

2020-2021 学年江苏省苏州中学高二（上）开学化学试卷

一、单项选择题：共 11 小题，每小题 3 分，共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. (3 分) 化学是材料科学的基础。下列有关材料的说法正确的是 ()

- A. 华为手机使用的麒麟 980 芯片与光导纤维均属于半导体材料
- B. “天宫一号”使用的碳纤维，是一种新型的有机高分子材料
- C. 国产飞机 C919 用的氮化硅陶瓷，是新型的无机非金属材料
- D. 制造“N95 型口罩”使用的聚丙烯是一种天然高分子化合物

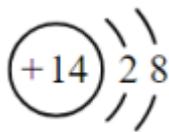
2. (3 分) “中国芯”的主要原材料是高纯单晶硅，反应 $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$

可用于纯硅的制备。下列有关说法正确的是 ()

A. SiCl_4 为极性分子

B. HCl 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$

C. 单晶硅为分子晶体



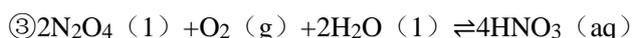
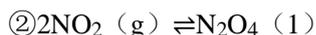
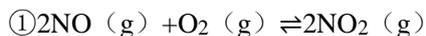
D. Si 原子的结构示意图为

3. (3 分) 氧化物在生产、生活中有广泛应用。下列氧化物的性质与用途具有对应关系的是 ()

- A. Al_2O_3 有两性，可用于制造耐高温陶瓷
- B. ClO_2 有氧化性，可用于自来水消毒
- C. SiO_2 硬度大，可用于制备光导纤维
- D. SO_2 有还原性，可用于漂白有色织物

阅读下列资料，完成 4~6 题。

硝酸是重要的化工原料，也是化学实验室必备的重要试剂。工业上制取浓硝酸涉及下列反应：

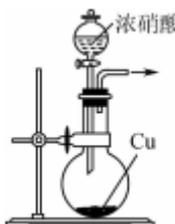
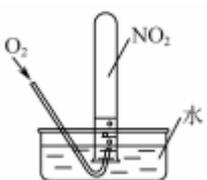


4. 下列说法正确的是 ()

- A. NO 能与水反应生成硝酸
- B. NO_3^- 的空间构型为平面三角形
- C. N_2O_4 制取 HNO_3 是利用了 N_2O_4 的氧化性

D. 常温下可用铝制容器盛装稀硝酸

5. 已知 $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ 。下列装置不能达到相应实验目的的是（ ）

- A.  生成 NO_2
- B.  收集 NO_2
- C.  吸收 NO_2 尾气
- D.  使 NO_2 充分转化为 HNO_3

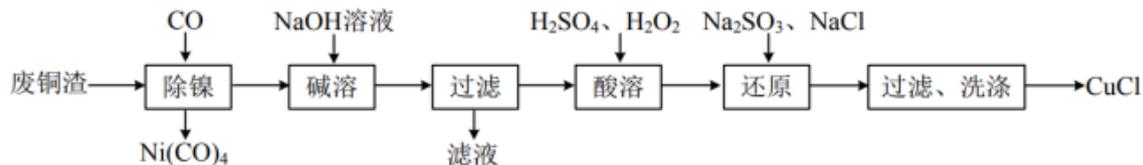
6. 下列有关工业制取浓硝酸反应的说法不正确的是（ ）

- A. 反应①达到平衡时 $v_{\text{逆}}(\text{NO}) = 2v_{\text{正}}(\text{O}_2)$
- B. 使用高效催化剂能提高反应①中 NO 的平衡转化率
- C. 反应②在一定温度下能自发进行，则正反应为放热反应
- D. 标准状况下，反应③中每消耗 22.4LO_2 ，转移电子的数目约为 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$

7. (3分) 短周期主族元素 X、Y、Z、W 原子序数依次增大，X 原子核外有 7 个电子，Y 在周期表中位于 II A 族，Z 与 X 属于同一主族，基态 W 原子的核外有 2 个未成对电子。下列说法正确的是（ ）

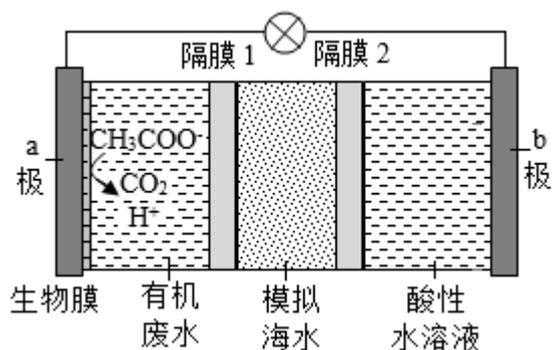
- A. Z 的最高价氧化物对应水化物的酸性比 X 的强
- B. 原子半径： $r(\text{Y}) > r(\text{X}) > r(\text{Z})$
- C. 第一电离能： $I_1(\text{Y}) < I_2(\text{W}) < I_3(\text{Z})$
- D. 元素 Y、W 的简单离子具有相同的电子层结构

8. (3分) CuCl 为白色固体，难溶于水和乙醇，潮湿时易被氧化，常用作媒染剂。以废铜渣（主要成分为 Cu ，含少量 Ni 、 Al_2O_3 等）为原料制备 CuCl 的工艺流程如图。下列说法正确的是（ ）



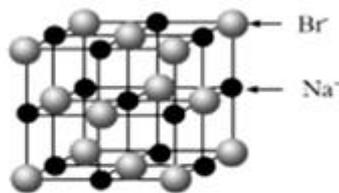
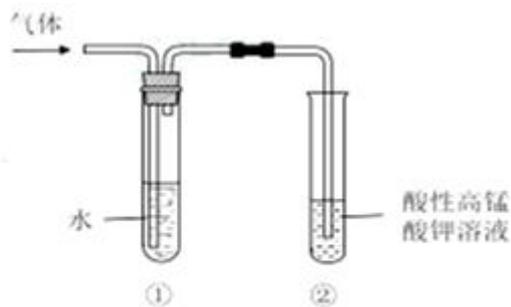
- A. 1mol 配合物 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 中 σ 键的数目为 4mol
- B. “碱溶” 时发生反应的离子方程式为: $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$
- C. “还原” 后所得溶液中大量存在的离子有 Cu^{2+} 、 H^+ 、 SO_3^{2-} 、 Cl^-
- D. “洗涤” 时使用乙醇能防止 CuCl 被氧化

9. (3 分) 微生物脱盐电池是一种高效、经济的能源装置, 利用微生物处理有机废水获得电能, 同时可实现海水淡化。现以 NaCl 溶液模拟海水, 采用惰性电极, 用如图装置处理有机废水 (以含 CH_3COO^- 的溶液为例)。下列说法错误的是 ()

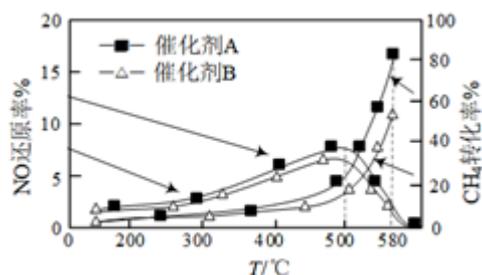


- A. 负极反应为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$
- B. 隔膜 1 为阳离子交换膜, 隔膜 2 为阴离子交换膜
- C. 当电路中转移 1mol 电子时, 模拟海水理论上除盐 58.5g
- D. 电池工作一段时间后, 正、负极产生气体的物质的量之比为 2: 1

10. (3 分) 检验溴乙烷与 NaOH 乙醇溶液共热生成的气体中是否含有乙烯, 装置如题图 1 所示。下列说法不正确的是 ()



- A. 装置①的作用是除去乙醇



- A. 使用催化剂可增大 NO 的平衡转化率
- B. 温度越高, 反应②的平衡常数 K 越大
- C. 由图可知, 消除 NO 的最佳条件是 580°C 和催化剂 A
- D. 温度高于 500°C 时, 体系中以反应③为主

二、解答题

14. (15 分) 钴的氧化物常用于制取催化剂和颜料等。以钴矿[主要成分是 CoO、Co₂O₃、Co(OH)₃, 还含 SiO₂ 及少量 Al₂O₃、Fe₂O₃、CuO 及 MnO₂ 等]为原料可制取钴的氧化物。

(1) 一种钴氧化物晶胞如图 1 所示, 该氧化物中钴离子基态核外电子排布式为 _____, 该钴的氧化物中钴离子的配位数是 _____。

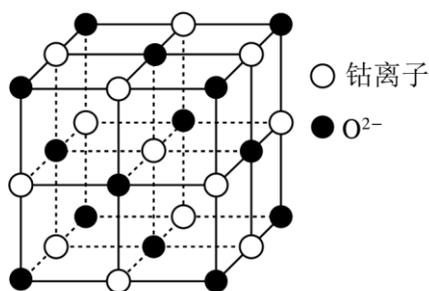


图1

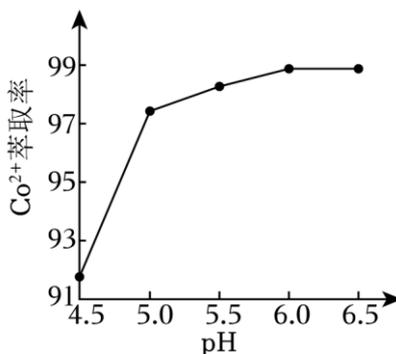


图2

(2) 利用钴矿制取钴的氧化物的主要步骤如下:

①浸取: 用盐酸和 Na₂SO₃ 溶液浸取钴矿, 浸取液中含有 Al³⁺、Fe²⁺、Co²⁺、Cu²⁺、Mn²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 等离子。写出 Co₂O₃ 发生反应的离子方程式 _____;

②除杂: 向浸取液中先加入足量 NaClO₃ 氧化 Fe²⁺, 再加入 NaOH 调节 pH 除去 Al³⁺、Fe³⁺、Cu²⁺。有关沉淀数据如表 (“完全沉淀” 时金属离子浓度 ≤ 1.0 × 10⁻⁵ mol · L⁻¹):

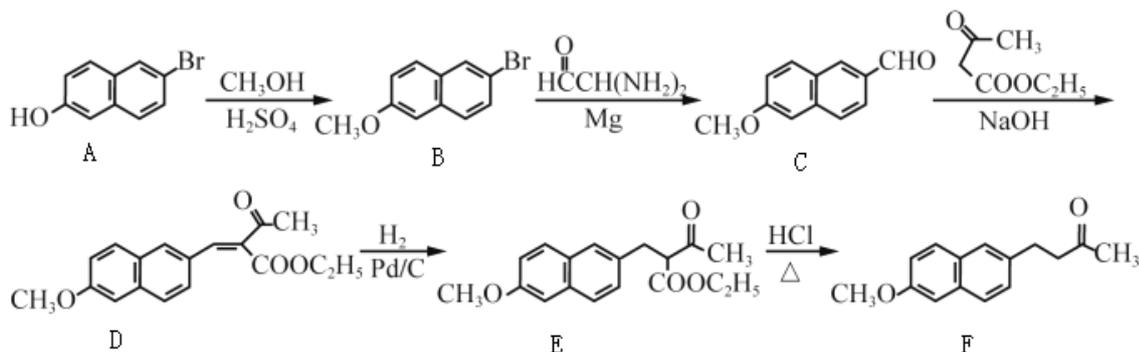
沉淀	Al(OH) ₃	Fe(OH) ₃	Co(OH) ₂	Cu(OH) ₂	Mn(OH) ₂
恰好完全沉淀时的 pH	5.2	2.8	9.4	6.7	10.1

若浸取液中 c(Co²⁺) = 0.1 mol · L⁻¹, 则须调节溶液 pH 的范围是 _____ (加入 NaClO₃)

和 NaOH 时, 溶液的体积变化忽略)。

③萃取、反萃取: 向除杂后的溶液中, 加入某有机酸萃取剂 (HA)₂, 发生反应: $\text{Co}^{2+} + n(\text{HA})_2 \rightleftharpoons \text{CoA}_2 \cdot (n-1)(\text{HA})_2 + 2\text{H}^+$ 。实验测得: 当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内, Co^{2+} 萃取率随溶液 pH 的增大而增大 (如图 2 所示), 其原因是 _____。向萃取所得有机相中加入 H₂SO₄, 反萃取得到水相。该工艺中设计萃取、反萃取的目的是 _____。

15. (14 分) 化合物 G (萘丁美酮) 是一种解热、镇痛药, 其合成路线如图。



(1) 可以鉴别 B、C 两种物质的试剂为 _____。

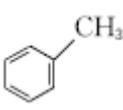
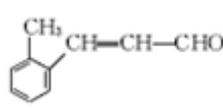
(2) 1mol E 分子中, 碳原子与氧原子形成的 σ 键的数目为 _____。

(3) D→E 的反应类型为 _____。

(4) C 的一种同分异构体同时满足下列条件, 该同分异构体的结构简式为 _____。

①分子中含苯环, 能使 Br₂ 的 CCl₄ 溶液褪色;

②分子中不同化学环境的氢原子数目之比为 2: 3。

(5) 写出以 、 和 CH₃CH₂OH 为原料制备  的合成路线流程图 _____。(无机试剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)

16. (16 分) BaS 是一种重要的无机合成中间体, 可以通过重晶石 (主要成分 BaSO₄, 还含有 SiO₂ 等杂质) 制备得到。工业常以软锰矿 (主要成分 MnO₂) 和 BaS 为原料制备碳酸锰。

(1) 制取 BaS 溶液

将重晶石与活性炭混合均匀, 高温煅烧, 冷却后得重晶石熟料。向重晶石熟料中加入热水, 充分搅拌后过滤, 得 BaS 溶液。

①测定 SiO₂ 是晶态还是非晶态, 可靠的科学方法是 _____。

②已知: 室温下, $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1.3 \times 10^{-7}$, $K_{a2}(\text{HS}^-) = 7.1 \times 10^{-15}$ 。测得 0.1mol·L⁻¹BaS 溶液 pH ≈ 13。溶液中 OH⁻、S²⁻、HS⁻ 三种离子浓度由大到小的顺序依次是 _____。

③通过下列实验方法测定重晶石熟料中 BaS 的质量分数:

步骤 I：准确称取 10.00g 试样，加适量水，待可溶物全部溶解，过滤，并洗涤沉淀，将洗涤液与滤液一并转移至 500mL 容量瓶中，定容、摇匀。

步骤 II：取 20.00mL 醋酸溶液（过量）于锥形瓶中，再加入 20.00mL $0.08000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 碘标准溶液，然后再向锥形瓶中加入 10.00mL 步骤 I 所配的试样溶液，边加边振荡。充分反应后，硫元素完全转化为硫单质。

步骤 III：以淀粉为指示剂，用 $0.05000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定至终点，发生反应： $\text{I}_2+2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}=\text{2I}^-+\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ，消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 20.00mL。计算试样中 BaS 的质量分数写出计算过程_____。

（2）制取高纯碳酸锰

BaS 溶液和软锰矿经反应、过滤、酸溶、净化可制得的 MnSO_4 溶液。

① MnSO_4 溶液和 NH_4HCO_3 固体混合后，极速反应生成 MnCO_3 。反应方程式为 $2\text{HCO}_3^-+\text{Mn}^{2+}=\text{MnCO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\uparrow$ 。

实际制取 MnCO_3 时，一般选择使用氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液代替 NH_4HCO_3 固体，这样改进的优点是_____。

②已知： $6.5<\text{pH}<7.5$ 时，碳酸锰产率较高。 $\text{pH}=8.1$ 时， Mn^+ 开始形成 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 沉淀。请设计以 MnSO_4 溶液、氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液为原料制备高纯碳酸锰的实验方案：_____。

（实验中须使用的试剂有：稀盐酸、 BaCl_2 溶液、蒸馏水）

17.（16 分）燃煤烟气中的 NO_x 、 SO_2 经处理后可被吸收。

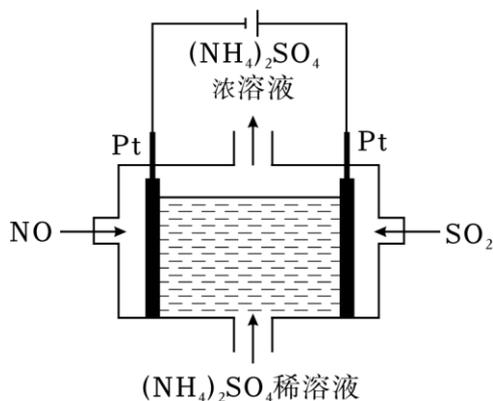


图1

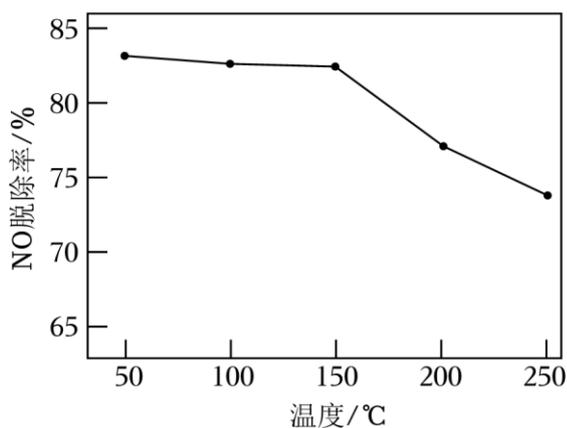


图2

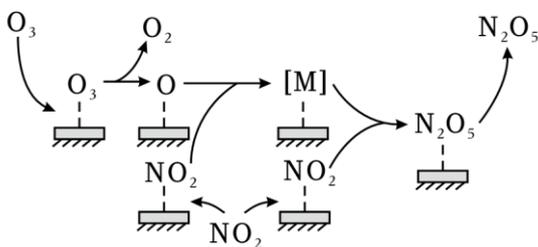


图3

(1) 若烟气主要成分为 NO、SO₂，可通过电解法除去，其原理如图 1 所示。阴极的电极反应式为 _____。电解过程得到产物为 _____。

(2) 若烟气主要成分为 NO₂、SO₂，可通入 NaOH 溶液将 NO₂ 完全转化为 NO₂⁻。则 NO₂、SO₂ 与 NaOH 反应的离子方程式为 _____。

(3) O₃ 氧化性强于 O₂，能更有效地氧化 NO。



② NO 可经 O₃ 处理后再用碱液吸收而实现脱除。为分析氧化时温度对 NO 脱除率的影响，将 NO 与 O₃ 混合反应一段时间，再用碱液吸收氧化后的气体。其他条件相同时，NO 脱除率随 NO 与 O₃ 混合反应时温度变化如图 2 所示。温度在 50~150℃ 时，随着温度升高，NO 脱除率无明显变化；温度超过 150℃ 时，随着温度升高，NO 脱除率下降。其可能原因是 _____。

(4) 用 O₃ 氧化 NO₂ 时，使用催化剂可提高氧化效率。研究发现 NO₂ 在某催化剂表面被 O₃ 氧化时反应机理如图 3 所示，反应过程中，氮氧化物 [M] 与 NO₂ 按物质的量 1:1 反应生成 N₂O₅，[M] 的化学式为 _____。该催化氧化过程总反应的化学方程式为 _____。

2020-2021 学年江苏省苏州中学高二（上）开学化学试卷

参考答案与试题解析

一、单项选择题：共 11 小题，每小题 3 分，共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. (3 分) 化学是材料科学的基础。下列有关材料的说法正确的是 ()

- A. 华为手机使用的麒麟 980 芯片与光导纤维均属于半导体材料
- B. “天宫一号”使用的碳纤维，是一种新型的有机高分子材料
- C. 国产飞机 C919 用的氮化硅陶瓷，是新型的无机非金属材料
- D. 制造“N95 型口罩”使用的聚丙烯是一种天然高分子化合物

【答案】 C

【分析】 A. SiO_2 不属于半导体材料；

B. 碳纤维属于无机物；

C. 氮化硅陶瓷属于无机物；

D. 相对分子质量大于一万的有机物为高分子化合物，聚丙烯属于人工合成高分子。

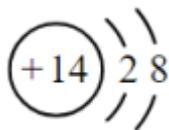
2. (3 分) “中国芯”的主要原材料是高纯单晶硅，反应 $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$

可用于纯硅的制备。下列有关说法正确的是 ()

A. SiCl_4 为极性分子

B. HCl 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$

C. 单晶硅为分子晶体



D. Si 原子的结构示意图为

【答案】 B

【分析】 A. 正负电荷重心能重合的为非极性分子；

B. 氯化氢为共价化合物，氢原子与氯原子通过共用 1 对电子结合；

C. 单晶硅是硅原子通过共价键结合；

D. 硅原子核外 14 个电子。

3. (3 分) 氧化物在生产、生活中有广泛应用。下列氧化物的性质与用途具有对应关系的是 ()

A. Al_2O_3 有两性，可用于制造耐高温陶瓷

- B. ClO_2 有氧化性，可用于自来水消毒
- C. SiO_2 硬度大，可用于制备光导纤维
- D. SO_2 有还原性，可用于漂白有色织物

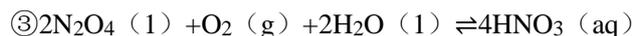
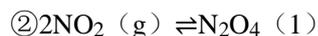
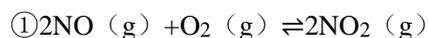
【答案】B

【分析】A. 依据氧化铝的熔点高判断；

- B. 二氧化氯具有强的氧化性，能使蛋白质变性；
- C. SiO_2 具有良好的导光性，可用于制造光纤；
- D. 依据二氧化硫的漂白性解答。

阅读下列资料，完成 4~6 题。

硝酸是重要的化工原料，也是化学实验室必备的重要试剂。工业上制取浓硝酸涉及下列反应：



4. 下列说法正确的是（ ）

- A. NO 能与水反应生成硝酸
- B. NO_3^- 的空间构型为平面三角形
- C. N_2O_4 制取 HNO_3 是利用了 N_2O_4 的氧化性
- D. 常温下可用铝制容器盛装稀硝酸

【答案】B

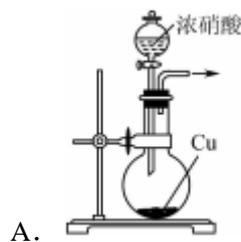
【分析】A.NO 与水不反应；

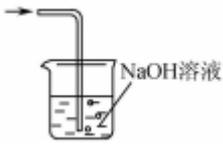
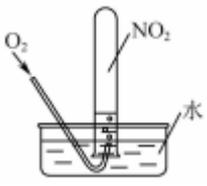
B. NO_3^- 中 N 的价层电子数为 $3 + \frac{5+1-2 \times 3}{2} = 3$ ，可知不含孤对电子，N 为 sp^2 杂化；

C. N_2O_4 制取 HNO_3 时 N 元素的化合价升高；

D. 常温下 Al 遇浓硝酸发生钝化，与稀硝酸可发生氧化还原反应至反应物被完全消耗。

5. 已知 $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ 。下列装置不能达到相应实验目的的是（ ）



- B.  收集 NO₂
- C.  吸收 NO₂ 尾气
- D.  使 NO₂ 充分转化为 HNO₃

【答案】B

【分析】A.Cu 与浓硝酸反应生成二氧化氮；

B.二氧化氮的密度比空气密度大；

C.二氧化氮与碱溶液反应；

D.二氧化氮与氧气、水反应可完全转化为硝酸。

6. 下列有关工业制取浓硝酸反应的说法不正确的是（ ）

A. 反应①达到平衡时 $v_{\text{逆}}(\text{NO}) = 2v_{\text{正}}(\text{O}_2)$

B. 使用高效催化剂能提高反应①中 NO 的平衡转化率

C. 反应②在一定温度下能自发进行，则正反应为放热反应

D. 标准状况下，反应③中每消耗 22.4LO₂，转移电子的数目约为 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$

【答案】B

【分析】A. 反应达到平衡状态，不同物质的正逆反应速率之比等于计量数之比；

B. 催化剂只能改变反应速率，不能改变转化率；

C. 当 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ 时，反应自发进行；

D. 反应中，O₂ 中 O 元素的化合价由 0 价降低为 -2 价。

7. (3分) 短周期主族元素 X、Y、Z、W 原子序数依次增大，X 原子核外有 7 个电子，Y 在周期表中位于

IIA 族，Z 与 X 属于同一主族，基态 W 原子的核外有 2 个未成对电子。下列说法正确的是（ ）

A. Z 的最高价氧化物对应水化物的酸性比 X 的强

B. 原子半径： $r(\text{Y}) > r(\text{X}) > r(\text{Z})$

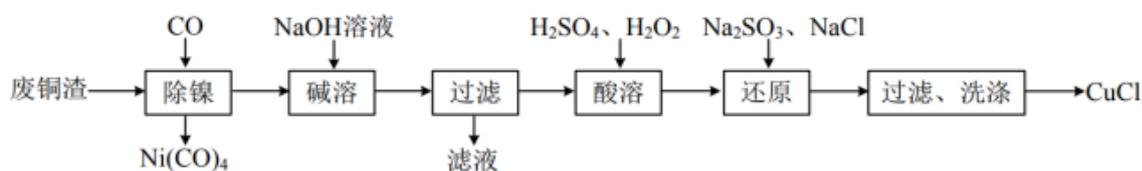
C. 第一电离能： $I_1(\text{Y}) < I_2(\text{W}) < I_3(\text{Z})$

D. 元素 Y、W 的简单离子具有相同的电子层结构

【答案】C

【分析】短周期主族元素 X、Y、Z、W 原子序数依次增大，X 原子核外有 7 个电子，则 X 为 N 元素；Z 与 X 属于同一主族，则 Z 为 P 元素；Y 在周期表中位于 II A 族，其原子序数大于氮，故 Y 为 Mg 元素；基态 W 原子的核外有 2 个未成对电子，其原子序数大于 P，则外围电子排布式为 $3s^23p^4$ ，故 W 为 S 元素。

8. (3 分) CuCl 为白色固体，难溶于水和乙醇，潮湿时易被氧化，常用作媒染剂。以废铜渣（主要成分为 Cu，含少量 Ni、 Al_2O_3 等）为原料制备 CuCl 的工艺流程如图。下列说法正确的是（ ）

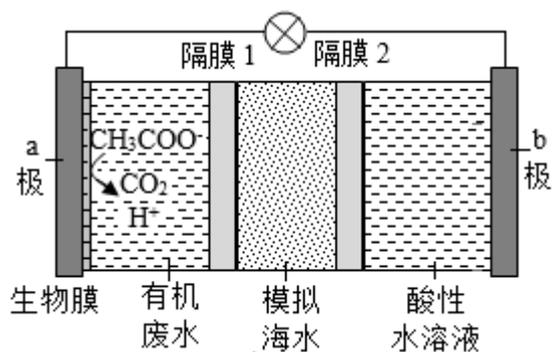


- A. 1mol 配合物 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 中 σ 键的数目为 4mol
- B. “碱溶”时发生反应的离子方程式为： $2\text{Al}+2\text{OH}^-+2\text{H}_2\text{O}=2\text{AlO}_2^-+3\text{H}_2\uparrow$
- C. “还原”后所得溶液中大量存在的离子有 Cu^{2+} 、 H^+ 、 SO_3^{2-} 、 Cl^-
- D. “洗涤”时使用乙醇能防止 CuCl 被氧化

【答案】D

【分析】废铜渣（主要成分为 Cu，含少量 Ni、 Al_2O_3 等）为原料制备 CuCl 的工艺流程为：废铜渣在 CO 作用下除去 Ni，剩余 Cu 和 Al_2O_3 ，经过碱溶发生反应 $\text{Al}_2\text{O}_3+2\text{OH}^-=2\text{AlO}_2^-+\text{H}_2\text{O}$ ，除去 Al_2O_3 ，将 Cu 在有氧化剂双氧水条件下酸溶形成 Cu^{2+} ，然后加入亚硫酸钠、NaCl 还原成 CuCl ，最后经过过滤、洗涤获得 CuCl ，以此分析解答。

9. (3 分) 微生物脱盐电池是一种高效、经济的能源装置，利用微生物处理有机废水获得电能，同时可实现海水淡化。现以 NaCl 溶液模拟海水，采用惰性电极，用如图装置处理有机废水（以含 CH_3COO^- 的溶液为例）。下列说法错误的是（ ）



- A. 负极反应为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$
- B. 隔膜 1 为阳离子交换膜，隔膜 2 为阴离子交换膜
- C. 当电路中转移 1mol 电子时，模拟海水理论上除盐 58.5g
- D. 电池工作一段时间后，正、负极产生气体的物质的量之比为 2: 1

【答案】B

【分析】该装置为原电池，有机废水中的 CH_3COO^- 发生失电子的氧化反应生成 CO_2 ，则 a 极为负极，电极反应式为 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$ ，b 极为正极，酸性条件下， H^+ 得电子生成 H_2 ，反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ ，原电池工作时，阴离子移向负极、阳离子移向正极，即模拟海水 NaCl 溶液中的 Na^+ 通过阳离子交换膜移向 b 极、 Cl^- 通过阴离子交换膜移向 a 极，则隔膜 1 为阴离子交换膜，隔膜 2 为阳离子交换膜，据此分析解答。

10. (3 分) 检验溴乙烷与 NaOH 乙醇溶液共热生成的气体中是否含有乙烯，装置如题图 1 所示。下列说法不正确的是 ()

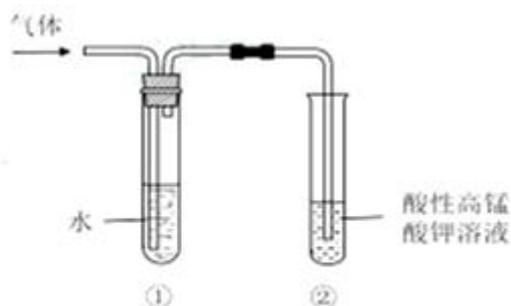


图 1

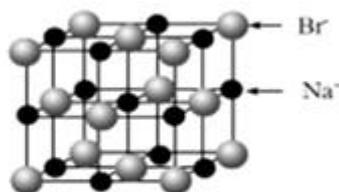


图 2

- A. 装置①的作用是除去乙醇
- B. 装置②的现象是高锰酸钾酸性溶液紫色褪去
- C. 将生成的气体直接通入溴的四氯化碳溶液也可以达到实验目的
- D. 如图 2 所示 NaBr 晶胞中，每个 Na^+ 周围距离最近的 Na^+ 数目为 4 个

【答案】D

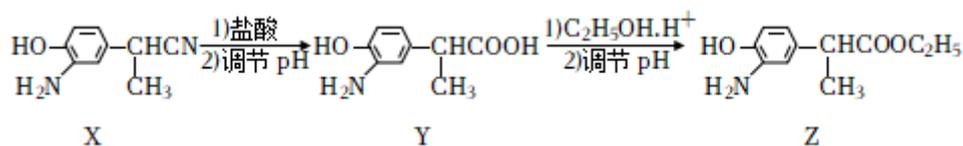
【分析】A. 乙醇和乙烯都能使高锰酸钾褪色，乙醇易溶于水；

B. 乙烯具有还原性，能够还原高锰酸钾；

C. 乙烯能够与溴发生加成反应，乙醇不具有此性质；

D. 每个小正方体中距离钠离子最近的钠离子有 3 个，顶点上的离子被 8 个小正方体占有，每个面上的离子被两个小正方体占有。

11. (3 分) 化合物 Z 是合成某种消炎镇痛药物的重要中间体，可由下列反应制得，下列有关化合物 X、Y 和 Z 的说法正确的是 ()



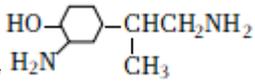
- A. X 既能与盐酸也能与 NaOH 溶液反应
- B. Y 能发生缩聚反应、氧化反应、消去反应
- C. Z 分子中含氧官能团的名称为羟基和羧基
- D. X 与足量 H_2 加成后的产物中含有 5 个手性碳原子

【答案】A

【分析】A. X 含酚羟基、氨基;

B. Y 中羟基与苯环相连;

C. Z 中含酚羟基、酯基;

D. X 与足量 H_2 加成后的产物为  , 连接 4 个不同基团的碳原子具有手性。

12. (3 分) 室温下, 通过下列实验探究 NaHC_2O_4 (K_h 为 NaHC_2O_4 水解平衡常数、 K_{a1} 为 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 电离平衡常数) 溶液的性质。下列有关说法正确的是 ()

实验	实验操作和现象
1	用试纸测定 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液的 pH, 测得约为 5.5
2	向含 $0.1\text{mol NaHC}_2\text{O}_4$ 稀溶液中加入 $0.05\text{mol Ba}(\text{OH})_2$, 产生沉淀
3	向 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液中通入过量 HCl, 无现象
4	向 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液中通入一定量 NH_3 , 测得溶液 pH=7

- A. 实验 1 的溶液中: $c(\text{OH}^-) = K_h \cdot K_{a1} \cdot 10^{-5.5}$
- B. 实验 2 反应静置后的上层清液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{OH}^-)$
- C. 实验 3 得到的溶液中: $c(\text{Na}^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{H}^+)$
- D. 实验 4 所得的溶液中: $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

【答案】D

【分析】A. $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液的 pH, 测得约为 5.5, 该溶液中 $c(\text{H}^+) \approx 10^{-5.5}\text{mol/L}$, $K_h \cdot K_{a1} \cdot 10^{-5.5} = \frac{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} \times \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} \times 10^{-5.5} = c(\text{OH}^-) \times c(\text{H}^+) \times 10^{-5.5}$;

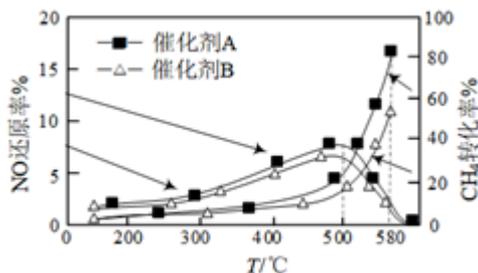
B. 二者反应方程式为 $2\text{NaHC}_2\text{O}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, $n(\text{NaHC}_2\text{O}_4) = 2n[\text{Ba}(\text{OH})_2]$

2], 所以二者恰好完全反应, 混合溶液中溶质为 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;

C. 二者反应方程式为 $\text{NaHC}_2\text{O}_4 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 通入过量 HCl 时, 溶液中溶质为 HCl 、 NaCl 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;

D. 混合溶液 $\text{pH}=7$, 溶液呈中性, 则 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 溶液中存在电荷守恒 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$, 则 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Na}^+) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$, 溶液中存在物料守恒 $c(\text{Na}^+) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ 。

13. (3分) 甲烷还原可消除 NO 污染。将 NO 、 O_2 、 CH_4 混合物按一定体积比通入恒压容器中, 发生如下主要反应: ① $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H_1 < 0$; ② $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H_2 < 0$; ③ $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H_3 < 0$ 。在催化剂 A 和 B 的分别作用下, NO 的还原率和 CH_4 的转化率分别和温度的关系如图所示。下列有关说法正确的是 ()



- A. 使用催化剂可增大 NO 的平衡转化率
 B. 温度越高, 反应②的平衡常数 K 越大
 C. 由图可知, 消除 NO 的最佳条件是 580°C 和催化剂 A
 D. 温度高于 500°C 时, 体系中以反应③为主

【答案】D

【分析】A. 催化剂能加快反应速率, 平衡不移动;

B. 平衡常数只受温度影响, 由温度变化对平衡的影响判断 K 变化;

C. 综合考虑 NO 还原率和甲烷转化率考虑反应催化剂选择;

D. 综合考虑 NO 还原率和甲烷转化率考虑体系主导反应。

二、解答题

14. (15分) 钴的氧化物常用于制取催化剂和颜料等。以钴矿[主要成分是 CoO 、 Co_2O_3 、 $\text{Co}(\text{OH})_3$, 还含 SiO_2 及少量 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CuO 及 MnO_2 等]为原料可制取钴的氧化物。

(1) 一种钴氧化物晶胞如图 1 所示, 该氧化物中钴离子基态核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$ 或 $[\text{Ar}]3d^7$, 该钴的氧化物中钴离子的配位数是 6。

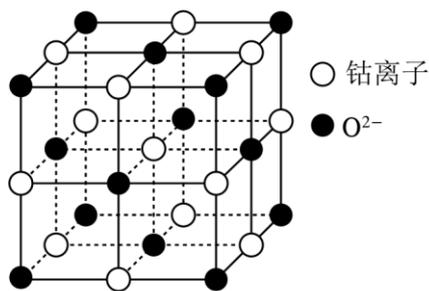


图1

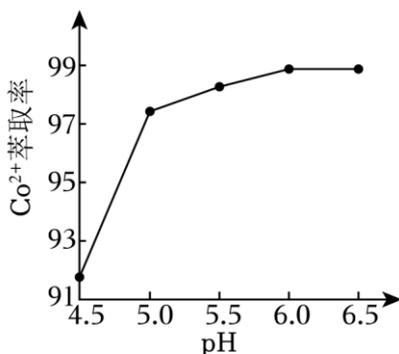


图2

(2) 利用钴矿制取钴的氧化物的主要步骤如下:

①浸取: 用盐酸和 Na_2SO_3 溶液浸取钴矿, 浸取液中含有 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子。写出 Co_2O_3 发生反应的离子方程式 $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$;

②除杂: 向浸取液中先加入足量 NaClO_3 氧化 Fe^{2+} , 再加入 NaOH 调节 pH 除去 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 。有关沉淀数据如表 (“完全沉淀”时金属离子浓度 $\leq 1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$):

沉淀	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
恰好完全沉淀时的 pH	5.2	2.8	9.4	6.7	10.1

若浸取液中 $c(\text{Co}^{2+}) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则须调节溶液 pH 的范围是 $6.7 \leq \text{pH} < 7.4$ (加入 NaClO_3 和 NaOH 时, 溶液的体积变化忽略)。

③萃取、反萃取: 向除杂后的溶液中, 加入某有机酸萃取剂 $(\text{HA})_2$, 发生反应: $\text{Co}^{2+} + n(\text{HA})_2 \rightleftharpoons \text{CoA}_2 \cdot (n-1)(\text{HA})_2 + 2\text{H}^+$ 。实验测得: 当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内, Co^{2+} 萃取率随溶液 pH 的增大而增大 (如图 2 所示), 其原因是 pH 增大, $c(\text{H}^+)$ 减小, 平衡正向进行, Co^{2+} 萃取率增大。向萃取所得有机相中加入 H_2SO_4 , 反萃取得到水相。该工艺中设计萃取、反萃取的目的是 富集、提纯 Co^{2+} (或分离 Co^{2+} 和 Mn^{2+})。

【答案】 (1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$ 或 $[\text{Ar}]3d^7$; 6;

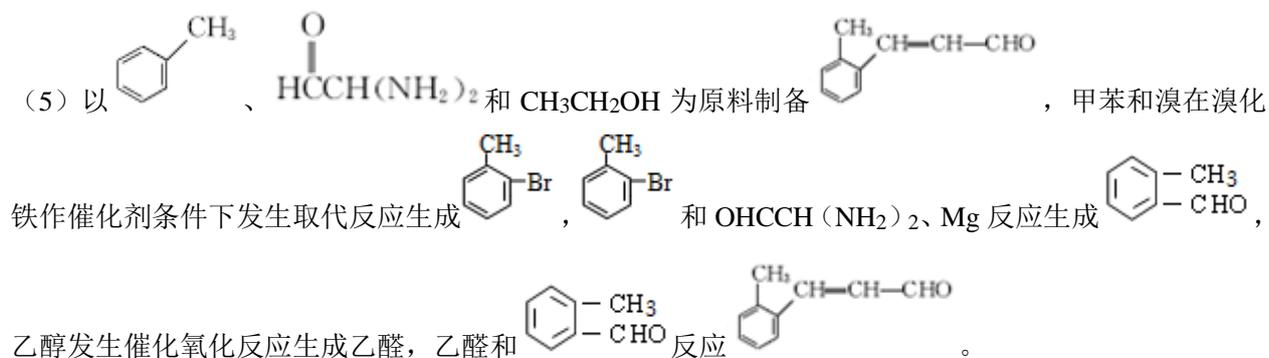
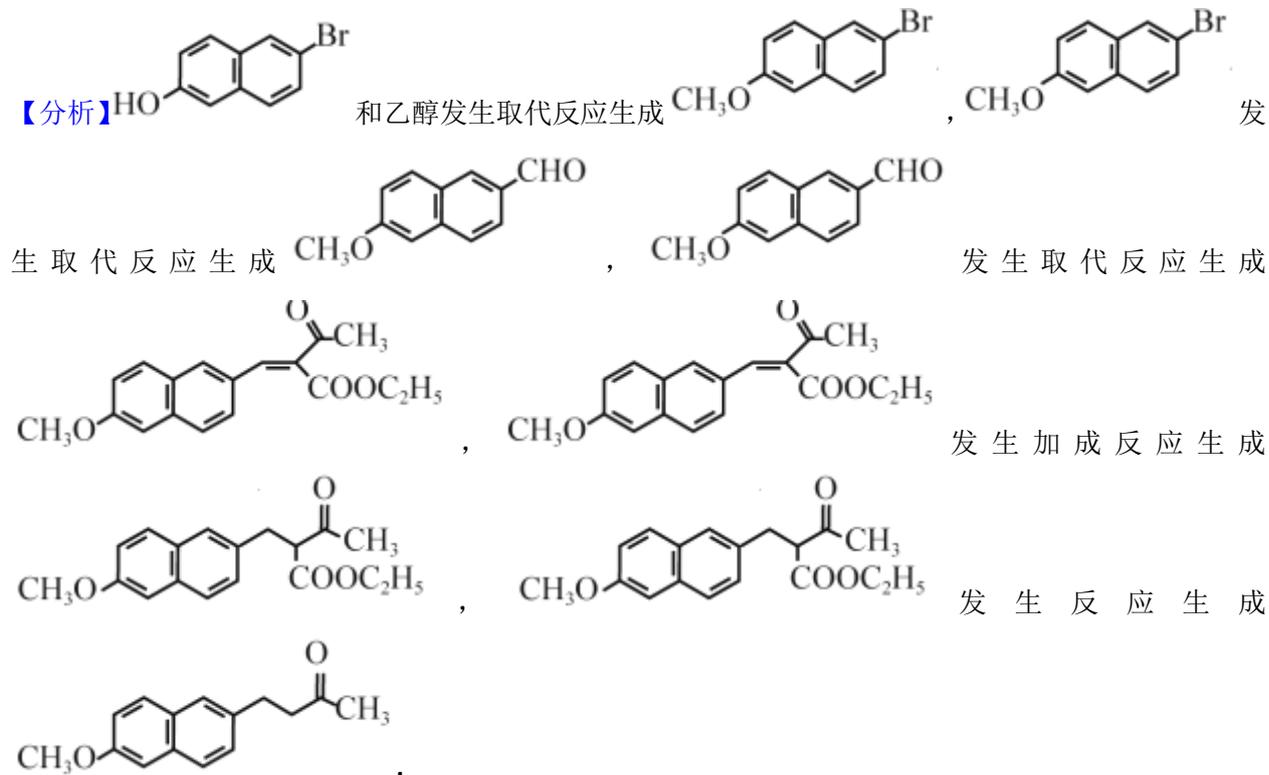
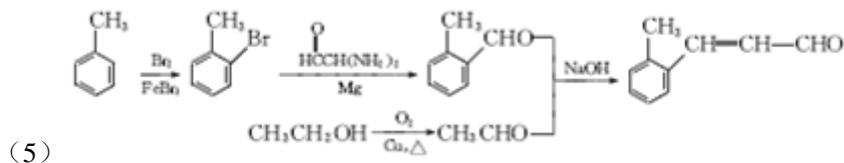
(2) ① $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$;

② $6.7 \leq \text{pH} < 7.4$;

③ pH 增大, $c(\text{H}^+)$ 减小, 平衡正向进行, Co^{2+} 萃取率增大; 富集、提纯 Co^{2+} (或分离 Co^{2+} 和 Mn^{2+})。

【分析】 (1) Co 的原子序数为 27, 失去 2 个电子后得到 Co^{2+} , 该氧化物中位于体心的钴离子, 与其距离最近的氧离子位于 6 个面心;

(2) ① Co_2O_3 在酸性条件下, 把 Na_2SO_3 氧化为 Na_2SO_4 , 自身被还原为 Co^{2+} ;



16. (16分) BaS 是一种重要的无机合成中间体, 可以通过重晶石 (主要成分 BaSO_4 , 还含有 SiO_2 等杂质) 制备得到。工业常以软锰矿 (主要成分 MnO_2) 和 BaS 为原料制备碳酸锰。

(1) 制取 BaS 溶液

将重晶石与活性炭混合均匀, 高温煅烧, 冷却后得重晶石熟料。向重晶石熟料中加入热水, 充分搅拌后过滤, 得 BaS 溶液。

①测定 SiO_2 是晶态还是非晶态, 可靠的科学方法是 对固体进行 X 射线衍射。

②已知: 室温下, $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1.3 \times 10^{-7}$, $K_{a2}(\text{HS}^-) = 7.1 \times 10^{-15}$ 。测得 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ BaS 溶液 $\text{pH} \approx$

13。溶液中 OH^- 、 S^{2-} 、 HS^- 三种离子浓度由大到小的顺序依次是 $c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-) > c(\text{S}^{2-})$ 。

③通过下列实验方法测定重晶石熟料中 BaS 的质量分数:

步骤 I: 准确称取 10.00g 试样, 加适量水, 待可溶物全部溶解, 过滤, 并洗涤沉淀, 将洗涤液与滤液一并转移至 500mL 容量瓶中, 定容、摇匀。

步骤 II: 取 20.00mL 醋酸溶液 (过量) 于锥形瓶中, 再加入 20.00mL $0.08000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 碘标准溶液, 然后再向锥形瓶中加入 10.00mL 步骤 I 所配的试样溶液, 边加边振荡。充分反应后, 硫元素完全转化为硫单质。

步骤 III: 以淀粉为指示剂, 用 $0.05000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定至终点, 发生反应: $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 20.00mL。计算试样中 BaS 的质量分数写出计算过程 92.95%。

(2) 制取高纯碳酸锰

BaS 溶液和软锰矿经反应、过滤、酸溶、净化可制得的 MnSO_4 溶液。

① MnSO_4 溶液和 NH_4HCO_3 固体混合后, 极速反应生成 MnCO_3 。反应方程式为 $2\text{HCO}_3^- + \text{Mn}^{2+} = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

实际制取 MnCO_3 时, 一般选择使用氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液代替 NH_4HCO_3 固体, 这样改进的优点是 增大 $c(\text{CO}_3^{2-})$, 吸收 CO_2 气体, 防止液体外溢, 造成危险。

② 已知: $6.5 < \text{pH} < 7.5$ 时, 碳酸锰产率较高。 $\text{pH} = 8.1$ 时, Mn^+ 开始形成 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 沉淀。请设计以 MnSO_4 溶液、氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液为原料制备高纯碳酸锰的实验方案: 向 MnSO_4 溶液中逐滴加入氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液, 边加边搅拌, 至溶液 pH 在 6.5~7.5 之间, 充分静置后过滤, 用蒸馏水洗涤滤渣, 至取最后一次洗涤滤液, 先加盐酸, 再加氯化钡溶液不出现白色沉淀, 干燥。(实验中须使用的试剂有: 稀盐酸、 BaCl_2 溶液、蒸馏水)

【答案】 (1) ①对固体进行 X 射线衍射; ② $c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-) > c(\text{S}^{2-})$; ③ 92.95%;

(2) ①增大 $c(\text{CO}_3^{2-})$, 吸收 CO_2 气体, 防止液体外溢, 造成危险; ②向 MnSO_4 溶液中逐滴加入氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液, 边加边搅拌, 至溶液 pH 在 6.5~7.5 之间, 充分静置后过滤, 用蒸馏水洗涤滤渣, 至取最后一次洗涤滤液, 先加盐酸, 再加氯化钡溶液不出现白色沉淀, 干燥。

【分析】 (1) ①晶体与非晶体可利用 X 射线衍射鉴别;

②由物料守恒可知, $c(\text{Ba}^{2+}) = c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S}) = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} \approx 13$ 可得 $c(\text{H}^+) = 10^{-13}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-1}$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{c(\text{S}^{2-}) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{HS}^-)} = 7.1 \times 10^{-15}$, $\frac{c(\text{S}^{2-})}{c(\text{HS}^-)} = 7.1 \times 10^{-2}$,

则 $c(\text{HS}^-) > c(\text{S}^{2-})$;

③消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的物质的量为 $0.02 \times 0.05 = 0.001\text{mol}$, 所以 III 消耗 I_2 的物质的量为 0.0005mol , 加入 I_2 的物质的量为 $0.02 \times 0.08 = 0.0016\text{mol}$, 所以 II 中消耗 I_2 的物质的量为 $0.0016\text{mol} - 0.0005\text{mol} =$

0.0011mol, 根据反应 $I_2+S^{2-}=S+2I^-$, 所以 $n(S^{2-})=n(BaS)$, 据此计算 BaS 的质量分数;

(2) ①氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液中 $c(CO_3^{2-})$ 大, 溶液碱性强, 还能吸收 CO_2 气体;

②已知: $6.5 < pH < 7.5$ 时, 碳酸锰产率较高。pH=8.1 时, Mn^{2+} 开始形成 $Mn(OH)_2$ 沉淀, 则以 $MnSO_4$ 溶液、氨水 - NH_4HCO_3 混合溶液为原料制备高纯碳酸锰时需要注意调节溶液 pH, 减小 $Mn(OH)_2$ 沉淀生成, 提高产品纯度。

17. (16 分) 燃煤烟气中的 NO_x 、 SO_2 经处理后可被吸收。

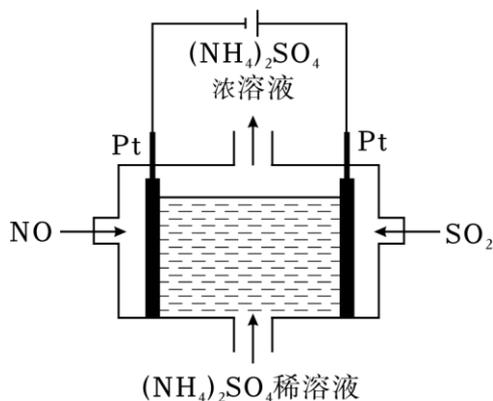


图1

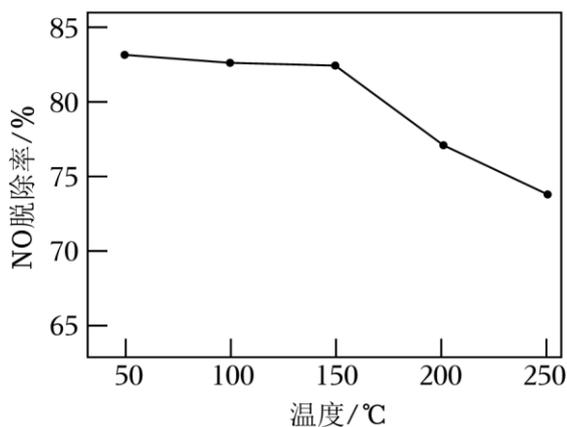


图2

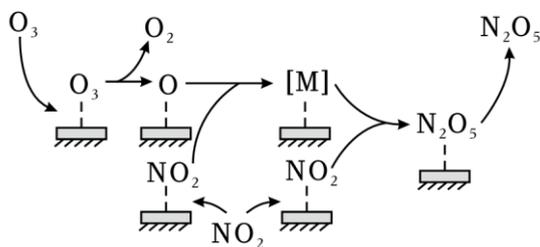
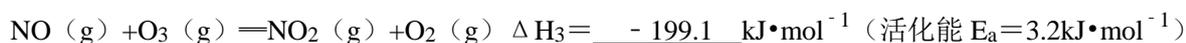


图3

(1) 若烟气主要成分为 NO 、 SO_2 , 可通过电解法除去, 其原理如图 1 所示。阴极的电极反应式为 $NO+5e^-+6H^+=NH_4^++H_2O$ 。电解过程得到产物为 $(NH_4)_2SO_4$ 、 H_2SO_4 。

(2) 若烟气主要成分为 NO_2 、 SO_2 , 可通入 $NaOH$ 溶液将 NO_2 完全转化为 NO_2^- 。则 NO_2 、 SO_2 与 $NaOH$ 反应的离子方程式为 $2NO_2+SO_2+4OH^-=2NO_2^-+SO_4^{2-}+2H_2O$ 。

(3) O_3 氧化性强于 O_2 , 能更有效地氧化 NO 。



②NO 可经 O₃ 处理后再用碱液吸收而实现脱除。为分析氧化时温度对 NO 脱除率的影响，将 NO 与 O₃ 混合反应一段时间，再用碱液吸收氧化后的气体。其他条件相同时，NO 脱除率随 NO 与 O₃ 混合反应时温度变化如图 2 所示。温度在 50~150℃时，随着温度升高，NO 脱除率无明显变化；温度超过 150℃时，随着温度升高，NO 脱除率下降。其可能原因是 50~150℃时，NO 和 O₃ 的活化能低，反应速率快，O₃ 分解的活化能高，反应速率慢，所以 O₃ 分解对 O₃ 氧化 NO 反应的影响不大，但温度高于 150℃时，O₃ 分解速率迅速增加。

(4) 用 O₃ 氧化 NO₂ 时，使用催化剂可提高氧化效率。研究发现 NO₂ 在某催化剂表面被 O₃ 氧化时反应机理如图 3 所示，反应过程中，氮氧化物[M]与 NO₂ 按物质的量 1: 1 反应生成 N₂O₅，[M]的化学式为 NO₃。该催化氧化过程总反应的化学方程式为 O₃+2NO₂==N₂O₅+O₂。

【答案】(1) $\text{NO} + 5\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$; (NH₄)₂SO₄、H₂SO₄;

(2) $2\text{NO}_2 + \text{SO}_2 + 4\text{OH}^- = 2\text{NO}_2^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$;

(3) ① - 199.1;

②50~150℃时，NO 和 O₃ 的活化能低，反应速率快，O₃ 分解的活化能高，反应速率慢，所以 O₃ 分解对 O₃ 氧化 NO 反应的影响不大，但温度高于 150℃时，O₃ 分解速率迅速增加；

(4) NO₃; $\text{O}_3 + 2\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2\text{O}_5 + \text{O}_2$ 。

【分析】(1) 与电源负极相接的电极为阴极、与电源正极相接的为阳极，由图 1 可知，阴极通入 NO、阳极通入 SO₂，NO 在阴极发生得电子的还原反应生成 NH₄⁺，SO₂ 在阳极失电子生成 SO₄²⁻，结合总反应判断产物；

(2) NO₂、SO₂ 和 NaOH 反应时，NO₂ 被还原为 NO₂⁻，则 SO₂ 被氧化为 SO₄²⁻，结合电子守恒、电荷守恒写出反应的离子方程式；

(3) ①反应 I: $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -114\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，反应 II: $2\text{O}_3(\text{g}) = 3\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -284.2\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，

根据盖斯定律： $\frac{1}{2}$ (反应 I+反应 II) 计算 $\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) = \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 的 ΔH_3 ；

②由图可知温度在 50~150℃时，随着温度升高，NO 脱除率较高，说明 O₃ 相对稳定，反应的活化能越低，反应速率越快，所以以 $\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) = \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 为主，O₃ 分解较慢，但温度超过 150℃时，O₃ 分解加速，NO 脱除率下降；

(4) 根据图 3 可知，O₃ 吸附在催化剂表面发生分解生成 O₂ 和活性 O 原子，NO₂ 吸附在催化剂表面形成活性强的 NO₂，催化剂表面的 NO₂ 与 O 原子化合生成 M，则[M]为活性强的 NO₃，NO₃ 与 NO₂ 化合

生成 N_2O_5 ，解吸得到 N_2O_5 ，据此解答。