delta} 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(6) 图示装置只完成了氨气的制备和还原性的验证, 没有尾气处理装置, 故要加一尾气处理装置并防倒吸, 即为 C 或 D; 由于装置戊用于检验有没有生成水蒸气, 为了排除空气中水的干扰, 在尾气处理装置前需加一干燥装置, 即 A。



能力上分

1. C 【解析】稀硫酸和碳酸钙反应生成硫酸钙, 微溶物硫酸钙会附着在大理石表面, 阻碍反应进行, 应选择稀盐酸, **A 错误**; 加热氯化铵分解生成氨气和 HCl, 在试管口遇冷又化合生成氯化铵, 应加热氯化铵和氢氧化钙的固体混合物, **B 错误**; 浓氨水显碱性, 可增大二氧化碳的溶解, 且倒扣的漏斗起到防倒吸作用, 可制备 $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$, **C 正确**; 碳酸氢铵受热易分解, 不能蒸发结晶, **D 错误**。

2. C 【解析】根据题目中用氨水吸收烟气中的 SO_2 生成亚硫酸铵溶液, 并在富氧条件下将亚硫酸铵氧化成硫酸铵, 则发生反应的离子方程式为 $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{SO}_3^{2-} + \text{O}_2 = 2\text{SO}_4^{2-}$, **A 正确**; 农业上常用的氮肥主要有尿素、硫酸铵、氯化铵、碳酸氢铵等, **B 正确**; 盐酸酸化的硝酸钡中, NO_3^- 在酸性条件下具有强氧化性, 能将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} , 导致两者均生成 BaSO_4 沉淀, 无法区分, **C 错误**; 检验 NH_4^+ 需加热释放出 NH_3 来进行验证, 因此需通风且防烫伤, **D 正确**。

3. C



思路导引

由图可知, 装置①中高锰酸钾受热分解制备氧气, 装置②中氯化铵与氢氧化钙共热反应制备氨气, 装置③中氨气在催化剂作用下与氧气发生催化氧化反应生成一氧化氮和水, 装置④中反应生成的一氧化氮与过量的氧气反应生成二氧化氮, 二氧化氮与水蒸气反应生成硝酸和一氧化氮, 硝酸与氨气反应生成硝酸铵, 会有白烟产生, 装置⑤中氮的氧化物与过量氧气、水反应生成硝酸, 硝酸与铜反应生成硝酸铜, 溶液为蓝色。

【解析】③中无明显现象, ④中有红棕色气体, 说明 NH_3 在催化剂、加热作用下与 O_2 反应生成 NO 和水, **A 错误**; 根据思路导引知④中白烟的主要成分是 NH_4NO_3 , 不是 NH_4Cl , **B 错误**; ⑤中氮的氧化物与氧气、水反应生成硝酸, 硝酸与铜反应生成硝酸铜, 使铜粉溶解, 溶液呈蓝色, **C 正确**; 尾气的主要成分是 NO , 单独的 NO 不与 NaOH 溶液反应, **D 错误**。

4. (1) 分液漏斗 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} = \text{NH}_3 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 氯化铵固体受热分解生成的氨气和氯化氢气体在试管口遇冷会重新化合生成氯化铵固体, 无法收集到氨气

(2) C (3) 1:4

(4) 氨气极易溶于水, 溶于水的氨气部分与水反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液呈碱性, 所以 D 中的溶液形成红色的喷泉

(5) 红褐色

(6) 装置气密性不好(或制得的 NH_3 不纯, 合理即可)



思路导引

由实验装置图甲可知,左侧试管中浓氨水与氧化钙反应制备氨气,装置 A 用于干燥氨气,装置 B 用向下排空气法收集氨气。

【解析】(2)浓硫酸能与氨气反应生成铵盐,且为液态,所以不能用浓硫酸干燥氨气,A 错误;无水氯化钙能与氨气反应生成八氨合氯化钙,所以不能用无水氯化钙干燥氨气,B 错误;氨气是碱性气体,所以能用碱石灰干燥氨气,C 正确;五水硫酸铜不能吸收水分,D 错误。

(3) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 转化为 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 时,钴元素的化合价升高被氧化, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 是该反应的还原剂,氧元素的化合价降低被还原,氧气是该反应的氧化剂,由得失电子守恒可知,氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:4。

(5)氨气极易溶于水,溶于水的氨气部分与水反应生成一水合氨,一水合氨与氯化铁溶液反应生成氢氧化铁和氯化铵,氢氧化铁为红褐色,所以 E 中溶液形成的喷泉颜色为红褐色。

(6)喷泉制备没有成功可能是因为装置气密性不好,或者是因为制得的氨气不纯,烧瓶与万能瓶无法形成压强差等。

第 3 课时 硝酸 酸雨及防治



对点上分

1. B



攻略上分

一通性、两特性,和通法攻略 9 参透硝酸的不定性。

【解析】浓硝酸显酸性,能使紫色石蕊溶液变红,具有强氧化性,能漂白指示剂,使溶液褪色,A 错误;Cu 与稀硝酸反应生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、NO 和 H_2O ,部分 HNO_3 被还原生成 NO,同时铜被氧化为最高价,硝酸体现强氧化性,部分 HNO_3 转化为 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,氮元素化合价不变,体现了硝酸的酸性,B 正确; HNO_3 见光易分解,所以浓硝酸要用棕色瓶盛装并避光保存,C 错误;稀硝酸与 NaOH 发生中和反应,溶液碱性减弱,使溶液的红色褪去,体现稀硝酸的酸性,D 错误。

2. B 【解析】灼热的玻璃棒插入浓硝酸中, HNO_3 受热分解生成 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比例相当,带火星的木条在空气中不能复燃,在 NO_2 和 O_2 的混合气体中能复燃,说明二氧化氮支持燃烧,A 正确;灼热的铁片与浓硝酸发生反应,生成红棕色的 NO_2 ,常温下,铁片在浓硝酸中钝化,B 错误;硝酸具有挥发性,挥发出来的 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 受热发生分解反应生成红棕色 NO_2 ,C 正确;红棕色气体均为 NO_2 ,都是由 HNO_3 被还原生成的,均为还原产物,D 正确。

3. D 【解析】氨气和氧气在氧化炉中发生催化氧化反应生成 NO 和水,化学方程式为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,A 正确;

NO 、 O_2 和水在吸收塔中反应生成硝酸： $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ ，图中 M 为空气，其在吸收塔中的作用是使 NO 充分转化为 HNO_3 ，**B 正确**；硝酸工业的尾气中含有 NO 、 NO_2 气体，根据反应 $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_2 + \text{NO} + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 知可以使用 NaOH 溶液作吸收剂，用于尾气处理，**C 正确**；常温下，铝在浓硝酸中钝化，所以工业上选择铝罐盛装大量浓硝酸，钝化是化学反应，**D 错误**。

4. C



思路导引

若 NO 和 NO_2 的物质的量之比为 $1:1$ ，反应原理为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ；若 $n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) > 1:1$ ，发生反应 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，多余的 NO 无法被 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收，造成排放气体中 NO 含量升高；若 $n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) < 1:1$ ，二氧化氮过量，被 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收，则发生反应 $4\text{NO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，产品中 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 纯度降低。

【解析】根据思路导引可知，该工艺中 NO 和 NO_2 的物质的量之比接近 $1:1$ ，可以提高 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 的产率及纯度，吸收时主要反应为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，**A 正确**；采用气液逆流接触，增大了气体和石灰乳的接触面积，有利于尾气中 NO 、 NO_2 的充分吸收，**B 正确**；采用石灰乳更有利于气体附着，且澄清石灰水中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度小，吸收效率会降低，**C 错误**；氢氧化钙微溶，滤渣的主要成分是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，**D 正确**。

5. B



思路导引

根据“价—类”二维图可知，a 为氨气，b、c、d 分别为 +5 价、+4 价、+2 价的氮氧化物，即 N_2O_5 、 NO_2 、 NO ，e 为 HNO_3 ，f 为亚硝酸盐。

【解析】d 为 NO ， NO 与空气中的氧气反应，不能用排空气法收集，**A 正确**；a 为 NH_3 ，氨水中含 N 微粒有 NH_3 、 NH_4^+ 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，根据 N 元素守恒，1 L $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水中 NH_3 、 NH_4^+ 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的物质的量之和为 1 mol，**B 错误**；c、d 分别为 NO_2 和 NO ，同时通入 NaOH 溶液中发生氧化还原反应，仅生成 f 一种盐即亚硝酸钠，反应的离子方程式为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ ，**C 正确**；a 与 c 分别为氨气和二氧化氮，在一定条件下发生氧化还原反应，生成无污染的物质即氮气和水： $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightleftharpoons 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ ，该反应中氧化剂为二氧化氮、还原剂为氨气，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 $6:8=3:4$ ，**D 正确**。

6. B



思路导引

反应 1： $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$ ，反应 2： $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，反应 3： $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ ，反应 4： $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 。

【解析】1 mol NH_3 中含有 1 mol N 和 3 mol H, 总原子数为 $4N_A$, **A 正确**; NO 的摩尔质量为 $30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, **B 错误**; 反应 $3: 2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, 常温常压下, NO_2 为红棕色气体, **C 正确**; 工业上利用 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 生成硝酸, **D 正确**。

7. C 【解析】铜与硝酸的反应中, 生成硝酸铜, 硝酸表现酸性, 生成氮的氧化物, 硝酸表现强氧化性, **A 正确**; 设反应生成的 NO 和 NO_2 的物质的量分别为 $n(\text{NO})$ 和 $n(\text{NO}_2)$, 根据题中信息, $n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = 0.4 \text{ mol}$, 根据得失电子守恒, $3n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = \frac{19.2}{64} \times 2 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$, 得 $n(\text{NO}) = 0.1 \text{ mol}$, $n(\text{NO}_2) = 0.3 \text{ mol}$, 可知 $V(\text{NO}) : V(\text{NO}_2) = 1 : 3$, **B 正确**; 向溶液中加入 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液 1 000 mL, 恰好使溶液中的 Cu^{2+} 全部转化为沉淀, 表现酸性的硝酸和未反应的硝酸全部转化为 NaNO_3 , 则溶液中 NO_3^- 的物质的量为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} = 2 \text{ mol}$, 表现氧化性的硝酸的物质的量为 $n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = 0.4 \text{ mol}$, 所以原硝酸溶液的浓度 $c(\text{HNO}_3) = \frac{0.4 \text{ mol} + 2 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **C 错误**; 根据得失电子守恒, 欲使生成的 NO 和 NO_2 在 O_2 作用下被水吸收全部转化为硝酸, 则转移 $n(\text{NO}) \times 3 + n(\text{NO}_2) \times 1 = 0.6 \text{ mol}$ 电子, 至少需要 0.15 mol O_2 , 即至少需要标准状况下氧气的体积为 3.36 L, **D 正确**。

8. A 【解析】OA 段发生的反应为 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, NO_3^- 全部反应, 原混合溶液中 NO_3^- 的物质的量 $n(\text{NO}_3^-) = 2n(\text{Fe}) = 2 \times \frac{11.2 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.4 \text{ mol}$, **A 错误**; OA 段发生的反应为 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, AB 段发生的反应为 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$, BC 段发生的反应为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, **B 正确**; 硝酸根离子全部被还原, 并且铁过量, 铁单质全部转化为亚铁离子, 所以溶液中最终溶质为 FeSO_4 , **C 正确**; 一份溶液消耗 22.4 g (即 0.4 mol) 铁, 所有的铁转化为硫酸亚铁, 根据硫酸根离子守恒, 每份溶液含 0.4 mol 硫酸, 所以硫酸的浓度是 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **D 正确**。

易错警示·悟 硝酸和金属反应时, 如果溶液中有其他的酸, 不能直接套用化学方程式计算。硝酸反应完, 溶液中还存在 NO_3^- , 有其他酸提供 H^+ , 会继续反应, 直接用离子方程式计算, 混酸的 H^+ 和 NO_3^- 作比较即可。

9. C 【解析】pH 小于 5.6 的雨水即酸雨, **A 错误**; 汽车排气口处发生的反应为一氧化氮与氧气反应生成二氧化氮, 反应的化学方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, **B 错误**; 通过“汽车尾气催化净化”“燃煤脱硫”等措施可以减少氮的氧化物和二氧化硫的排放, 遏制酸雨形成, **C 正确**; 二氧化氮与水反应生成硝酸和一氧化氮, 所以二氧化氮不属于酸性氧化物, **D 错误**。

10. (1) N_2

(2) $2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$ $\text{SO}_2 + \text{ClO}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

(3) 40 NH_4Cl [或 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4NO_3] 作氮肥

思路导引 将煤炭燃烧生成的烟气进行稀释, 用氨水喷淋, 可将烟气中的 NO_x 和 SO_2 进行吸收, 从而达到减少污染的效果。

【解析】(1)制备“模拟烟气”时应首先向装置管道内通入 N_2 , 将装置内的空气排尽, 防止 NO 被 O_2 氧化。

(2)向燃煤中加入适量石灰石, 高温下与 SO_2 发生反应生成 $CaSO_4$; 用 $NaClO$ 溶液吸收烟气中 SO_2 时, 溶液中 ClO^- 与 SO_2 发

提示: SO_2 转化为 $CaSO_4$, S 元素化合价升高, 则还需要 O_2 参与生氧化还原反应, 生成 SO_4^{2-} 和 Cl^- 。

关键: 配平时, 先看得失电子守恒, 再看电荷守恒, 补 OH^- , 最后看原子守恒, 补 H_2O

(3)由题图乙可知, 在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 以后, 随着温度的升高, SO_2 的脱除效率变化不大, NO 的脱除效率降低, 由此可知该脱除技术的最佳温度为 $40\text{ }^\circ\text{C}$; ClO_2 协同氨水进行脱硫、脱硝净化时, ClO_2 具

关键: 最佳反应条件的选择, 主要是从反应进行的程度来考虑有强氧化性, 可将 SO_2 、 NO 氧化为 SO_4^{2-} 、 NO_3^- , 自身被还原为 Cl^- , 则小型喷淋塔中可能产生的副产物为 NH_4Cl 、 $(NH_4)_2SO_4$ 或 NH_4NO_3 , 它们均可作氮肥。



能力上分

1. A



思路导引 二氧化硫可溶于水, 并且与水反应: $SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$; 二氧化氮与水反应: $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$ 。

【解析】1 体积水大约可溶解 40 体积 SO_2 , 则 1 试管水大约可溶解 40 试管 SO_2 , 倒置试管中有少量气体残留, 不能说明溶液已达到“饱和”, **A 错误**; 二氧化硫可溶于水, 并且与水反应生成亚硫酸, 导致紫色石蕊溶液变红, 在空气中放置一段时间, 发生反应生成硫酸, 氢离子浓度增大, 红色变深, **B 正确**; 二氧化氮与水反应: $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$, 生成无色的一氧化氮气体, **C 正确**; 盛有 NO_2 的试管内液面停止上升后, 向试管中再通入适量的 O_2 , 生成的一氧化氮与氧气等发生反应 $2H_2O + 4NO + 3O_2 \rightleftharpoons 4HNO_3$, 试管中的液面会继续上升至几乎充满试管, **D 正确**。

2. D



思路导引 Oa 段没有沉淀生成, 说明硝酸过量, 发生反应: $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$, 可知金属与酸的反应中 Al 、 Fe 被氧化为 Al^{3+} 、 Fe^{3+} ;
 ab 段产生沉淀, 发生反应: $Fe^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Fe(OH)_3 \downarrow$, $Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 \downarrow$;
 bc 段消耗 $NaOH$, 但沉淀的物质的量不变, 而金属与硝酸反应过程中无气体放出, 可知 N 元素被还原为 NH_4^+ , 则 bc 段发生反应: $NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O$;
 c 点后沉淀部分溶解, 发生反应: $Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$ 。

【解析】根据思路导引可知, 硝酸过量, 金属与酸反应后的溶液中有 Fe^{3+} , 加入 $KSCN$ 溶液会变红, **A 错误**; 根据 c 点后发生反应: $Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$, 消耗的氢氧化钠的物质的量为 $(104-94) \times 10^{-3} \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.05 \text{ mol}$, $Al(OH)_3$ 的物质的量为 0.05 mol , $Al^{3+} \sim Al(OH)_3$, 一份溶液中 Al^{3+} 的物质的量为

0.05 mol,原混合物中铝粉的物质的量为 0.1 mol, **B 错误**; c 点溶液中硝酸根离子刚好完全转化成 NaNO_3 , 则 $n(\text{NaNO}_3) = 94 \times 10^{-3} \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.47 \text{ mol}$, 根据思路导引可知, 一份溶液中酸与金属反应生成 NH_4^+ 的物质的量为 $(94 - 88) \times 10^{-3} \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.03 \text{ mol}$, 根据得失电子守恒可知一份溶液中 Fe^{3+} 的物质的量为 $\frac{0.03 \text{ mol} \times 8 - 0.05 \text{ mol} \times 3}{3} = 0.03 \text{ mol}$, 0.03 mol Fe^{3+} 和 0.05 mol Al^{3+} 完全沉淀消耗 $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液的体积为 48 mL, 则 $a = 88 - 48 = 40$, **C 错误**; 由反应过程可知, 加入氢氧化钠溶液体积为 88 mL 时, 溶液中溶质为硝酸钠与硝酸铵, 由题图可知, bc 段消耗的氢氧化钠溶液的体积为 $94 \text{ mL} - 88 \text{ mL} = 6 \text{ mL}$, 故该阶段参加反应的氢氧化钠的物质的量为 $0.006 \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.03 \text{ mol}$, 根据 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 可知一份溶液中 $n(\text{NH}_4^+) = 0.03 \text{ mol}$, $n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{NH}_4^+) = 0.03 \text{ mol}$, 根据钠元素守恒可知 $n(\text{NaNO}_3) = n(\text{NaOH}) = 0.088 \text{ L} \times 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.44 \text{ mol}$, 根据氮元素守恒可知原硝酸溶液中 $n(\text{HNO}_3) = 2 \times [n(\text{NaNO}_3) + 2n(\text{NH}_4\text{NO}_3)] = 2 \times (0.44 \text{ mol} + 0.03 \text{ mol} \times 2) = 1.0 \text{ mol}$, 则原溶液中硝酸的浓度为 $\frac{1.0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **D 正确**。

3. D



思路导引

电子废料含 Au、Ag 和 Cu 等。用硝酸溶解 Ag 和 Cu, 过滤, 得到含有硝酸铜、硝酸银的滤液和含有 Au 的固体; 用王水溶解含有 Au 的固体, 得 HAuCl_4 溶液, 加亚硫酸钠, HAuCl_4 被还原为 Au; 向含有硝酸铜、硝酸银的滤液中加氯化钠溶液生成氯化银沉淀。

【解析】氨的催化氧化生成一氧化氮, 一氧化氮和氧气反应生成二氧化氮, 二氧化氮和水反应生成硝酸, **A 正确**; “酸溶”过程, 硝酸和 Ag、Cu 反应生成硝酸银、硝酸铜、水和 NO, 体现了硝酸的酸性和强氧化性, **B 正确**; “溶金”反应的化学方程式为 $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons \text{HAuCl}_4 + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, **C 正确**; HAuCl_4 被亚硫酸钠还原为 Au, 由已知信息知 HAuCl_4 为强酸, 故反应的离子方程式应为 $2\text{AuCl}_4^- + 3\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Au} \downarrow + 3\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Cl}^- + 6\text{H}^+$, **D 错误**。

4. (1) ① NO_3^- ② $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$ ③ H^+ NO_2

(2) ① $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ ② 防止空气中的 H_2O 、 CO_2 进入仪器 b 中 ③ 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, 设计思路为研究氢离子、硝酸根离子与 NO_2 作用后的颜色, 待探究的离子浓度应相同且为单一变量, 实验 3 溶液无色, 说明钠离子、硝酸根离子不与 NO_2 作用, 故实验 1 中通入 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HNO}_3$ 溶液, 探究氢离子与 NO_2 作用, 实验 2 中 M 溶液为 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 探究氢离子浓度相同时, 硫酸根离子与 NO_2 作用; 探究 NO_2 与 Na_2O_2 的反应, 浓硝酸浸没铜丝生成 NO_2 , 因 Na_2O_2 与水反应, 故 NO_2 需要经无水氯化钙干燥, 与 Na_2O_2 反应生成 NaNO_3 , 据此分析。

【解析】(1)①实验 1 和实验 3 硝酸根离子浓度相同,阳离子不同,说明浓硝酸显黄色与 NO_3^- 无关;②根据实验需控制变量,实验 4 中的 M 为 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_4$;③实验 2 和实验 4 阳离子不同,阴离子相同,说明浓硝酸显黄色与硫酸根离子无关,实验 1 和实验 3 阴离子相同,阳离子不同,说明浓硝酸显黄色与氢离子有关,实验 1 和实验 2 的实验现象说明浓硝酸显黄色是溶液中 H^+ 与 NO_2 共同作用的结果。

(2)①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 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$;

②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;

③ Na_2O_2 具有氧化性,依据化合价升降规律推测, Na_2O_2 可将 NO_2 氧化生成 NaNO_3 。

第二节 节测上分

1. C 【解析】空气中 N_2 丰富,成本低, N_2 用于合成氨,与化学性质稳定无关,A 不符合题意; N_2H_4 易溶于水主要是因为与水反应生成 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,且 N_2H_4 能与水形成氢键,与其含有极性键无关,B 不符合题意; NH_2OH 具有还原性,可作油脂工业中的抗氧化剂,两者具有关联性,C 符合题意; NH_3 具有还原性,可以发生催化氧化反应,可用于制硝酸,D 不符合题意。

2. D 【解析】由实验装置图可知,装置甲为氯化铵与氢氧化钙固体共热反应制备氨气,装置乙中盛有的碱石灰用于干燥氨气,装置丙中氨气与氧化铜共热反应验证氨气的还原性,装置丁和戊分别用于收集氨气和氮气,但氨气的密度小于空气,收集氨气时应短进长出,D 错误。

3. D 【解析】纳米 Fe/Ni 复合材料具有表面积大、吸附性强的特点,A 正确;根据题意, $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$,化合价降低 8 价, $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$,化合价升高 2 价,根据得失电子守恒, NO_3^- 与 Fe^{2+} 的化学计量数之比为 1:4,再根据电荷守恒、原子守恒配平,反应的离子方程式为 $\text{NO}_3^- + 4\text{Fe} + 10\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$,B 正确;反应一段时间后,氢离子浓度减小,溶液碱性增强,水体中可能有白色絮状沉淀氢氧化亚铁生成,后被氧化为红褐色沉淀,C 正确;硫酸根离子不具有较强的氧化性,不易被还原,因此该反应过程不能除去水中的硫酸根离子,D 错误。

4. C 【解析】得到的气体为 NO,硝酸中氮元素从 +5 价降低到 +2 价,每生成 1 mol NO,转移 3 mol 电子,因此生成 0.01 mol NO 时,转移 0.03 mol 电子,A 正确。恰好完全溶解时溶质为 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,根据得失电子守恒得 $0.01 \times 2 + 2a = 0.03$,解得 $a = 0.005$,由 Cu 原子守恒有 $b = \frac{6.0 \times 0.01 - 0.01}{2} - 0.01 - 0.005 \times 2 = 0.005$,则 $a : b = 1 : 1$,B 正确。 $n(\text{HNO}_3) = 6 \times 10 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0.06 \text{ mol}$,最多溶解铁的量,即 Fe 过量,铁转化为亚铁离子,反应的化学方程式为 $3\text{Fe} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,所以最多溶解

铁的质量为 $\frac{3}{8} \times 0.06 \times 56 \text{ g} = 1.26 \text{ g}$, **C 错误**。被还原的硝酸的物质的量等于生成 NO 的物质的量, 即 0.01 mol , **D 正确**。

5. C

思路导引 本题利用 Li 和液氨的反应 $\text{Li} + n\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Li}^+ + [\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$ 制备 $[\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$; 碱石灰可以吸收浓氨水中的水分, 同时吸水过程大量放热, 使浓氨水受热分解产生氨气; 利用集气瓶收集氨气; 过量的氨气进入双口烧瓶中在冷却体系中发生反应生成 $[\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$; 最后的球形干燥管中可装 P_2O_5 , 除掉过量的氨气, 同时防止空气中的水进入引起副反应。

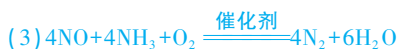
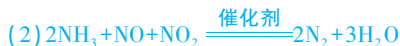
【解析】 双口烧瓶中锂与液氨反应生成 $[\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$, 离子方程式为 $\text{Li} + n\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Li}^+ + [\text{e}(\text{NH}_3)_n]^-$, **A 正确**; 锂片表面有 Li_2O , Li_2O 会阻碍 Li 和液氨的接触, 所以必须打磨出新鲜表面, **B 正确**; 第一个干燥管目的是干燥氨气, 可以使用碱石灰, 装置末端的干燥管作用为吸收过量的氨气, 由于氨气不能和碱石灰反应, 可用 P_2O_5 , **C 错误**; 若撤去干冰-丙酮冷却装置, 液氨和锂会发生氧化还原反应生成氨基锂和 H_2 , 化学方程式为 $2\text{Li} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons 2\text{LiNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$, **D 正确**。

6. C

思路导引 NO_2 、NO 通入碳酸钠溶液发生已知①、②两个反应, 会生成硝酸钠和亚硝酸钠的混合物, 加入稀硝酸将亚硝酸钠转化为硝酸钠, 最后硝酸钠溶液经蒸发结晶得到硝酸钠固体。

【解析】 酸性氧化物与碱反应生成一种盐和水且元素化合价不改变, NO 不与 NaOH 溶液反应, NO_2 与 NaOH 溶液反应生成 NaNO_2 、 NaNO_3 , 氮元素化合价发生变化, 两者均不属于酸性氧化物, **A 错误**; 反应①中二氧化氮发生歧化反应, 二氧化氮既作氧化剂也作还原剂, 氧化产物与还原产物的物质的量比为 1 : 1, 反应②NO 中氮元素化合价升高被氧化, NO_2 中氮元素化合价降低被还原, 则同时发生反应①和②时, 氧化产物与还原产物的物质的量之比为 1 : 1, **B 错误**; 转化器中加入稀硝酸将亚硝酸钠转化为硝酸钠, 发生的反应为 $3\text{NaNO}_2 + 2\text{HNO}_3 \rightleftharpoons 3\text{NaNO}_3 + 2\text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **C 正确**; 根据元素守恒有 $a + b + e = 2c$, 根据得失电子守恒有 $3a + b = 4d$, 联立两式得 $2b + 3e + 4d = 6c$, **D 错误**。

7. (1) D



(4) 3

【解析】 (1) 氮的氧化物排放会造成酸雨和光化学污染, 并破坏臭氧层, 与白色污染无关。

(2) 根据题意,反应的 NO 和 NO_2 物质的量之比为 $1:1$,则总反

应的化学方程式为 $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 由图可知 NO 、 NH_3 与 O_2 在催化剂作用下反应生成 N_2 和

H_2O , 方程式为 $4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 5.6 g Fe 的物质的量为 0.1 mol , 完全反应生成 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 、

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 的物质的量分别为 0.075 mol 、 0.025 mol , 转移电子的

物质的量为 $(0.075 \times 2 + 0.025 \times 3)\text{ mol} = 0.225\text{ mol}$, 根据得失电子

守恒, 生成 NO 的物质的量为 $\frac{0.225}{3}\text{ mol} = 0.075\text{ mol}$, 故 HNO_3 的

物质的量为 $(0.075 \times 2 + 0.025 \times 3)\text{ mol} + 0.075\text{ mol} = 0.3\text{ mol}$, 稀硝

酸的浓度为 $\frac{0.3\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 3\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c = 3$ 。

8. (1) 合理 浓硝酸可以和铜屑反应生成二氧化氮, 二氧化氮可以和水反应生成一氧化氮

(2) Cl_2 三颈烧瓶中充满黄绿色气体

(3) ①防止水蒸气进入三颈烧瓶中与 NOCl 反应 ② O_2



思路导引

装置 A 为制取 NO 的装置, 反应的离子方程式为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \longrightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO} \uparrow$, 装置 B 主要用于除去 NO 中的 NO_2 杂质, 装置 C 为干燥装置, 装置 D 为制取 NOCl 的装置, 反应的化学方程式为 $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{-10\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{NOCl}$, 尾气处理时, 应先向尾气中通入 O_2 , O_2 与 NO 反应生成 NO_2 , NO_2 和 Cl_2 均可被 NaOH 溶液吸收。

【解析】(2) 装置中有空气, 一氧化氮遇到空气中的氧气会生成二氧化氮, 则应该先通入 Cl_2 , 排出装置中的空气, 当三颈烧瓶中充满黄绿色气体时, 可以通入一氧化氮。

(3) ① NOCl 遇水发生反应 $\text{NOCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HNO}_2 + \text{HCl}$, 无水 CaCl_2 的作用是防止水蒸气进入三颈烧瓶中与 NOCl 反应; ② NO 不能与 NaOH 反应, 为了充分吸收尾气, 将尾气与 O_2 同时通入 NaOH 溶液中, O_2 与 NO 反应生成 NO_2 , NO_2 和 Cl_2 均可被 NaOH 溶液吸收。

第三节 无机非金属材料



对点上分

1. C 【解析】皇后之玺由玉石制成, 玉石主要成分为硅酸盐类矿物, 属于传统无机非金属材料, A 不符合题意; 青瓷属于陶瓷, 陶瓷是典型的传统无机非金属材料, B 不符合题意; 四羊青铜方尊的材料为青铜, 青铜是铜锡合金, 属于金属材料, 而非传统无机非金属材料, C 符合题意; 击鼓说唱陶俑为陶器, 属于陶瓷, 是传统无机非金属材料, D 不符合题意。

2. C 【解析】玻璃的主要成分为 Na_2SiO_3 、 CaSiO_3 和 SiO_2 , A 错误; 硅酸盐写成氧化物形式的先后顺序为活泼金属氧化物、较活泼金属氧化物、二氧化硅、水, 所以青石棉的化学组成用氧化

物的形式可表示为 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2$, **B 错误**; 硅酸盐中存在大量硅氧四面体结构, 所以硅酸盐制品一般性质稳定、熔点较高, **C 正确**; 沙子的主要成分为二氧化硅, 不是硅酸盐, **D 错误**。

3. B 【解析】白瓷属于陶瓷, 陶瓷属于硅酸盐材料, **A 正确**; 白瓷的主要成分是硅酸盐, 而非 SiO_2 和 MgO , **B 错误**; 硅酸盐结构中, Si 原子通常位于 O 原子形成的四面体中心, **C 正确**; 白瓷因含铁量低而呈白色, **D 正确**。

4. B 【解析】硅原子核外有三个电子层, 位于第三周期, **A 正确**; 硅和 SiO_2 等属于新型无机非金属材料, **B 错误**; 在元素周期表中硅元素位于金属和非金属分界线附近, 属于半导体材料, **C 正确**; 在 SiO_2 中硅元素为 +4 价, Mg_2Si 中硅元素为 -4 价, 故硅有 +4、-4 等多种价态, **D 正确**。

易错警示·悟 不要混淆二氧化硅和硅的用途: 用于制作光导纤维的是 SiO_2 , 用于制作半导体材料、计算机芯片的是晶体硅。

5. C 【解析】 SiO_2 和 CO_2 都是酸性氧化物, 一定条件下都能与 CaO 反应生成盐, **A 错误**。硅酸钠溶液具有黏性, 能将玻璃塞与试剂瓶瓶口黏合在一起, 所以硅酸钠溶液不能保存在带磨口玻璃塞的试剂瓶中, 应保存在带有橡胶塞的试剂瓶中, **B 错误**。该反应在高温下进行, 有气体生成, 气体从反应体系中逸出, 有利于反应的进行, 不能以此判断硅酸与碳酸的酸性强弱, **C 正确**。水晶、玛瑙主要成分是 SiO_2 , **D 错误**。

6. C 【解析】光导纤维的主要材料是二氧化硅 (SiO_2), **A 正确**; SiC 具有高熔点、高硬度的特性, 是一种优良的耐高温材料, **B 正确**; 刻蚀玻璃需用氢氟酸, 盐酸不与玻璃反应, **C 错误**; 水玻璃是硅酸钠水溶液, 不能燃烧, 也不支持燃烧, 因此涂覆木材后能隔绝氧气和热量, 起到防火作用, **D 正确**。

7. A 【解析】向 Na_2SiO_3 溶液中通入足量 CO_2 反应生成 H_2SiO_3 和 NaHCO_3 , 通入少量 CO_2 将生成 H_2SiO_3 和 Na_2CO_3 , 正确的离子方程式为 $\text{SiO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$, **A 错误**; 玻璃 (主要成分为 SiO_2) 与氢氟酸反应的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, **B 正确**; 硅与 NaOH 溶液发生氧化还原反应, 方程式书写正确, **C 正确**; 石英的主要成分为二氧化硅, 会和氢氧根离子发生反应, 离子方程式书写正确, **D 正确**。

8. D

思路导引 二氧化硅和 NaOH 反应生成硅酸钠和水, X 为硅酸钠溶液; 硅酸钠与稀硫酸反应生成硅酸和硫酸钠; 灼烧硅酸, 硅酸分解得二氧化硅。

【解析】 二氧化硅和焦炭反应生成粗硅和一氧化碳, 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**; 硅酸钠与稀硫酸反应生成硅酸, 所以步骤 II 的反应为 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$, **B 正确**; 碳酸、硫酸的酸性都强于硅酸, 能够与硅酸钠溶液反应生成硅酸, **C 正确**; SiO_2 既能和 NaOH 溶液反应又能和氢氟酸反应, 但能与氢氟酸反应是 SiO_2 和 HF 的特性所致, 所以二

氧化硅不是两性氧化物,而是酸性氧化物,D 不正确。

易错: 是否是两性物质并不能通过仅与某个酸或是某个碱反应来判断,应根据能与大多数酸和碱反应来判断

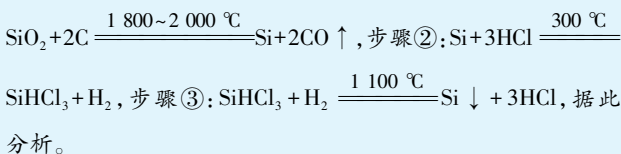
易错警示·悟 二氧化硅和焦炭反应的产物为 CO 而不是 CO_2 ,且不能通过该反应比较硅单质与碳单质的还原性强弱。

9. C 【解析】氮化硅陶瓷是一种新型无机非金属材料,可用于制造发动机部件,其化学式为 Si_3N_4 ,不属于硅酸盐,A 错误;利用硅的半导体性能,可以制成太阳能电池,B 错误;碳化硅是新型无机非金属材料,硬度大、熔点高,可用于制作高温结构陶瓷和轴承,C 正确;富勒烯是由碳原子构成的一系列笼形分子的总称,属于新型无机非金属材料,不属于有机材料,D 错误。

10. A 【解析】 SiO_2 结构中每个 Si 形成 4 个 Si—O 键,1 mol SiO_2 含有 4 mol Si—O 共价键,A 错误。反应过程中,氮元素化合价从 0 价降低到 -3 价,则 N_2 为氧化剂,有关系式: $\text{N}_2 \sim 6\text{e}^-$;碳元素化合价从 0 价升高到 +2 价,则 C 为还原剂,有关系式: $\text{C} \sim 2\text{e}^-$;根据得失电子守恒知,氧化剂(N_2)和还原剂(C)的物质的量之比为 1 : 3,B 正确。硅元素反应前后均为 +4 价,氧元素反应前后均为 -2 价, SiO_2 中元素的化合价均未发生变化, SiO_2 既不是氧化剂也不是还原剂,C 正确。氮化硅具有优异的热稳定性,在高温环境中能够维持原有的形状和性能,可用于生产高温结构陶瓷,D 正确。

11. D

思路导引 由题给流程可知,涉及的反应有步骤①:



【解析】硅是亲氧元素,自然界中不存在游离态硅,只能以化合态形式存在,A 错误; SiO_2 与 CO_2 结构不相似, SiO_2 中每个 Si 原子形成 4 个 Si—O 键,不存在 $\text{Si}=\text{O}$,B 错误; SiO_2 不溶于水,也不能与水反应生成硅酸,C 错误;由分析可知,步骤①、②、③发生的反应均为置换反应,D 正确。

12. (1) ② ④



(3) ①水浴加热 ②排尽装置中的空气,防止 SiHCl_3 水解和自燃(或防止氢气与空气混合受热爆炸,合理即可)

(4) HCl

思路导引 石英砂和木炭在 $1\,800 \sim 2\,000\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下反应生成粗硅,粗硅和氯化氢反应生成粗 SiHCl_3 ,提纯得到纯 SiHCl_3 ,然后 SiHCl_3 和氢气反应生成高纯硅。由图乙可知,装置 A 中稀硫酸与锌反应制得氢气,装置 B 中盛有的浓硫酸用于干燥氢气,防止水蒸气进入装置 C 中导致三氯硅烷水解,装置 C 为使液态三氯硅烷汽化的装置,装置 D 是制得纯硅的装置: $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1\,100\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$,实验时,为防止三氯硅烷水解和自燃应先让稀硫酸与锌粒反应一段时间,利用反应生成的氢气排尽装置中的空气。

【解析】(1)结合图甲可知,该实验的目的是利用强酸制弱酸的原理,通过比较碳酸和硅酸的酸性强弱来比较碳元素和硅元素的非金属性强弱,制备二氧化碳时,为防止盐酸挥发出的氯化氢干扰二氧化碳与硅酸钠溶液的反应,应选择用稀硫酸制备二氧化碳,二氧化碳与硅酸钠溶液反应生成硅酸沉淀,说明碳酸的酸性强于硅酸,证明碳元素的非金属性强于硅元素。

(3)①装置C内温度保持在40℃左右,采用的加热方式是水浴加热;②实验中先打开A中活塞,反应一段时间,收集尾气验纯后,再打开C中活塞,加热D处石英管,目的是排尽装置中的空气,防止 SiHCl_3 水解和自燃。

(4)根据 $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1100\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ 可知,整个流程中能循环利用的物质有HCl。



能力上分

1. A 【解析】超导陶瓷具有超导性是因为其在某一临界温度下电阻为零,A符合题意; SiO_2 和HF反应生成 SiF_4 气体和 H_2O ,可用于刻蚀玻璃,但该反应是 SiO_2 的特性, SiO_2 与盐酸、硫酸等均不反应,B不符合题意;碳纳米管是新型无机非金属材料,C不符合题意;用硅酸钠溶液浸泡过的棉花不易燃烧,是因为硅酸钠自身不能燃烧也不支持燃烧,D不符合题意。

2. B



思路导引 根据质量守恒定律,可知 $\text{Si} \sim \text{H}_2\text{SiO}_3$,因此固

体X中 $n(\text{Si}) = n(\text{H}_2\text{SiO}_3) = \frac{3.90\text{ g}}{78\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05\text{ mol}$, $m(\text{Si}) = n(\text{Si}) \times M(\text{Si}) = 0.05\text{ mol} \times 28\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.40\text{ g}$;向滤液中加入足量NaOH溶液,过滤后得到2.90 g沉淀,该沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$,同时铝元素转化为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$,根据 $\text{Mg} \sim \text{Mg}(\text{OH})_2$ 可知,固体X中 $n(\text{Mg}) = n[\text{Mg}(\text{OH})_2] = \frac{2.90\text{ g}}{58\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05\text{ mol}$, $m(\text{Mg}) = n(\text{Mg}) \times M(\text{Mg}) = 0.05\text{ mol} \times 24\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.20\text{ g}$;向剩余滤液中通入足量 CO_2 气体, $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 可转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$,根据 $\text{Al} \sim \text{Al}(\text{OH})_3$ 可知,固体X中 $n(\text{Al}) = n[\text{Al}(\text{OH})_3] = \frac{7.80\text{ g}}{78\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.10\text{ mol}$, $m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \times M(\text{Al}) = 0.10\text{ mol} \times 27\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.70\text{ g}$;综上所述可知,固体X中 $n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{10.10\text{ g} - 1.40\text{ g} - 1.20\text{ g} - 2.70\text{ g}}{16\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3\text{ mol}$; $x : y : z : m = 0.05\text{ mol} : 0.10\text{ mol} : 0.05\text{ mol} : 0.3\text{ mol} = 1 : 2 : 1 : 6$,即X的化学式为 $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$ 。

【解析】根据分析可知,固体X样品中 $n(\text{Mg}^{2+}) = 0.05\text{ mol}$,A正确;固体X样品中 $n(\text{Al}^{3+}) = 0.10\text{ mol}$,B错误;根据化合物中元素化合价的代数和为0判断: $2 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 1 = 2 \times 6$,C正确;X的

化学式为 $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$, 按照顺序: 活泼金属氧化物 \rightarrow 较活泼金属氧化物 \rightarrow 二氧化硅 \rightarrow 水, 可写为 $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, D 正确。



(2) ① 除去石英砂中的 NaCl 杂质 ② 增大反应物之间的接触面积, 增大反应速率, 提高生产效率 ③ 不能 二氧化硅能与 NaOH 溶液反应

【解析】(1) ① 反应 II 中, 在 $1\ 100\ ^\circ\text{C}$ 条件下, H_2 还原 SiHCl_3 生成 Si 和 HCl , 发生反应的化学方程式为 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1\ 100\ ^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ 。② Si 是亲氧元素, H_2 与 O_2 混合点燃易发生爆炸, 则在有氧环境下, 除了有不安全因素外, 还可能使产品中混有 SiO_2 杂质。

(2) 海边的石英砂含氯化钠、氧化铝等杂质, 水洗时可溶解氯化钠, 氧化铝需使用酸除去, 因为 SiO_2 也能溶于碱。① 洗涤石英砂的目的是除去石英砂中的 NaCl 杂质。② 将洗净的石英砂研磨成粉末可以增大反应物之间的接触面积, 增大反应速率, 提高生产效率。③ 二氧化硅能与 NaOH 溶液发生反应: $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 故不能将盐酸改为 NaOH 溶液。

4. (1) $\text{N} < \text{Cl} < \text{Si}$

(2) 分液漏斗 不合理, 浓硫酸与锌粒反应不生成氢气



(4) 吸收水蒸气, 防止水蒸气进入装置丙使 SiCl_4 水解

(5) 将装置丙中残留的 SiCl_4 、 HCl 等气体排出

(6) 84.3%



思路导引

装置甲中锌粒和稀硫酸反应制取氢气, 装置乙中, 用浓硫酸干燥 SiCl_4 、 N_2 、 H_2 , 干燥后的气体在装置丙中反应制取氮化硅, 装置丁的作用是防止水蒸气进入装置丙, 装置戊用于吸收过量的 SiCl_4 气体和反应生成的 HCl 气体, 以防止污染环境。

【解析】(1) 同一周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小, 同一主族从上到下原子半径逐渐增大。N 位于第二周期第 V A 族, Si 位于第三周期第 IV A 族, Cl 位于第三周期第 VII A 族, 所以原子半径由小到大的顺序为 $\text{N} < \text{Cl} < \text{Si}$ 。

(2) 根据仪器构造可知, 装置甲中盛放稀硫酸的仪器名称为分液漏斗; 浓硫酸具有强氧化性, 与锌粒反应不生成氢气, 所以将稀硫酸换成浓硫酸不合理。

(3) 装置丙中硬质玻璃管内 SiCl_4 与 N_2 、 H_2 在高温条件下反应生成 Si_3N_4 和 HCl 。

(4) SiCl_4 极易与水反应, 装置丁中浓硫酸的作用是吸收水蒸气, 防止水蒸气进入装置丙使 SiCl_4 水解。

(5) 实验结束时, 停止对装置丙加热, 并继续通入一段时间的氮气, 其目的是将装置丙中残留的 SiCl_4 、 HCl 等气体排出, 使其被 NaOH 溶液充分吸收。

(6) 装置丙中硬质玻璃管增重 4.2 g, 增重的质量是 Si_3N_4 的质量, 其物质的量为 $\frac{4.2 \text{ g}}{140 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.03 \text{ mol}$, 生成 0.03 mol Si_3N_4 需要 0.09 mol SiCl_4 , 质量为 15.3 g, 装置戊增重的质量是 HCl 和 SiCl_4 的质量, 生成 0.03 mol Si_3N_4 的同时生成 0.36 mol HCl, 质量为 13.14 g, 则剩余 SiCl_4 的质量为 $16.0 \text{ g} - 13.14 \text{ g} = 2.86 \text{ g}$, 则该实验 SiCl_4 的转化率为 $\frac{15.3 \text{ g}}{15.3 \text{ g} + 2.86 \text{ g}} \times 100\% \approx 84.3\%$ 。

专题上分 1 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 污染的消除

1. D

攻略上分 大招攻略 11 利用化学原理解读 SO_2 污染治理的机理, 帮助建构分析模型, 快速提取信息。

【解析】过程 I、II 中, 硫的化合价均从二氧化硫中的 +4 价升高为 SO_4^{2-} 中的 +6 价, 均发生氧化反应, **A 正确**; Fe^{3+} 具有氧化性, 能够氧化二氧化硫, 生成 SO_4^{2-} , 本身被还原为 Fe^{2+} , 离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$, **B 正确**; 根据题图可知, 二氧化硫都被氧化成 SO_4^{2-} , **C 正确**; 由题图可知 Fe^{2+} 先消耗后生成, 故 Fe^{2+} 为催化剂, 总反应为 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$, 有 H^+ 生成, 则溶液酸性增强, **D 错误**。

2. (1) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$



(3) ① $3.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (过程见解析)

② 不可行。烟气中含大量 CO_2 , 也会消耗 NaOH 溶液

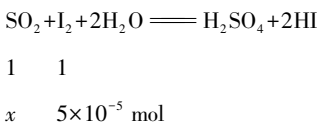
(4) ① Fe^{2+} ② $15\text{MnO}_2 + 2\text{FeS}_2 + 28\text{H}^+ \xrightarrow{\text{Fe}^{3+}} 15\text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 14\text{H}_2\text{O}$ ③ Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, $c(\text{Fe}^{3+})$ 减小, 同时 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀覆盖在矿粉表面, 阻碍反应进行 (合理即可)

思路导引 从流程图中可以看出, 烟气和酸性软锰矿浆反应, 烟气中的二氧化硫被矿浆吸收, 生成含有锰离子、铁离子、铝离子的体系, 再加入碳酸锰调节 pH, 除去铁离子和铝离子, 过滤之后加入的高锰酸钾与 Mn^{2+} 发生反应, 过滤即可得到最终的产品二氧化锰。

【解析】(1) 加入碳酸锰, 通过消耗氢离子来调节 pH, 使铁离子和铝离子转化为氢氧化铁和氢氧化铝沉淀而除去。

(2) “沉锰”步骤的反应为 MnO_4^- 与 Mn^{2+} 反应生成二氧化锰, 根据元素守恒和电荷守恒可以推知, 反应物中有水, 同时生成氢离子。

(3) ① 参与反应的 I_2 的物质的量为 $0.005 \text{ L} \times 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 设二氧化硫的物质的量为 x , 则有



$$\frac{1}{x} = \frac{1}{5 \times 10^{-5} \text{ mol}}, x = 5 \times 10^{-5} \text{ mol}, \text{则二氧化硫的含量为}$$

$$\frac{5 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{ min}} = 3.2 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 3.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}。$$

②燃煤烟气中含有大量的二氧化碳,如果使用氢氧化钠溶液,二氧化碳也会被吸收,使结果不准确。

(4)①从图甲可以看出, MnO_2 与 X 反应生成 X' 和锰离子, 已知铁离子可以催化该反应, 可以推知, X 为亚铁离子, X' 为铁离子。

②结合题图甲可以看出, 酸性条件下, 足量二氧化锰与 FeS_2 在铁离子催化作用下反应, 生成锰离子、铁离子和硫酸根离子。

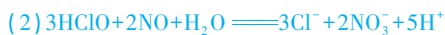
③pH 大于 1.5 之后, 铁离子转化成氢氧化铁, Fe^{3+} 浓度降低, 同时 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀可能覆盖于矿粉表面阻止反应的发生, 所以脱硫率下降。

3. A

思路导引 反应①是 NH_3 与 H^+ 生成 NH_4^+ , 反应②是 NO_2 与 NH_4^+ 生成 $[(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_2)]^{2+}$, 根据原子守恒, 反应③为 $[(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_2)]^{2+}$ 和 NO 反应生成 $[(\text{NH}_4)(\text{HNO}_2)]^+$ 、 H^+ 、 H_2O 和 N_2 。

【解析】反应①②中都没有元素化合价的改变, 都不是氧化还原反应, **A 错误**; $[(\text{NH}_4)(\text{HNO}_2)]^+$ 中, NH_4^+ 中的 N 元素是 -3 价, HNO_2 中的 N 元素是 +3 价, **B 正确**; 根据思路导引可知, **C 正确**; 反应①有 N—H 键形成, 反应③④有 N—H 键的断裂, **D 正确**。

4. (1) ①A ②1: 4



(3) ①排除装置中的空气, 避免 NO 与 O_2 反应 ②碱石灰(或无水 CaCl_2) ③加入稀盐酸, 产生红棕色气体

思路导引 丙同学的装置中 A 用于制取 NO_2 , B 用于制取 NO , C 用于干燥气体, D 为反应装置, E 用于防止后面水蒸气进入, F 用于吸收尾气, 据此解答。

【解析】(1) 含有 NO 和 NO_2 的工业尾气可以利用 NaOH 溶液吸收处理。主要反应为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ 。①加快通入尾气的速率, NO 和 NO_2

总结: NO 和 NO_2 用 NaOH 溶液吸收时, NO_2 过量才可以全部被吸收, NO 单独存在时不与 NaOH 反应

短时间内不能被完全吸收, 去除率下降, **A 符合题意**; 采用气、液逆流的方式吸收尾气, 可使气体与氢氧化钠溶液充分反应, **B 不符合题意**; 吸收尾气过程中定期补加适量 NaOH 溶液, 可使气体充分反应, **C 不符合题意**; 将尾气通入 NaOH 溶液的同时通入氧气, 可使 NO 转化为 NO_2 , 更有利于吸收, **D 不符合题意**。②吸收

后得到 NaNO_2 和 NaNO_3 的混合溶液,两者物质的量之和为 0.5 mol ,根据 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$,设 NO 为 $x \text{ mol}$ 、 NO_2 为 $y \text{ mol}$,根据 N 守恒,列式可得 $x + y = 0.5$ 、 $69 \times 2x + 69 \times (y - x) \times 0.5 + 85 \times (y - x) \times 0.5 = 36.9$,解得 $x = 0.1$ 、 $y = 0.4$,则原混合气体中 NO 和 NO_2 的物质的量之比为 $1 : 4$ 。

(2)用 HClO 也可以吸收工业尾气中的 NO , HClO 氧化 NO 生成 Cl^- 和 NO_3^- ,其离子方程式为 $3\text{HClO} + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{Cl}^- + 2\text{NO}_3^- + 5\text{H}^+$ 。

(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,应打开弹簧夹,通入一段时间 N_2 ,目的是排除装置中的空气,避免 NO 与 O_2 反应;②C 用于干燥 NO 气体,所装试剂可以是碱石灰或无水 CaCl_2 ;③检验 D 装置中产物的方法是取 D 装置中产物少许于试管中,加入稀盐酸,若产生红棕色气体,则产物是 NaNO_2 。

5. B 【解析】反应①的化学方程式为 $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$,没有元素化合价的变化,属于非氧化还原反应,A 正确;反应②的化学方程式为 $2\text{NH}_3 + 3\text{HClO} \longrightarrow \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{HCl}$, HClO 是弱酸,书写离子方程式时需保留化学式,离子方程式为 $2\text{NH}_3 + 3\text{HClO} \longrightarrow \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}^+ + 3\text{Cl}^-$,B 错误;根据反应②的化学方程式可知,N 元素由 -3 价升高到了 0 价,每生成 1 mol N_2 ,需要 2 mol NH_3 ,转移 6 mol 电子,C 正确;反应①消耗 CO_2 ,反应③产生 CO_2 , CO_2 在该反应中能够循环利用,D 正确。

6. B 【解析】“步骤 I”中,石灰乳中的 OH^- 能与 NH_4^+ 反应, NH_4^+ 浓度减小,A 错误;“步骤 I”中“升温至 30°C ,通入空气”,发生反应的离子方程式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,氨气逸出,可降低氨氮浓度,B 正确;“步骤 II”在弱碱性、有氧条件下进行,铵根离子被氧化得到硝酸根离子,发生反应 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{微生物}} \text{NO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$,C 错误;“步骤 III”中加入 CH_3OH 实现反硝化过程,氮元素化合价降低,则 CH_3OH 是还原剂,利用其还原性,D 错误。

专题上分 2 元素及其化合物推断

1. D



思路导引 X 为一种常见酸的浓溶液,能使蔗糖变黑,则 X 为浓硫酸,D 和水反应生成硫酸,则 D 是三氧化硫,B 和氧气反应生成三氧化硫,则 B 是二氧化硫。

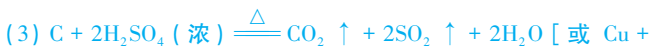
【解析】浓硫酸使蔗糖变黑主要体现了浓硫酸的脱水性,A 错误;B 为二氧化硫,二氧化硫不能漂白酸碱指示剂,将二氧化硫通入紫色石蕊试液中,只能使紫色石蕊试液变红但不能使其褪色,

B 错误; 2 mol 二氧化硫和足量 O_2 充分反应, 由于该反应为可逆反应, 得不到 2 mol 三氧化硫, **C 错误**; 若 A 为 Al, 在常温条件下铝遇浓硫酸会钝化, 浓硫酸表现出强氧化性, 在铝表面形成致密的薄膜, 这层薄膜阻止了酸与内层金属的进一步反应, 反应停止, 因此不能完全反应, **D 正确**。

2. B

思路导引 e 和 g 为无色气体, 生成 e 的条件为加热, 结合四种溶液可知, e 为 NH_3 , 则 g 为 CO_2 。f 为白色沉淀, 则 f 可能为 $Al(OH)_3$ 或 $BaCO_3$, c 与 d 反应生成 f 和 CO_2 , 则 f 为 $Al(OH)_3$ 。 $Ba(OH)_2$ 与 NH_4NO_3 加热生成 NH_3 , 与 $AlCl_3$ 反应生成 $Al(OH)_3$, 则 b 为 $Ba(OH)_2$ 溶液, a 为 NH_4NO_3 溶液, c 为 $AlCl_3$ 溶液, d 为 Na_2CO_3 溶液。

【解析】e 为 NH_3 , g 为 CO_2 , 由于溶于水后并不是自身电离产生的离子导电, 因此 NH_3 、 CO_2 为非电解质, **A 错误**; $Al(OH)_3$ 溶于过量的 $Ba(OH)_2$ 溶液中生成 $[Al(OH)_4]^-$, **B 正确**; $AlCl_3$ 溶液中通入过量 NH_3 会生成 $Al(OH)_3$ 沉淀, 不能得到无色溶液, **C 错误**; $Ba(OH)_2$ 溶液和 Na_2CO_3 溶液反应生成 $BaCO_3$ 沉淀, $BaCO_3$ 可以溶于稀硝酸, **D 错误**。



攻略上分 “抓题眼”“看转化”, 大招攻略 12 教你两招解决无机推断。

思路导引 固态单质 A 能与空气反应生成气体物质 B, 则 A 可能为 C 或 S, B 可以转化为 F, 且 B 与 F 均可与水反应, 若 A 为 C, 则 B 为 CO_2 , 难以实现 $B \rightarrow F$ 、 $F \rightarrow D$ 等转化, 若 A 为 S, 则 B 为 SO_2 , F 为 SO_3 , 它们的相对分子质量之比为 $64 : 80 = 4 : 5$, 恰好与题意相符, 则 D 为 H_2SO_4 , 它是一种重要的工业原料, 与题意也相符, 进一步证明 A 为 S, E 为 H_2SO_3 , 据此分析解题。

【解析】(1) A 为 S, 可与氢气在加热条件下反应生成硫化氢, 反应的化学方程式为 $H_2 + S \xrightarrow{\Delta} H_2S$ 。

(2) H_2SO_3 与 H_2S 反应生成 S, 反应的化学方程式为 $H_2SO_3 + 2H_2S \xrightarrow{\Delta} 3S \downarrow + 3H_2O$ 。

(3) 浓硫酸可与 C、Cu 等还原性物质在加热的条件下反应生成 SO_2 , 反应的化学方程式可为 $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 将 5 mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_3$ 溶液与 10 mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液混合, 二者恰好反应, 反应的离子方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

4. (1) NH_4HCO_3 [或 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$]

(2) 出现白烟 $\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} : \text{N} : \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array} \right]^+ \left[\begin{array}{c} \vdots \\ \text{Cl} : \\ \vdots \end{array} \right]^-$

(3) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{NO}$ 1 : 2

(4) 8 mL 或 10.8 mL



思路导引

H 为中性肥料(分子式为 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), 则 H 为尿素; 气体 D 分子为 4 个原子构成的 10 电子分子, 且可用于合成尿素, D 为氨气, C 为二氧化碳; A 受热分解可生成氨气、二氧化碳和常见的液体 B, 则 B 为水, A 为碳酸氢铵或碳酸铵; 氨气与氧气反应生成的 E 为一氧化氮, 一氧化氮与氧气反应生成的 F 为二氧化氮, F(二氧化氮)和 B(水)反应生成 G(硝酸)和 NO。

【解析】(1) A 为碳酸氢铵或碳酸铵, 化学式为 NH_4HCO_3 或 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。

(2) 氨气和氯气反应的化学方程式: $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl}$, 现象为产生白烟, 白烟为 NH_4Cl 固体小颗粒。

(3) 二氧化氮和水反应生成硝酸和 NO, 反应的离子方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{NO}$; 该反应中 NO_2 既作氧化剂也作还原剂, 其中生成硝酸的作还原剂, 生成 NO 的作氧化剂, 则氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 2。

(4) 根据反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 、 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 可设原混合气体中 O_2 的体积为 $V(\text{O}_2)$, 剩余气体可能是 O_2 , 也可能是 NO。①若剩余 O_2 , 则 $V_{\text{剩}} = V(\text{O}_2) - \frac{1}{4}[12 \text{ mL} - V(\text{O}_2)] = 2 \text{ mL}$, 解得 $V(\text{O}_2) = 4 \text{ mL}$, 则 NO_2 的体积为 8 mL。

②若剩余 NO, 则 $V_{\text{剩}} = \frac{1}{3}[12 \text{ mL} - V(\text{O}_2) - 4V(\text{O}_2)] = 2 \text{ mL}$, 解得 $V(\text{O}_2) = 1.2 \text{ mL}$, 则 NO_2 的体积为 10.8 mL。

总结: 分类讨论, 剩余气体只可能为 O_2 或 NO

素养上分

1. C 【解析】亚硝酸根离子中 N 元素化合价为 +3 价, 反应生成的铵根离子中 N 元素为 -3 价, 说明 N 元素被还原, 生成还原产物, A 正确; 根据图示, 铁被氧化生成亚铁离子, 硝酸根离子被还原生成亚硝酸根离子, 离子方程式: $\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + \text{Fe}^{2+} +$

H_2O , **B 正确**; 充足的氧气会抑制厌氧微生物并氧化铁粉, 不利于废水脱硝, **C 错误**; 反应③为 $NO_2^- + NH_4^+ \rightleftharpoons N_2 \uparrow + 2H_2O$, 氧化产物与还原产物的质量比为 1 : 1, **D 正确**。

2. B 【解析】用浓硫酸与 Na_2SO_3 固体反应制备 SO_2 , 用 $NaOH$ 溶液来吸收尾气中的 SO_2 , 防止污染环境, 所以 a、b、c 中依次盛装浓硫酸、 Na_2SO_3 固体、 $NaOH$ 溶液, **A 正确**; SO_2 只能使湿润的 pH 试纸变红色, 不能使其褪色, **B 错误**; SO_2 使湿润的 pH 试纸变红可以证明 SO_2 水溶液呈酸性, SO_2 与 Na_2S 溶液反应出现淡黄色沉淀可以证明 SO_2 的氧化性, SO_2 使酸性高锰酸钾溶液褪色可证明 SO_2 的还原性, 使品红溶液褪色可以证明其漂白性, **C 正确**; 点燃酒精灯加热, 褪色后的品红溶液可恢复红色, 证明 SO_2 使品红溶液褪色具有可逆性, 加热褪色后的酸性 $KMnO_4$ 溶液不能恢复紫色, 证明 SO_2 使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色不具有可逆性, **D 正确**。

3. D 【解析】由题图可知, 所有光化学反应均有元素化合价发生

提示: 流程图中的①②③④

的“逆过程”均有“ $h\nu$ ”参与

变化, 伴随电子转移, **A 正确**; NO_2 可一步直接转变为 HNO_3 , 也

提示: 反应③

可以分两步转化, **B 正确**; NH_3 可以与 HNO_3 反应生成 NH_4NO_3 ,

提示: 反应④和 $N_2O_5 \rightarrow HNO_3$ 两步转化

产生 NO_3^- , 则气溶胶中可能含有 NH_3 , **C 正确**; 根据氮元素化合价变化, 产生 1 mol 含氮化合物: 反应①转移 1 mol e^- , 反应②转移 2 mol e^- , 反应③转移 1 mol e^- , **D 错误**。

4. B



思路导引

装置①中浓硝酸与铜反应生成硝酸铜、 NO_2 和水, 通过盛有水的装置②, NO_2 与水反应生成 NO , NO 气体通过盛有稀硝酸的装置③, 不发生反应, 最后用排水法在装置⑤中收集到 NO 气体; NO 气体通过盛有浓硝酸的装置④, 浓硝酸能把 NO 氧化为 NO_2 , ④中气体变为红棕色, 尾气被盛有 $NaOH$ 溶液的装置⑥吸收。

【解析】一氧化氮不稳定易被氧气氧化, 实验开始时, 先通氮气排除装置中的空气, 实验结束后, 为了防止装置中残留的氮氧化物污染空气, 通入氮气将氮氧化物全部赶到后续装置中, 进行尾气处理, 所以目的不同, **A 正确**; ②中盛放的试剂是蒸馏水, 发生反应的化学方程式为 $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$, 有 3 mol 二氧化氮反应时, 转移 2 mol 电子, ②中每消耗 0.1 mol NO_2 , 转移的电子数约为 $0.1 \times \frac{2}{3} \times 6.02 \times 10^{23}$, **B 错误**; 由分析可知, 装置②③④盛放的试剂依次是蒸馏水、稀硝酸、浓硝酸, **C 正确**; 已知 $Cu(NO_3)_2$ 溶液呈蓝色, 二氧化氮为红棕色, ①中反应后的溶液呈绿色, 可能的原因是溶解了 NO_2 , **D 正确**。

全章上分

1. C 【解析】氮化硅、碳纳米管、石墨烯均是新型无机非金属材料，**A 正确**；碳化硅(SiC)具有高温抗氧化性，且作为耐高温半导体材料应用广泛，**B 正确**；新型陶瓷和碳纤维均属于无机非金属材料，**C 错误**；硅单质可用于生产芯片，二氧化硅光纤用于数据传输，**D 正确**。

2. D 【解析】 SO_2 是酸性氧化物，能与 NaOH 反应生成盐和水，不属于碱性氧化物，**A 错误**；浓硫酸敞口久置吸收空气中水蒸气，导致质量增加，体现吸水性而非脱水性，**B 错误**；浓硫酸不能干燥碱性气体 NH_3 ，会发生反应生成盐，**C 错误**；硫易溶于 CS_2 ，实验室用 CS_2 清洗试管上残留的硫，**D 正确**。

3. B 【解析】向氢氧化钠固体上滴几滴浓氨水，氢氧化钠溶于浓氨水放出大量的热， $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热分解生成氨气。氨气与浓盐酸挥发出的氯化氢反应生成氯化铵而产生大量白烟，**A 正确**；氨

→ **提示**：浓氨水遇挥发性酸都冒白烟，例如硝酸和盐酸

气与浓硫酸会反应生成硫酸铵，但无明显现象，**B 错误**；氨气使湿润的红色石蕊试纸变蓝，说明氨的水溶液呈碱性，**C 正确**； NH_3 溶于水形成的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 与氯化铝溶液反应生成氢氧化铝沉淀和氯化铵，溶液变浑浊，**D 正确**。

4. B



思路导引

当 X 是强碱时，A 和强碱反应产生的气态氢化物 B 为 NH_3 ，则 A 为铵盐，B 与 Cl_2 反应生成 N_2 ，则 C 为 N_2 ，由此判断 D 为 NO 、E 为 NO_2 、F 为 HNO_3 ；A 和强酸反应生成的 B 能被 Cl_2 氧化，且生成的 C 能被 O_2 连续氧化，在常见的物质中可考虑 A 为硫化物 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，所以当 X 是强酸时，A、B、C、D、E、F 可分别为 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 、 H_2S 、 S 、 SO_2 、 SO_3 、 H_2SO_4 。

【解析】根据分析，A 的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，**A 正确**。无论 X 为强酸还是强碱，A 和 X 生成 B 均发生非氧化还原反应；当 E 为 SO_3 时，与水的反应为非氧化还原反应，当 E 为 NO_2 时，与水反应生成 HNO_3 和 NO ，是氧化还原反应，**B 错误**。当 X 是强碱时，A、B、C、D、E、F 中均含 N 元素，F 是 HNO_3 ，**C 正确**。当 X 是强酸时，B 为 H_2S ，D 为 SO_2 ，对应的酸溶液为 H_2SO_3 溶液，与 H_2S 能发生氧化还原反应生成 S，可观察到黄色沉淀生成，**D 正确**。

5. C 【解析】将红热的木炭投入浓硝酸中，产生红棕色气体，可能是浓硝酸受热分解得到 NO_2 ，不一定是 C 与浓硝酸反应生成了

→ **提示**：浓硝酸不稳定，见光或受热易分解

NO_2 ，**A 错误**； NH_4Cl 受热分解为 NH_3 与 HCl ，在试管口处冷却， NH_3 与 HCl 反应又得到 NH_4Cl 固体，不能说明 NH_4Cl 固体受热升华，**B 错误**；向表面皿中加入少量胆矾，再加入约 3 mL 浓硫酸，

→ **关键**：升华是物理变化

搅拌，固体由蓝色变为白色，证明了浓硫酸具有吸水性，**C 正确**；

→ **提示**：胆矾失去结晶水

酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性，向酸性高锰酸钾溶液中通入 SO_2 ，溶液褪色，体现了 SO_2 的还原性，**D 错误**。

6. D 【解析】化学反应前后有元素化合价变化的一定是氧化还原反应,二氧化硅与碳反应生成粗硅、粗硅提纯得到单晶硅过程中的反应,均有元素化合价的变化,属于氧化还原反应, **A 错误**; 光导纤维的成分是二氧化硅, **B 错误**; 普通玻璃是由纯碱、石灰石和石英砂制成的,玻璃是一种非晶体、属于混合物,没有固定的熔点, **C 错误**; 碳酸钙溶于盐酸生成氯化钙、水以及二氧化碳,二氧化硅和盐酸不反应,可以用盐酸除去石英砂(主要成分为 SiO_2) 中的少量碳酸钙, **D 正确**。

7. B



思路导引 1.94 g 铜锌合金完全溶解于硝酸中,得到硝酸铜、硝酸锌混合溶液,加氢氧化钠,当金属离子刚好全部沉淀,得到 2.96 g 沉淀,则 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 结合 OH^- 的物质的量为 $\frac{(2.96-1.94) \text{ g}}{17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.06 \text{ mol}$, 根据电荷守恒, Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 带 0.06 mol 正电荷,根据得失电子守恒,1.94 g 铜锌合金共失去 0.06 mol 电子,硝酸共得到 0.06 mol 电子生成 NO_2 和 N_2O_4 。

【解析】设铜锌合金中含有 Cu、Zn 的物质的量分别是 $a \text{ mol}$ 、 $b \text{ mol}$, 则① $64a + 65b = 1.94$, ② $2a + 2b = 0.06$, 解得 $a = 0.01$ 、 $b = 0.02$, 该合金中 $n(\text{Cu}) : n(\text{Zn}) = 1 : 2$, **A 错误**; 反应前硝酸的物质的量为 $\frac{40 \text{ mL} \times 1.4 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 63\%}{63 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.56 \text{ mol}$, 根据得失电子守恒, 反应放出气体消耗 0.06 mol NO_3^- , 根据电荷守恒, 硝酸铜、硝酸锌中的 NO_3^- 为 0.06 mol, 所以反应共消耗 0.12 mol 硝酸, 合金完全溶解时, 剩余硝酸: $0.56 \text{ mol} - 0.12 \text{ mol} = 0.44 \text{ mol}$, 溶液中 $c(\text{H}^+) = \frac{0.44 \text{ mol}}{0.04 \text{ L}} = 11.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, **B 正确**; 设混合气体中 NO_2 和 N_2O_4 的物质的量分别为 $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$, 则① $x + y = 0.05$, ② $x + 2y = 0.06$, 解得 $x = 0.04$ 、 $y = 0.01$, NO_2 的体积分数是 80%, **C 错误**;

理解: 同温同压下, 气体体积分数等于物质的量分数

刚好得到 2.96 g 沉淀时, 溶质恰好为 NaNO_3 , 根据元素守恒, $n(\text{NaOH}) = n(\text{NO}_3^-) = 0.56 \text{ mol} - 0.06 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$, 加入 NaOH 溶液的体积是 $\frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.5 \text{ L} = 500 \text{ mL}$, **D 错误**。

8. D



思路导引 工业废气(主要含 N_2 、 CO_2 、 SO_2 、 NO 、 CO , 不考虑其他成分)被过量石灰乳吸收, 固体 1 为生成的 CaCO_3 、 CaSO_3 及过量的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 气体 1 为不能被过量石灰乳吸收的 N_2 、 NO 、 CO ; 气体 1 中通入 X, 再用氢氧化钠溶液处理得到 NaNO_2 溶液, X 可以为空气, 但不能过量, 否则会生成硝酸钠; NaNO_2 与含 NH_4^+ 的废水反应生成无污染的 N_2 ; 气体 2 含有 CO 、 N_2 , 则捕获剂所捕获的气体主要是 CO 。

【解析】由分析可知, 固体 1 中主要含有 CaCO_3 、 CaSO_3 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, **A 正确**; 气体 1 中含有 NO , NO 和氧气、氢氧化钠反应生成亚硝

酸钠,因此 X 可以是空气,但不能过量,否则会将 NO 氧化为 NO_2 , NO_2 与 NaOH 溶液反应产生 NaNO_3 , NaNO_3 不能与含 NH_4^+ 的废水反应生成无污染的 N_2 , **B 正确**; 气体 2 含有 CO、 N_2 , 经捕获剂捕获后得到捕获产物和无污染的 N_2 , 则捕获剂所捕获的气体主要是 CO, **C 正确**; 处理含 NH_4^+ 废水时, NH_4^+ 与 NO_2^- 反应生成无污染的 N_2 , 根据得失电子守恒、电荷守恒及原子守恒可得反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- = \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, **D 错误**。

9. D 【解析】反应 II 为 $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$, 反应过程中各元素的化合价不变, 则反应 II 不属于氧化还原反应, **A 错误**; 由题图可知, 转化过程中氯元素未参与循环, **B 错误**; 由反应 I 知, O_2 的氧化性强于 Fe^{3+} , 由反应 III 知, Fe^{3+} 的氧化性强于 S, 故氧化性由强到弱的顺序为 $\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{S}$, **C 错误**; 反应 I 为亚铁离子被氧气氧化为铁离子, 反应的离子方程式为 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, **D 正确**。

10. C 【解析】曲线 a 表示无氧环境下, 氯化钡溶液 pH 变化较小, 说明二氧化硫与水反应生成了弱酸亚硫酸, 溶液 pH 降低的原因是 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$, **A 正确**; 曲线 c 表示有氧环境下, 氯化钡溶液 pH 变化较大, 则说明二氧化硫被氧气氧化为强酸硫酸, 进而生成 BaSO_4 , 反应的离子方程式是 $2\text{Ba}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{BaSO}_4 \downarrow + 4\text{H}^+$, **B 正确**; 氯化钡溶液、硝酸钡溶液在有氧环境下, pH 变化几乎一致, 所以不能说明曲线 d 所表示的过程中 NO_3^- 是氧化 SO_2 的主要微粒, **C 错误**; $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液在无氧环境下可以氧化二氧化硫, 其中氧化剂为 NO_3^- , 依据该实验预测 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KNO_3 溶液(无氧)也可以氧化 SO_2 , **D 正确**。

11. (1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) 和水反应制备 O_2 , 且反应放热, 促使浓氨水挥发出氨气

(3) 0.4

(4) $\text{N} > \text{C} > \text{Si}$ 原子半径: $\text{Si} > \text{C} > \text{N}$, 半径越小, 原子核对最外层电子的吸引力越强, 非金属性越强

(5) $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 溶液变浑浊(或产生不溶于水的白色胶状沉淀)

(6) 在装置 A 和 B 之间连接一个盛有饱和 NaHCO_3 溶液的洗气瓶

思路导引 I. 图甲装置 A 中浓氨水与 Na_2O_2 反应产生 O_2 的同时放热, 促进浓氨水挥发出氨气, 装置 B 吸收水蒸气, NH_3 和 O_2 在铂丝网催化作用下生成 NO, NO 再与氧气反应转化成 NO_2 , 装置 C 用于除去氮氧化物中的 NH_3 , 装置 E 中 NO_2 与水反应生成硝酸, 装置 F 为尾气吸收装置。

II. 验证碳、氮、硅元素非金属性强弱, 可以通过验证最高价氧化物对应水化物的酸性强弱来验证, 酸性强弱可以通过强酸制弱酸原理来判断, 据此分析。

【解析】(2) 图甲装置 A 中 Na_2O_2 和水反应制备 O_2 , 同时放热促进氨气生成。

(3) 生成的硝酸的物质的量为 $0.100 \text{ L} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1 \text{ mol}$, 根据氮原子守恒和得失电子守恒可得关系式: $\text{HNO}_3 \sim \text{NH}_3 \sim 8\text{e}^- \sim 2\text{O}_2 \sim 4\text{Na}_2\text{O}_2$, 因此生成 0.1 mol HNO_3 , 理论上至少需要 $0.4 \text{ mol Na}_2\text{O}_2$ 。

(4) 同周期主族元素从左至右非金属性逐渐增强, 同主族元素从上至下非金属性逐渐减弱, C、N、Si 的非金属性由强到弱的顺序: $\text{N} > \text{C} > \text{Si}$; 从原子结构角度解释原因: 同周期主族元素从左至右原子半径减小, 同主族元素从上至下原子半径增大, 原子半径: $\text{Si} > \text{C} > \text{N}$, 半径越小, 原子核对最外层电子的吸引力越强, 非金属性越强。

(5) 图乙装置 A 中 CaCO_3 与硝酸发生反应生成 CO_2 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和水, 离子方程式为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$; CO_2 气体通入 Na_2SiO_3 溶液中, 反应生成难溶于水的硅酸沉淀, 因此可观察到烧杯中溶液变浑浊(或产生不溶于水的白色胶状沉淀)。

(6) 硝酸具有挥发性, 挥发出来的硝酸也会与硅酸钠溶液反应生成硅酸白色(胶状)沉淀, 不能比较碳酸与硅酸的酸性强弱, 因此无法判断 C 与 Si 的非金属性强弱, 故需要在装置 A 和 B 之间连接一个盛有饱和 NaHCO_3 溶液的洗气瓶, 除去挥发出来的硝酸。

12. (1)+3 Fe_2O_3 、 SO_2



(3) 稀 H_2SO_4 将滤渣中的 Fe 转变为 FeSO_4 , 从而与 Cu 分离开来, 同时也不引入杂质



(5) $\frac{76 \times (a-b)}{9b}$



思路导引 由黄铜矿(主要含 CuFeS_2) 制备硫酸铜和绿

矾晶体, 黄铜矿通入空气“焙烧”后得到 CuO 、 Fe_2O_3 和 SO_2 , 二氧化硫转化为 SO_3 , SO_3 和水反应生成硫酸, 金属氧化物与硫酸反应生成硫酸铜和硫酸铁。加入过量的 Fe 发生“置换”生成 Cu、将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+} , 加入稀硫酸“酸浸”, Fe 与稀硫酸反应, 滤液的主要溶质为 FeSO_4 , 对滤液进行处理得到绿矾晶体, 单质铜与双氧水和硫酸反应, 生成硫酸铜, 反应的化学方程式为 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cu} = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, 最后经一系列操作, 得到硫酸铜晶体。

【解析】(1) 氧化铁中铁元素化合价为+3 价。根据化合价变化情况, CuFeS_2 中铁和铜元素的化合价均为+2 价, S 元素为-2 价, 氧化产物为 Fe_2O_3 、 SO_2 。

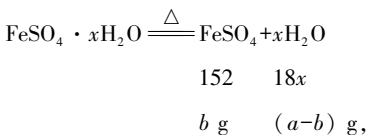
(2) 由于溶液中含有铜离子, 所以“置换”步骤中还会发生置换反应: $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ 。

(3) 为保证溶液中的 H^+ 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 反应完全, 加入的 Fe 过量, 因此过滤得到的固体中含有过量的 Fe 及置换出来的 Cu, 所以溶液 A 是稀硫酸, 目的是将滤渣中的 Fe 转变为 FeSO_4 , 从而与 Cu 分离开来, 同时也不引入杂质。

关键: 除杂时不增加新杂质, 不减少要保留的物质

(4)“氧化”步骤中,生成硫酸铜的离子方程式为 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(5)反应后固体质量减轻,减少的质量为水的质量,由于化学方程式中物质的量之比=化学计量数之比,则设结晶水的数目为 x ,列式计算:



$$\frac{152}{18x} = \frac{b}{a-b}, \text{解得 } x = \frac{152 \times (a-b)}{18b} = \frac{76 \times (a-b)}{9b}。$$

13. (1) 圆底烧瓶 NaOH (2) 2 : 1

(3) c 控制滴加硫酸的速度(合理即可)

(4) 溶液变澄清(或浑浊消失)

(5) ad

(6) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Cl}^- + 10\text{H}^+$

思路导引 A 中产生二氧化硫, B 中可观察 SO_2 的生成速率, 又能平衡气压, C 用于硫代硫酸钠的合成, D 为安全瓶, E 用于吸收尾气中 SO_2 、 H_2S , 防止污染空气。

【解析】(1) 装置 E 用于吸收尾气中 SO_2 、 H_2S , 防止污染空气, 可选用 NaOH 溶液。

(2) 将 $2 \times (\text{I}) + (\text{II}) + 3 \times (\text{III})$ 得总反应: $2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{SO}_2 = 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 为使烧瓶 C 中 Na_2S 和 Na_2SO_3 恰好完全反应, 则烧瓶 C 中 Na_2S 和 Na_2SO_3 物质的量之比为 2 : 1。

(3) 装置 B 的作用之一是通过观察溶液中产生气泡的快慢来判断 SO_2 的生成速率, 所以溶液尽量不与 SO_2 反应。二氧化硫能溶于蒸馏水、与水反应生成亚硫酸, a 不符合题意; 饱和 Na_2SO_3 溶液和二氧化硫反应生成亚硫酸氢钠, b 不符合题意; 饱和 NaHSO_3 溶液与二氧化硫反应较少, c 符合题意; 饱和 NaHCO_3 溶液与二氧化硫反应释放出二氧化碳气体, d 不符合题意。通过控制分液漏斗的活塞控制滴加硫酸的速度, 可以控制产生二氧化硫的速率。

(5) 烧杯、锥形瓶需要加热时必须使用陶土网, 蒸发皿和试管可直接加热。

(6) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 还原性较强, 在溶液中易被 Cl_2 氧化成 SO_4^{2-} , 则氯气被还原为氯离子。

真题上分

1. A **【解析】**金代六曲葵花鎏金银盏的主要成分为 Au、Ag, 属于金属; 北燕鸭形玻璃注、汉代白玉耳杯、新石器时代彩绘几何纹双腹陶罐的主要成分均为硅酸盐, 属于无机盐, 选 A。

2. B **【解析】** SiO_2 为酸性氧化物, 可以与 NaOH 溶液发生反应: $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, A 正确; MgO 与盐酸的反应无化合价的变化, 体现盐酸的酸性并非还原性, B 错误; 高纯硅广泛应用于信息技术和新能源技术等领域, 利用其半导体性能可以

制成光伏电站、人造卫星和电动汽车等的硅太阳能电池, **C 正确**; 根据流程可知金属镁与 SiO_2 发生氧化还原反应生成 Si 和 MgO , 反应的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{650\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 2\text{MgO}$, **D 正确**。

3. A



要点图解

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 , B 为含结晶水的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 。

【解析】加热 NH_4Cl 可产生 NH_3 和 HCl , 温度降低后, NH_3 和 HCl 又会重新生成 NH_4Cl , 故不能用加热 NH_4Cl 的方法得到 NH_3 , **A 错误**; BaCl_2 (D) 可溶于水, 属于重金属盐, 有毒, **B 正确**; NO_2 (F)

提示: 可溶性钡盐, 均有毒

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·透

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。

4. C 【解析】a 中铜与稀硝酸发生反应: $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 反应生成的 NO 极易与空气中的 O_2 发生反应: $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, 因此 a 中有化合反应发生, 且溶液由无色变为蓝色、气体由无色变为红棕色, **A 正确**; b 中气体变为红棕色时, b 中一定存在 NO_2 , 且 NO_2 会有少量转化为 N_2O_4 , 则 b 中也一定存在 N_2O_4 , 所以 b 中所含氮氧化物至少有两种, **B 正确**; b 中的 NO_2 进入 c 中, 与水发生反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 反应生成的 HNO_3 与 NaHCO_3 溶液发生反应: $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 因为酚酞呈粉红色的 pH 范围为 8.2~10.0, 所以当溶液红色刚好褪去时, 溶液 pH 约为 8.2, 呈弱碱性, NaNO_3 溶液呈中性, 则此时溶液中还有剩余的 HCO_3^- 未反应, **C 错误**; 若将 a 中的稀硝酸换成浓硫酸并加热, 则 a 中发生反应: $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 反应生成的 SO_2 进入 c 中遇水生成 H_2SO_3 , 酸性: $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$, 则 SO_2 足量时, 发生反应: $\text{SO}_2 + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{CO}_2$, 即溶液中溶质为 NaHSO_3 , NaHSO_3 溶液呈酸性, 故 c 中溶液颜色会褪去, **D 正确**。

5. D



思路分析

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**; M 为 NaHSO_3 , N 为 Na_2SO_3 , 二者都可

与 H_2SO_4 反应生成 SO_2 , **C 正确**; SO_2 与 H_2S 发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, 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**。

6. A 【解析】过量 SO_2 与 Na_2S 溶液反应的产物应是 S 和 NaHSO_3 , 化学方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{S} \downarrow + 4\text{NaHSO}_3$, **A 错误**。

关键点拨·透 SO_2 的性质: ①酸性氧化物的性质, 当 SO_2 过量时, 反应的产物为酸式盐, 如 A、D 选项; ②弱氧化性, 氧化 S^{2-} (或 H_2S 、 HS^-) 生成 S 单质, 如 A 选项; ③还原性, 如 B、C 选项, C 中 SO_2 有还原性, Cu^{2+} 有氧化性, Cu^{2+} 被还原成 Cu^+ , Cu^+ 与 Cl^- 不共存, 生成 CuCl 白色沉淀; ④漂白性, 使品红溶液等褪色。