2021-2022 学年江苏省苏州市高二（下）期末化学试卷

一、单项选择题：包括 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1.（3 分）反应 $HgS+O_2\xlongequal{高温}SO_2+Hg$ 古代用于制汞。下列说法不正确的是（　　）

A．该反应属于置换反应

B．制得 1molHg 理论上转移 2mol 电子

C．HgS 既是氧化剂又是还原剂

D．该方法炼汞污染大

2.（3 分）反应 $CO+2[Ag(NH_3)_2]OH=2Ag\downarrow+(NH_4)_2CO_3+2NH_3$ 可用于检验微量 CO 的存在。下列说法正确的是（　　）

A．NH_3 是非极性分子

B．CO_3^{2-} 的空间构型为三角锥形

C．$[Ag(NH_3)_2]^+$中存在 Ag﹣H σ 键

D．电负性大小：χ（O）＞χ（N）

3.（3 分）下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是（　　）

A．铁粉能与 O_2 反应，可用作食品保存的脱氧剂

B．Al_2O_3 熔点高，可用于工业冶炼铝单质

C．ClO_2 具有还原性，可用于自来水的杀菌消毒

D．$NaHCO_3$ 受热易分解，可用于治疗胃酸过多

阅读下列资料，完成 4～6 题：海水是巨大的宝藏库，其中蕴含的元素有 80 多种。从海水中可获得粗盐，粗盐中含有 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-} 等杂质离子，提纯后所得 NaCl 是氯碱工业、侯氏制碱等的重要化工原料。从晒盐后卤水中可提溴和镁等。

4．海洋资源的综合利用中涉及的原理及相关离子方程式书写均正确的是（　　）

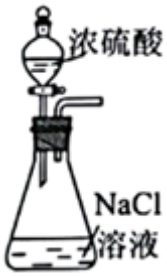
A．用 H_2O_2 从酸化海带灰浸出液中提碘：$2I^-+H_2O_2=I_2+2OH^-$

B．氯气与水反应制氯水：$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons 2H^++Cl^-+ClO^-$

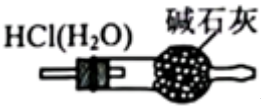
C．除去粗盐中 Mg^{2+}：$Mg^{2+}+CO_3^{2-}=MgCO_3\downarrow$

D．氯碱工业制氯气：$2Cl^-+2H_2O\xlongequal{通电}2OH^-+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$

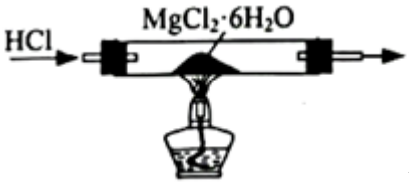
5．实验室模拟工业提镁，其相关原理或装置能达到相应实验目的的是（　　）

A. 

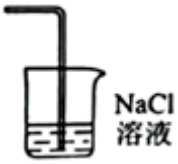
制 HCl 气体

B. 

干燥 HCl

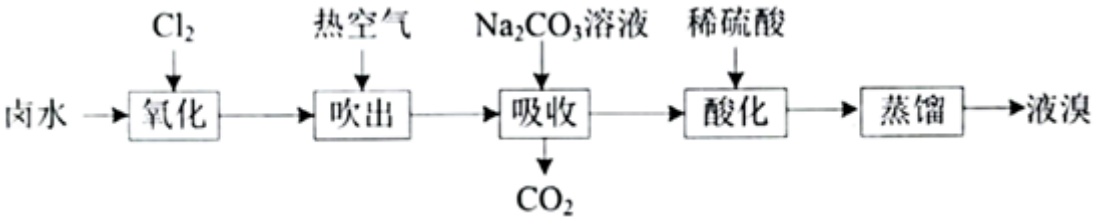
C. 

制无水 $MgCl_2$

D. 

电解 $MgCl_2$ 尾气处理

6．从卤水中提溴的流程如图（已知“吸收”后溶液中有大量 BrO_3^-）。



下列有关说法正确的是（　　）

A．“吹出”步骤是利用热空气中的 O_2 氧化 Br^-

B．“吸收”步骤的化学方程式为：$Br_2+Na_2CO_3═NaBr+NaBrO_3+CO_2$

C．“酸化”步骤理论上每生成 1molBr_2 电子转移 6mol 电子

D．设计“吸收”和“酸化”两步的目的是提高 Br_2 的浓度

7．（3 分）前四周期元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大。基态时，X 和 Z 原子 L 层上均有 2 个未成对电子。W 位于第四周期，基态时其原子核外未成对电子数在同周期中最多。下列说法正确的是（　　）

A．原子半径：r（X）＜r（Y）＜r（Z）

B．第一电离能：I_1（X）＜I_1（Y）＜I_1（Z）

C．Y 的氧化物对应水化物是强酸

D．W 元素位于元素周期表的 VIB 族

8.（3 分）指定条件下，下列选项所示物质间的转化可以实现的是（　　）

A．Al_2O_3（S）$\xrightarrow{NaOH溶液}NaAlO_2$（aq）$\xrightarrow{CO_2}Al(OH)_3$（s）

B．Ca（ClO）$_2$（aq）$\xrightarrow{CO_2}HClO$（aq）$\xrightarrow{光照}Cl_2$（g）

C．SiO_2（s）$\xrightarrow{盐酸}SiCl_4$（aq）$\xrightarrow{H_2}Si$（s）

D．FeS_2（s）$\xrightarrow[高温]{O_2}SO_3$（g）$\xrightarrow{H_2O}H_2SO_4$（浓）

9.（3 分）下列说法正确的是（　　）

A．金刚石与石墨烯中的 C－C－C 夹角都是 120°

B．CH_4、SiH_4、GeH_4 的沸点依次升高

C．Ge 原子基态核外电子排布式为$[Ar]4s^24p^2$

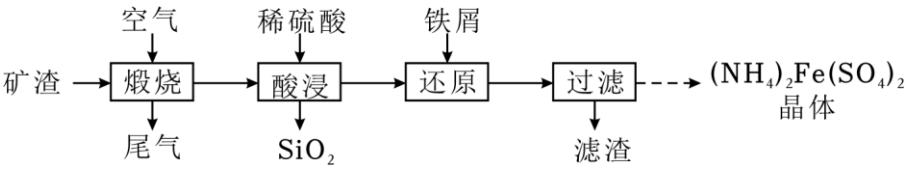
D．CO_2 与 SiO_2 的晶体类型相同

10.（3 分）室温下，下列实验探究方案能达到探究目的的是（　　）

选项	探究方案	探究目的
A	向盛有 $FeSO_4$ 溶液的试管中滴加几滴新制氯水，再滴入几滴 KSCN 溶液，振荡，观察溶液颜色变化	$FeSO_4$ 溶液是否变质
B	向盛有 SO_2 水溶液的试管中滴加几滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，振荡，观察溶液颜色变化	SO_2 具有漂白性
C	向盛有淀粉－KI 溶液的试管中滴加几滴溴水，振荡，观察溶液颜色变化	Br_2 的氧化性比 I_2 强
D	向装有溶液 X 的试管中滴入稀 NaOH 溶液，在试管口放湿润的红色石蕊试纸	检验溶液 X 中是否含有 NH_4^+

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

11.（3 分）利用金属刊渣（含 FeS_2、SiO_2、Cu_2O）制备（NH_4）$_2$Fe（SO_4）$_2$ 晶体的流程如图。



下列说法正确的是（　　）

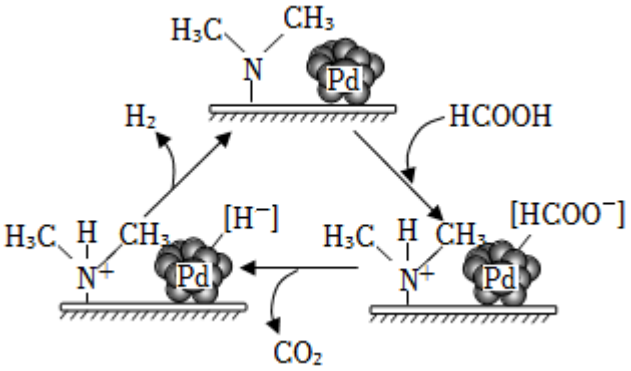
A．“煅烧”产生的尾气可直接排入空气

B．若酸浸后溶液中无 Fe^{2+}，说明“煅烧”过程中 Cu_2O 全部转化为 CuO

C．还原得到溶液中的离子主要有 Fe^{2+}、Cu^{2+}、SO_4^{2-}

D．“滤渣”的成分为 Fe

12．（3 分）在催化剂作用下，HCOOH 分解生成 CO_2 和 H_2 可能的反应机理如图所示。下列说法不正确的是（　　）



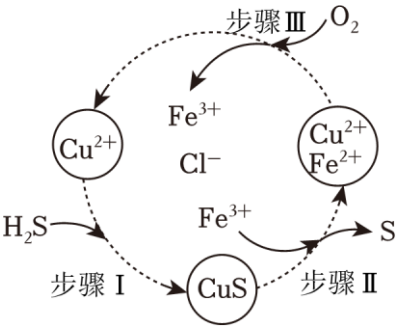
A．第一步转化 N 与 H 间形成的是配位键

B．第三步转化涉及极性键的断裂与非极性键的生成

C．若用 HCOOD 代替 HCOOH，反应除生成 CO_2 外，还生成 D_2

D．若用 HCOOK 溶液代替 HCOOH 最终所得气体中 CO_2 的量会减少

13．（3 分）将 H_2S 和空气的混合气体通入 $FeCl_3$、$FeCl_2$、$CuCl_2$ 的混合溶液中反应回收 S，其物质转化如图所示。下列说法不正确的是（　　）



A．步骤Ⅱ反应的离子方程式：$2Fe^{3+}+S^{2-}=2Fe^{2+}+S\downarrow$

B．有 1molH_2S 转化为硫单质时，理论上消耗 O_2 的物质的量为 0.5mol[若溶液中 n（Fe^{3+}）不变]

C．在图示转化中，化合价不变的元素有铜、氢和氯

D．提高混合气体中空气比例，充分搅拌，可以使得到的 S 中不含 CuS

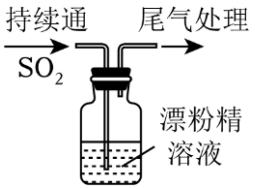
14．（3 分）某学生对 SO_2 与漂粉精（由 Cl_2 与石灰乳制得）溶液的反应进行实验探究：

实验Ⅰ．取 4g 漂粉精，加入 100mL 水，固体部分溶解，过滤得漂粉精溶液。

实验Ⅱ．测得漂粉精溶液的 pH 约为 12，稍后 pH 试纸褪色。

实验Ⅲ．如图进行实验，先出现浑浊；稍后溶液变为黄绿色；最后黄绿色褪去，产生大量白色沉淀。

下列说法正确的是（　　）



A．实验Ⅰ、Ⅱ说明 Ca（ClO）$_2$ 溶液有碱性和漂白性

B．SO_2 与漂粉精溶液反应会导致溶液的酸性增强

C．实验Ⅲ溶液变为黄绿色是因为 SO_2 与 ClO^- 反应生成 Cl_2 溶于水

D．产生的大量白色沉淀其主要成分是 $CaSO_3$

二、非选择题：共 4 题，共 58 分。

15．（14 分）NH_3BH_3（氨硼烷）储氢量高，是具有广泛应用前景的储氢材料。

元素	H	B	N
电负性	2.1	2.0	3.0

（1）氨硼烷的结构

①1molNH_3BH_3 中 σ 键的数目为 _____。

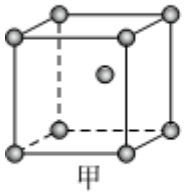
②NH_3BH_3 熔点 104℃，CH_3CH_3 熔点﹣183.3℃。两者熔点差异较大的原因是 _____。

（2）氨硼烷水解释氢

①氨硼烷水解释氢需要在金属型催化剂（如 Fe、Pt 等）催化下进行。写出基态 Fe 原子的核外电子排布式：_____。

②铁的甲、乙两种晶胞（所示图形为正方体）结构示意如图 1 所示。甲、乙晶胞所含铁原子个数比为 _____。

③氨硼烷水解释氢时转化为 NH_4BO_2，写出水解释氢的化学方程式 _____。



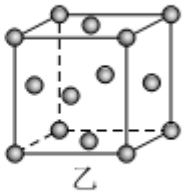


图1

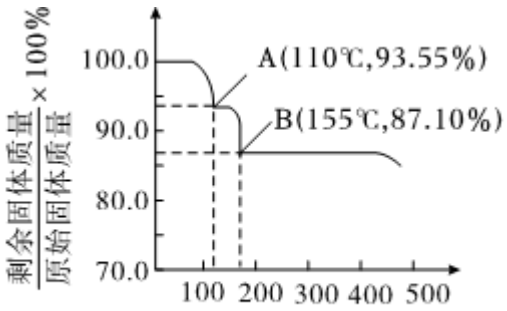


图2

（3）氨硼烷热分解释氢

①氨硼烷受热时固体残留率随温度的变化如图 2 所示。110℃时残留固体的化学式可能为 _____。

②若 B 点一种产物的最简式就是分子式，该产物分子中 σ 键：π 键＝_____。

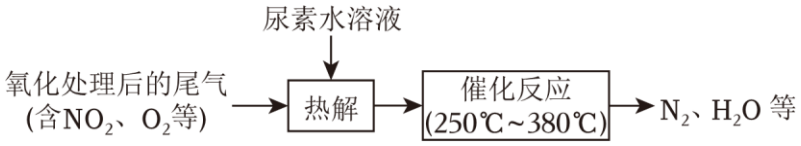
16.（14 分）工业或机动车尾气中的 NO_x 会造成环境问题，可用多种方法脱除。

（1）碱液吸收：NaOH 溶液可吸收硝酸工业尾气（含 NO、NO_2），获得副产品 $NaNO_2$。

①等物质的量 NO 与 NO_2 被 NaOH 溶液吸收，反应的离子方程式为 _____。

②若吸收时 NO 与 NO_2 比例控制不当，则吸收液经浓缩结晶、过滤得到 $NaNO_2$ 晶体中最有可能混有的杂质是 _____（填化学式）。排放的尾气中含量较高的氮氧化物是 _____（填化学式）。

（2）还原法：尿素水溶液热解产生的 NH_3 可去除尾气中的 NO_x，流程如图：



①尿素[CO（NH_2）$_2$]中氮元素的化合价为 _____。

②写出“催化反应”过程中 NH_3 还原 NO_2 的化学方程式 _____。

③若氧化处理后的尾气中混有 SO_2，此时催化剂表面会因为覆盖部分硫酸盐而导致催化剂中毒，降低 NO_x 的去除率。试分析硫酸盐的产生过程 _____。

④“催化反应”过程中需控制温度在 250℃～380℃之间。温度过高，NO_x 的去除率下降，其原因可能是温度过高催化剂的活性降低和 _____。

17.（15 分）α－Fe_2O_3 是一种优质的软磁性材料，用 $FeSO_4$ 溶液通过两步可制 α－Fe_2O_3：

①氧化制铁黄[FeO（OH），不溶于水]；

②煅烧铁黄制 α－Fe_2O_3。

Ⅰ．氧化制铁黄

向一定浓度的 $FeSO_4$ 溶液中滴加氨水，至混合液 pH 约为 6.5 时停止滴加，产生白色沉淀（带灰绿色）；

通入氧气，生成铁黄晶体。通氧气过程中溶液 pH 随时间的变化如图 1 所示。

已知：25℃时 $K_{sp}[Fe(OH)_2]=8.0\times10^{-16}$。

（1）25℃时，滴氨水至混合液 pHH 约为 6.5 时，溶液中残留的 $c(Fe^{2+})=$_____。

（2）0～t_1 段，溶液 pH 随氧气通入基本保持不变。请结合化学方程式分析该过程中溶液 pH 基本保持不变的原因 _____。

（3）t_1～t_2 段，溶液 pH 随氧气通入明显变小。请结合化学方程式分析该过程中溶液 pH 明显变小的原因 _____。

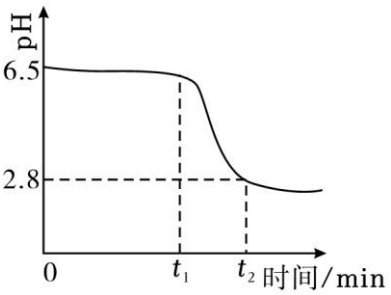


图1

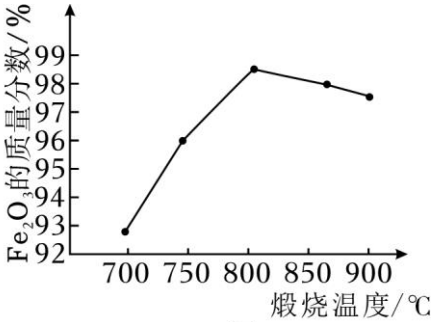


图2

Ⅱ．煅烧制 α－Fe_2O_3

（4）将所得铁黄晶体洗净后煅烧，得 α－Fe_2O_3。图 2 为其他条件相同时不同煅烧温度对产品中 Fe_2O_3 质量分数的影响。当煅烧温度高于 800℃时，产品中 Fe_2O_3 质量分数降低，铁元素质量分数升高，其可能原因是 _____。

（5）煅烧 $FeCO_3$ 也能生成 α－Fe_2O_3。实验室以 100mL0.1mol·$L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液为原料制备高产率、较纯净的 α－Fe_2O_3。已知：$Fe(OH)_2$ 开始沉淀的 pH＝6.5，请补充完整实验方案：在搅拌下 _____，将固体干燥，得到纯净的 $FeCO_3$ 放入管式炉内煅烧 2h，获得产品 α－Fe_2O_3。（必须使用的试剂：0.1mol·$L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液、2mol·L^{-1} 盐酸、$BaCl_2$ 溶液、蒸馏水）

18．（15 分）对燃煤烟气或煤浆进行脱硫能有效降低排入大气中的 SO_2 含量。

Ⅰ．燃煤烟气脱硫

软锰矿浆（主要成分 MnO_2，含有少量铁、铝等氧化物）可脱除燃煤烟气中的 SO_2，又可制得电池材料 MnO_2。主要流程如图 1：

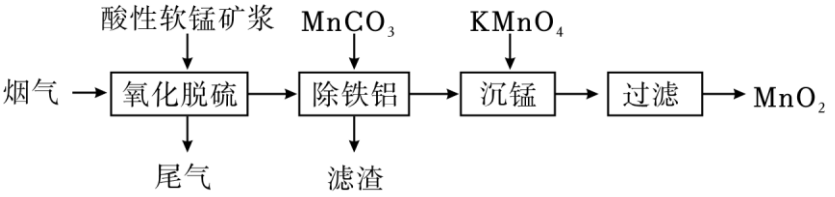


图1

（1）“除铁铝”步骤所得滤渣的主要成分为 _____。

（2）写出“沉锰”步骤发生反应的离子方程式 _____。

（3）为了测算所需脱硫剂的大致用量，需对烟气中 SO_2 含量进行测定。方法是将烟气以一定流速通过装有 5mL0.010mol· L^{-1} 的 I_2 标准溶液（滴入淀粉溶液作指示剂，并加蒸馏水稀释成 50mL），以 0.2L· min^{-1} 的流量进行采样，记录淀粉溶液褪色的时间为 5min。

①计算该烟气中 SO_2 含量。（以 mg· L^{-1} 为单位，写出计算过程） _____。

②某小组同学认为用一定浓度 NaOH 标准溶液（酚酞溶液作指示剂）也可测定烟气中 SO_2 含量。该方案是否可行，请说出理由 _____。

Ⅱ．煤浆脱硫

（4）煤浆中的 FeS_2 可用软锰矿粉在酸性条件下进行脱除，Fe^{3+}对该反应有催化作用，其催化原理如图 2 所示。

①X 的化学式为 _____。

②写出足量 MnO_2 脱除 FeS_2 总反应的离子方程式 _____。

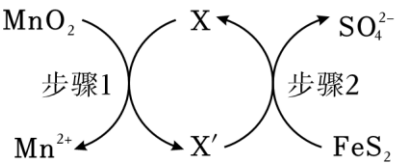


图2

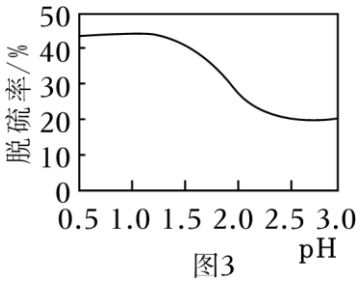


图3

③煤浆的脱硫率（$\frac{\text{溶于水中的硫元素质量}}{\text{煤样中硫元素总质量}}$）与溶液起始 pH 的关系如图 3 所示。pH 大于 1.5 后脱硫率下降的可能原因有：随着 pH 的升高，反应物的氧化能力或还原能力降低：_____。

2021-2022 学年江苏省苏州市高二（下）期末化学试卷

参考答案与试题解析

一、单项选择题：包括 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1.（3 分）反应 $HgS+O_2\xlongequal{高温}SO_2+Hg$ 古代用于制汞。下列说法不正确的是（　　）

A．该反应属于置换反应

B．制得 1molHg 理论上转移 2mol 电子

C．HgS 既是氧化剂又是还原剂

D．该方法炼汞污染大

【答案】B

【分析】A.一种单质和一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的反应为置换反应；

B.反应 $HgS+O_2\xlongequal{高温}SO_2+Hg$ 转移 6mol 电子，生成 1molHg；

C.在反应中，HgS 中 Hg 元素的化合价降低，S 元素的化合价升高；

D.该方法炼汞生成的二氧化硫气体有污染。

【解答】解：A.一种单质和一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的反应为置换反应，此反应属于置换反应，故 A 正确；

B.反应 $HgS+O_2\xlongequal{高温}SO_2+Hg$ 中 S 元素的化合价由﹣2 价升高为+4 价，转移 6mol 电子，生成 1molHg，制故得 1molHg 理论上转移 6mol 电子，故 B 错误；

C.在反应中，HgS 中 Hg 元素的化合价降低，被还原，HgS 作氧化剂，而 S 元素的化合价升高，被氧化，HgS 作还原剂，即 HgS 既作氧化剂又作还原剂，故 C 正确；

D.该方法炼汞生成的二氧化硫气体有毒，是一种大气污染物，故 D 正确；

故选：B。

2.（3 分）反应 $CO+2[Ag(NH_3)_2]OH=2Ag\downarrow+(NH_4)_2CO_3+2NH_3$ 可用于检验微量 CO 的存在。下列说法正确的是（　　）

A．NH_3 是非极性分子

B．CO_3^{2-} 的空间构型为三角锥形

C．$[Ag(NH_3)_2]^+$ 中存在 Ag﹣H σ 键

D．电负性大小：χ（O）＞χ（N）

【答案】D

【分析】A．正负电荷中心重合的分子为非极性分子，正负电荷中心不重合的分子为极性分子；

B．CO_3^{2-}中 C 原子价层电子对数＝3+$\frac{4+2-3\times2}{2}$＝3 且 C 原子不含孤电子对；

C．Ag^+和配位原子之间存在配位键、氨气分子中存在共价键；

D．同一周期元素的电负性从左到右逐渐增大。

【解答】解：A．氨气分子为三角锥形，该分子的正负电荷中心不重合，所以为极性分子，故 A 错误；

B．CO_3^{2-}中 C 原子价层电子对数＝3+$\frac{4+2-3\times2}{2}$＝3 且 C 原子不含孤电子对，为平面正三角形结构，故 B 错误；

C．Ag^+和 N 原子之间存在配位键，氨气分子中存在 N﹣H 共价键，不存在 Ag﹣Hσ 键，故 C 错误；

D．O 和 N 位于第二周期，并且 O 的原子序数大，则电负性：χ（O）＞χ（N），故 D 正确；

故选：D。

3.（3 分）下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是（　　）

A．铁粉能与 O_2 反应，可用作食品保存的脱氧剂

B．Al_2O_3 熔点高，可用于工业冶炼铝单质

C．ClO_2 具有还原性，可用于自来水的杀菌消毒

D．$NaHCO_3$ 受热易分解，可用于治疗胃酸过多

【答案】A

【分析】A．铁粉具有还原性，能与 O_2 反应；

B．Al_2O_3 是离子化合物，熔融状态下能导电；

C．ClO_2 具有强氧化性，能使蛋白质变性；

D．$NaHCO_3$ 溶液呈弱碱性，能与盐酸反应。

【解答】解：A．铁粉具有还原性，能与 O_2 反应，可用作食品保存的脱氧剂，故 A 正确；

B．Al_2O_3 是离子化合物，熔融状态下能导电，可用于冶炼金属铝，与 Al_2O_3 熔点高无关，故 B 错误；

C．ClO_2 具有强氧化性，能使蛋白质变性，可用于自来水的杀菌消毒，杀菌消毒与其还原性无关，故 C 错误；

D．$NaHCO_3$ 是弱酸强碱盐，其水溶液呈弱碱性，能与盐酸反应，可用于治疗胃酸过多，与 $NaHCO_3$ 受热易分解无关，故 D 错误；

故选：A。

阅读下列资料，完成 4～6 题：海水是巨大的宝藏库，其中蕴含的元素有 80 多种。从海水中可获得粗盐，

粗盐中含有 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-} 等杂质离子，提纯后所得 NaCl 是氯碱工业、侯氏制碱等的重要化工原料。从晒盐后卤水中可提溴和镁等。

4．海洋资源的综合利用中涉及的原理及相关离子方程式书写均正确的是（　　）

A．用 H_2O_2 从酸化海带灰浸出液中提碘：$2I^-+H_2O_2=I_2+2OH^-$

B．氯气与水反应制氯水：$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons 2H^++Cl^-+ClO^-$

C．除去粗盐中 Mg^{2+}：$Mg^{2+}+CO_3^{2-}=MgCO_3\downarrow$

D．氯碱工业制氯气：$2Cl^-+2H_2O\xlongequal{通电}2OH^-+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$

【答案】D

【分析】A．酸性溶液中不能生成氢氧根离子；

B．生成的 HClO 为弱酸，在离子反应中保留化学式；

C．粗盐中加 NaOH 除去镁离子；

D．电解饱和食盐水生成 NaOH、氢气和氯气。

【解答】解：A．酸性溶液中不能生成氢氧根离子，则用 H_2O_2 从酸化海带灰浸出液中提碘的离子反应为 $2H^++2I^-+H_2O_2=I_2+2H_2O$，故 A 错误；

B．生成的 HClO 为弱酸，在离子反应中保留化学式，则氯气与水反应的离子反应为 $Cl_2+H_2O\rightleftharpoons H^++Cl^-+HClO$，故 B 错误；

C．粗盐中加 NaOH 除去镁离子，则除去粗盐中 Mg^{2+}的离子反应为 $Mg^{2+}+2OH^-=Mg(OH)_2\downarrow$，故 C 错误；

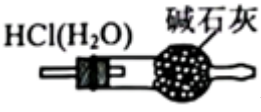
D．电解饱和食盐水生成 NaOH、氢气和氯气，则氯碱工业制氯气的离子反应为 $2Cl^-+2H_2O\xlongequal{通电}2OH^-+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$，故 D 正确；

故选：D。

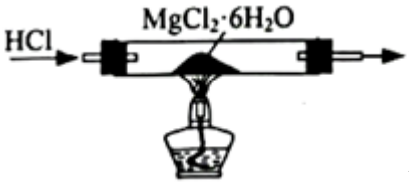
5．实验室模拟工业提镁，其相关原理或装置能达到相应实验目的的是（　　）

A．

制 HCl 气体

B． 

干燥 HCl

C. 

制无水 $MgCl_2$

D.

电解 $MgCl_2$ 尾气处理

【答案】C

【分析】A．浓硫酸难挥发，HCl 极易溶于水；

B．HCl 与碱石灰反应；

C．HCl 可抑制镁离子的水解；

D．NaCl 溶液不能吸收尾气。

【解答】解：A．浓硫酸难挥发，HCl 极易溶于水，不能制备 HCl，故 A 错误；

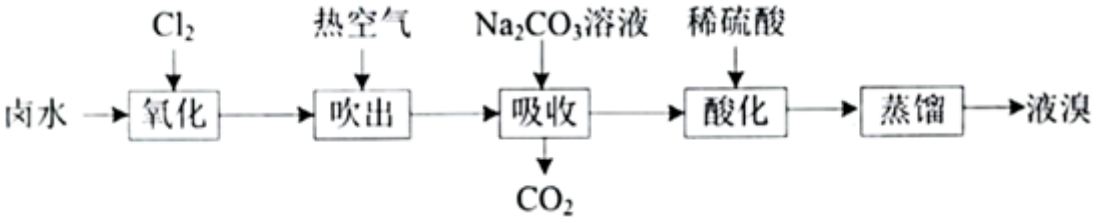
B．HCl 与碱石灰反应，不能干燥 HCl，故 B 错误；

C．HCl 可抑制镁离子的水解，可制无水 $MgCl_2$，故 C 正确；

D．NaCl 溶液不能吸收尾气，应选 NaOH 溶液吸收尾气，故 D 错误；

故选：C。

6．从卤水中提溴的流程如图（已知“吸收”后溶液中有大量 BrO_3^-）。



下列有关说法正确的是（　　）

A．“吹出”步骤是利用热空气中的 O_2 氧化 Br^-

B．“吸收”步骤的化学方程式为：$Br_2+Na_2CO_3═NaBr+NaBrO_3+CO_2$

C．“酸化”步骤理论上每生成 1molBr_2 电子转移 6mol 电子

D．设计“吸收”和“酸化”两步的目的是提高 Br_2 的浓度

【答案】D

【分析】由流程可知，通入氯气发生 $2Br^-+Cl_2=2Cl^-+Br_2$，热空气吹出溴，再加入碳酸钠发生 $3Br_2+3CO_3^{2-}═BrO_3^-+5Br^-+3CO_2↑$，加入硫酸发生 $BrO_3^-+5Br^-+6H^+=3Br_2+3H_2O$，最后蒸馏分离出溴，以此来

解答。

【解答】解：A．溴单质易挥发，“鼓入热空气”可以将其吹出，故 A 错误；

B．“吸收”步骤发生 $3Br_2+3CO_3^{2-}=BrO_3^-+5Br^-+3CO_2\uparrow$，故 B 错误；

C．由 $BrO_3^-+5Br^-+6H^+=3Br_2+3H_2O$，可知每生成 1mol$Br_2$ 电子转移 5mol 电子，故 C 错误；

D．卤水中溴离子浓度较低，设计“吸收”和“酸化”两步的目的是提高 Br_2 的浓度，故 D 正确；

故选：D。

7．（3 分）前四周期元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大。基态时，X 和 Z 原子 L 层上均有 2 个未成对电子。W 位于第四周期，基态时其原子核外未成对电子数在同周期中最多。下列说法正确的是（　　）

A．原子半径：r（X）＜r（Y）＜r（Z）

B．第一电离能：I_1（X）＜I_1（Y）＜I_1（Z）

C．Y 的氧化物对应水化物是强酸

D．W 元素位于元素周期表的 VIB 族

【答案】D

【分析】前四周期元素 X、Y、Z、M 为原子序数依次增大，X 和 Z 基态原子 L 层上均有 2 个未成对电子，价电子排布式分别为 $2s^22p^2$、$2s^22p^4$，则 X 为 C 元素，Z 为 O 元素，Y 位于 X 与 Z 中间，则 Y 为 N 元素，W 位于第四周期，基态时其原子核外未成对电子数在同周期中最多，3d 轨道半充满，基态原子核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^54s^1$，则 W 为 Cr 元素；

A．同周期元素从左向右原子半径逐渐减小；

B．同周期元素从左向右第一电离能呈增大趋势，N 的 2p 能级处于半充满稳定状态，其第一电离能大于同周期相邻元素；

C．HNO_2 为弱酸；

D．W 价电子排布式为 $3d^54s^1$。

【解答】解：A．同周期元素从左向右原子半径逐渐减小，则原子半径：O＜N＜C，故 A 错误；

B．同周期元素从左向右第一电离能呈增大趋势，N 的 2p 能级处于半充满稳定状态，其第一电离能大于同周期相邻元素，则第一电离能：N＞O＞C，故 B 错误；

C．N 的最高价氧化物对应的水化物为 HNO_3，HNO_3 为强酸，而 HNO_2 为弱酸，故 C 错误；

D．W 价电子排布式为 $3d^54s^1$，位于周期表的 VIB 族，故 D 正确；

故选：D。

8．（3 分）指定条件下，下列选项所示物质间的转化可以实现的是（　　）

A．Al_2O_3（S）$\xrightarrow{NaOH溶液}$$NaAlO_2$（aq）$\xrightarrow{CO_2}$Al（OH）$_3$（s）

B．Ca（ClO）$_2$（aq）$\xrightarrow{CO_2}$HClO（aq）$\xrightarrow{光照}$$Cl_2$（g）

C．SiO_2（s）$\xrightarrow{盐酸}$$SiCl_4$（aq）$\xrightarrow{H_2}$Si（s）

D．FeS_2（s）$\xrightarrow[高温]{O_2}$$SO_3$（g）$\xrightarrow{H_2O}$ H_2SO_4（浓）

【答案】A

【分析】A．Al_2O_3（s）属于两性氧化物，可溶于 NaOH 溶液反应生成 $NaAlO_2$（aq），向 $NaAlO_2$ 溶液中通入 CO_2 反应生成 Al（OH）$_3$（s），属于强酸制弱酸的反应；

B．HClO 见光分解生成 HCl（aq）和 O_2；

C．二氧化硅与盐酸不反应；

D．FeS_2 与氧气生成二氧化硫。

【解答】解：A．Al_2O_3（s）溶于 NaOH 溶液反应生成 $NaAlO_2$（aq），向 $NaAlO_2$ 溶液中通入 CO_2 反应生成 Al（OH）$_3$（s），故 A 正确；

B．Ca（ClO）$_2$（aq）通入 CO_2 生成碳酸钙和 HClO（aq），HClO 见光分解生成 HCl（aq）和 O_2，故 B 错误；

C．二氧化硅与盐酸不反应，二氧化硅与 C 先生成粗硅，粗硅再与氯气反应生成四氯化硅，故 C 错误；

D．FeS_2 与氧气生成二氧化硫，二氧化硫催化氧化生成三氧化硫，故 D 错误；

故选：A。

9．（3 分）下列说法正确的是（　　）

A．金刚石与石墨烯中的 C－C－C 夹角都是 120°

B．CH_4、SiH_4、GeH_4 的沸点依次升高

C．Ge 原子基态核外电子排布式为[Ar]$4s^24p^2$

D．CO_2 与 SiO_2 的晶体类型相同

【答案】B

【分析】A.金刚石中 C 原子为 sp^3 杂化，石墨烯中 C 原子为 sp^2 杂化；

B.CH_4、SiH_4、GeH_4 均为分子晶体，相对分子质量逐渐增大；

C.Ge 位于第四周期第ⅣA 族，核外有 32 个电子；

D.CO_2 为分子晶体，SiO_2 为共价晶体。

【解答】解：A.金刚石中 C 原子为 sp^3 杂化，故碳碳键夹角为 109°28′，石墨烯中 C 原子为 sp^2 杂化，

碳碳键夹角为 120°，故 A 错误；

B.CH_4、SiH_4、GeH_4 均为分子晶体，相对分子质量逐渐增大，分子间作用力逐渐增大，沸点逐渐升高，故 B 正确；

C.Ge 位于第四周期第ⅣA 族，核外有 32 个电子，基态核外电子排布式为$[Ar]3d^{10}4s^24p^2$，故 C 错误；

D.CO_2 为分子晶体，SiO_2 为共价晶体，晶体类型不同，故 D 错误；

故选：B。

10.（3 分）室温下，下列实验探究方案能达到探究目的的是（　　）

选项	探究方案	探究目的
A	向盛有 $FeSO_4$ 溶液的试管中滴加几滴新制氯水，再滴入几滴 KSCN 溶液，振荡，观察溶液颜色变化	$FeSO_4$ 溶液是否变质
B	向盛有 SO_2 水溶液的试管中滴加几滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，振荡，观察溶液颜色变化	SO_2 具有漂白性
C	向盛有淀粉﹣KI 溶液的试管中滴加几滴溴水，振荡，观察溶液颜色变化	Br_2 的氧化性比 I_2 强
D	向装有溶液 X 的试管中滴入稀 NaOH 溶液，在试管口放湿润的红色石蕊试纸	检验溶液 X 中是否含有 NH_4^+

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

【答案】C

【分析】A．氯水可氧化亚铁离子，KSCN 溶液可检验铁离子；

B．二氧化硫可被酸性高锰酸钾溶液氧化；

C．溴可氧化 KI 生成碘；

D．滴入稀 NaOH 溶液，可能生成一水合氨。

【解答】解：A．氯水可氧化亚铁离子，KSCN 溶液可检验铁离子，应直接加 KSCN 溶液检验是否变质，故 A 错误；

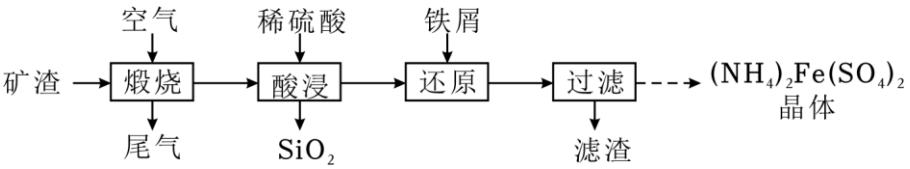
B．二氧化硫可被酸性高锰酸钾溶液氧化，溶液褪色，可知二氧化硫具有还原性，故 B 错误；

C．溴可氧化 KI 生成碘，淀粉遇碘单质变蓝，可知 Br_2 的氧化性比 I_2 强，故 C 正确；

D．滴入稀 NaOH 溶液，可能生成一水合氨，由实验操作和现象可知，X 中可能含有 NH_4^+，故 D 错误；

故选：C。

11．（3 分）利用金属刊渣（含 FeS_2、SiO_2、Cu_2O）制备（NH_4）$_2$Fe（SO_4）$_2$ 晶体的流程如图。



下列说法正确的是（　　）

A．“煅烧”产生的尾气可直接排入空气

B．若酸浸后溶液中无 Fe^{2+}，说明“煅烧”过程中 Cu_2O 全部转化为 CuO

C．还原得到溶液中的离子主要有 Fe^{2+}、Cu^{2+}、SO_4^{2-}

D．“滤渣”的成分为 Fe

【答案】B

【分析】矿渣经过空气煅烧，其中的 FeS_2 被氧化生成氧化铁和二氧化硫，Cu_2O 被 氧化成 CuO，再经过稀硫酸酸化，氧化铁和氧化铜反应生成硫酸铁和硫酸铜，二氧化硅不反应通过过滤除去，再加入还原铁粉，将铁离子还原为亚铁离子，铜离子还原为单质铜，再过滤除去铜和过量的铁，再经过一系列操作即可得到硫酸亚铁铵晶体。

【解答】解：A．煅烧产生的尾气是二氧化硫，会污染空气，不能直接排放在空气中，故 A 错误；

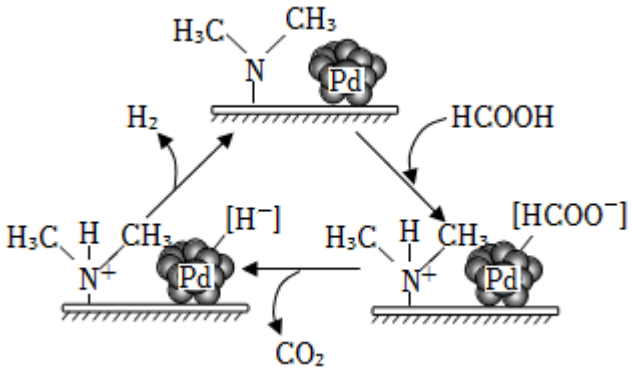
B．如果煅烧过程中 Cu_2O 没有全部转化为 CuO，与酸反应之后会有单质铜生成，铜会与铁离子反应生成亚铁离子，如果没有亚铁离子，则说明煅烧过程中 Cu_2O 没有全部转化为 CuO，故 B 正确；

C．还原得到的溶液中主要含有的离子是亚铁离子和硫酸根离子，没有铜离子，故 C 错误；

D．滤渣的成分主要是铜和过量的铁，故 D 错误；

故选：B。

12．（3 分）在催化剂作用下，HCOOH 分解生成 CO_2 和 H_2 可能的反应机理如图所示。下列说法不正确的是（　　）



A．第一步转化 N 与 H 间形成的是配位键

B．第三步转化涉及极性键的断裂与非极性键的生成

C．若用 HCOOD 代替 HCOOH，反应除生成 CO_2 外，还生成 D_2

D．若用 HCOOK 溶液代替 HCOOH 最终所得气体中 CO_2 的量会减少

【答案】C

【分析】A．一个原子提供孤电子对，另一个原子提供轨道，形成的共价键是配位键；

B．不同的原子之间形成极性键，相同的原子之间形成的是非极性键；

C．根据反应机理图可知，反应的本质为 HCOOD 脱去 CO_2；

D．HCOOK 溶液呈碱性，CO_2 可以溶于碱性溶液。

【解答】解：A．第一步转化 N 与 H 间，N 原子提供孤电子对，H 原子提供轨道，形成的是配位键，故 A 正确；

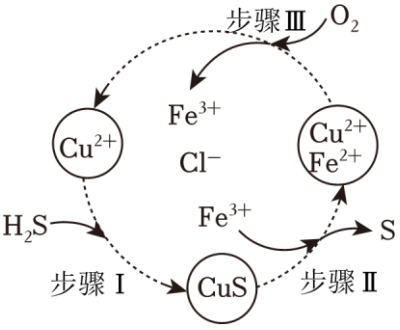
B．第三步转化涉及 N﹣H 极性键的断裂与 H﹣H 非极性键的生成，故 B 正确；

C．若用 HCOOD 代替 HCOOH，根据反应机理图可知，反应除生成 CO_2 外，还生成 HD，故 C 错误；

D．HCOOK 溶液呈碱性，CO_2 可以溶于碱性溶液，若用 HCOOK 溶液代替 HCOOH，最终所得气体中 CO_2 的量会减少，故 D 正确；

故选：C。

13．（3 分）将 H_2S 和空气的混合气体通入 $FeCl_3$、$FeCl_2$、$CuCl_2$ 的混合溶液中反应回收 S，其物质转化如图所示。下列说法不正确的是（　　）



A．步骤Ⅱ反应的离子方程式：$2Fe^{3+}+S^{2-}=2Fe^{2+}+S\downarrow$

B．有 1molH_2S 转化为硫单质时，理论上消耗 O_2 的物质的量为 0.5mol[若溶液中 n（Fe^{3+}）不变]

C．在图示转化中，化合价不变的元素有铜、氢和氯

D．提高混合气体中空气比例，充分搅拌，可以使得到的 S 中不含 CuS

【答案】A

【分析】根据图示可知，步骤Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的反应分别为：$Cu^{2+}+H_2S=CuS\downarrow+2H^+$、$CuS+2Fe^{3+}=2Fe^{2+}+S+Cu^{2+}$、$4Fe^{2+}+O_2+4H^+=4Fe^{3+}+2H_2O$，当溶液中 n（$Fe^{3+}$）不变时，总反应为：$2H_2S+O_2\xlongequal{\text{铜离子}}2S\downarrow+2H_2O$，据此分析。

【解答】解：A.CuS 是沉淀，不能拆，步骤Ⅱ反应的离子方程式为 $CuS+2Fe^{3+}=2Fe^{2+}+S+Cu^{2+}$，故 A 错误；

B.根据总反应可知，若溶液中 n（Fe^{3+}）不变时，有 1molH_2S 转化为硫单质时，理论上消耗 O_2 的物质的量为 0.5mol，故 B 正确；

C.在图示转化中，铜、氢和氯元素的化合价不变，铁、硫、氧元素的化合价发生了改变，故 C 正确；

D.提高混合气体中空气比例，充分搅拌，能使 Fe^{3+}的物质的量和物质的量浓度增大，使得步骤Ⅱ能反应更完全，可以使得到的 S 中不含 CuS，故 D 正确；

故选：A。

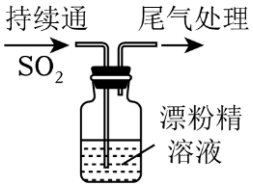
14.（3 分）某学生对 SO_2 与漂粉精（由 Cl_2 与石灰乳制得）溶液的反应进行实验探究：

实验Ⅰ．取 4g 漂粉精，加入 100mL 水，固体部分溶解，过滤得漂粉精溶液。

实验Ⅱ．测得漂粉精溶液的 pH 约为 12，稍后 pH 试纸褪色。

实验Ⅲ．如图进行实验，先出现浑浊；稍后溶液变为黄绿色；最后黄绿色褪去，产生大量白色沉淀。

下列说法正确的是（　　）



A．实验Ⅰ、Ⅱ说明 Ca（ClO）$_2$ 溶液有碱性和漂白性

B．SO_2 与漂粉精溶液反应会导致溶液的酸性增强

C．实验Ⅲ溶液变为黄绿色是因为 SO_2 与 ClO^- 反应生成 Cl_2 溶于水

D．产生的大量白色沉淀其主要成分是 $CaSO_3$

【答案】B

【分析】A．漂粉精由 Cl_2 与石灰乳制得，石灰乳过量，溶液也会显碱性，不能说明 $Ca(ClO)_2$ 溶液显碱性；

B．SO_2 与漂粉精溶液反应先出现浑浊，是生成了 $CaSO_4$，发生离子反应 $SO_2+ClO^-+H_2O=SO_4^{2-}+Cl^-+2H^+$，溶液酸性增强；

C．溶液中发生 $SO_2+ClO^-+H_2O=SO_4^{2-}+Cl^-+2H^+$，使溶液显酸性，在酸性条件下 $ClO^-+Cl^-+2H^+=Cl_2\uparrow+H_2O$，生成了黄绿色的氯气；

D．溶液中有大量 SO_4^{2-} 生成，与钙离子结合成 $CaSO_4$。

【解答】解：A．实验Ⅰ、Ⅱ中测得漂粉精溶液的 pH 约为 12，稍后褪色，可以证明漂白粉溶液有碱性和漂白性，漂粉精由 Cl_2 与石灰乳制得，若石灰乳过量，不能说明 $Ca(ClO)_2$ 溶液显碱性，故 A 错误；

B．SO_2 与漂粉精溶液反应先出现浑浊，是生成了 $CaSO_4$，发生离子反应 $SO_2+ClO^-+H_2O=SO_4^{2-}+Cl^-+2H^+$，溶液酸性增强，在酸性条件下 $ClO^-+Cl^-+2H^+=Cl_2\uparrow+H_2O$，才会出现实验III的“稍后溶液变为黄绿色”，故 B 正确；

C．$SO_2+ClO^-+H_2O=SO_4^{2-}+Cl^-+2H^+$，溶液显酸性，在酸性条件下 $ClO^-+Cl^-+2H^+=Cl_2\uparrow+H_2O$，氯气溶于水，溶液变为黄绿色，故 C 错误；

D．由 C 项的分析，溶液中有大量 SO_4^{2-} 生成，与钙离子结合成 $CaSO_4$，故 D 错误；

故选：B。

二、非选择题：共 4 题，共 58 分。

15．（14 分）NH_3BH_3（氨硼烷）储氢量高，是具有广泛应用前景的储氢材料。

元素	H	B	N
电负性	2.1	2.0	3.0

（1）氨硼烷的结构

①1molNH_3BH_3 中 σ 键的数目为 $7N_A$。

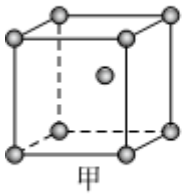
②NH_3BH_3 熔点 104℃，CH_3CH_3 熔点 - 183.3℃。两者熔点差异较大的原因是 NH_3BH_3 分子之间有氢键，CH_3CH_3 分子之间只有范德华力。

（2）氨硼烷水解释氢

①氨硼烷水解释氢需要在金属型催化剂（如 Fe、Pt 等）催化下进行。写出基态 Fe 原子的核外电子排布式：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$ 或$[Ar]3d^64s^2$。

②铁的甲、乙两种晶胞（所示图形为正方体）结构示意如图 1 所示。甲、乙晶胞所含铁原子个数比为 1：2 。

③氨硼烷水解释氢时转化为 NH_4BO_2，写出水解释氢的化学方程式 $NH_3BH_3+2H_2O\xlongequal{催化剂}NH_4BO_2+3H_2\uparrow$ 。



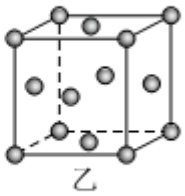


图1

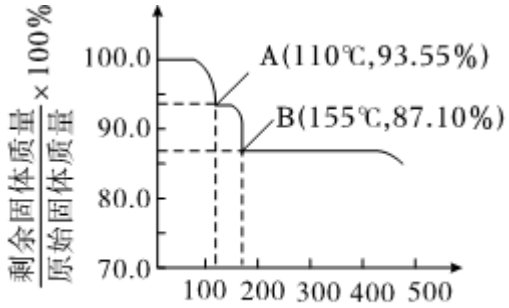


图2

（3）氨硼烷热分解释氢

①氨硼烷受热时固体残留率随温度的变化如图 2 所示。110℃时残留固体的化学式可能为 BNH_4 或 $(BH_2NH_2)_n$ 。

②若 B 点一种产物的最简式就是分子式，该产物分子中 σ 键：π 键＝ 3：2 。

【答案】（1）①$7N_A$；

②NH_3BH_3 分子之间有氢键，CH_3CH_3 分子之间只有范德华力；

（2）①$1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$ 或$[Ar]3d^64s^2$；

②1：2；

③$NH_3BH_3+2H_2O\xlongequal{催化剂}NH_4BO_2+3H_2\uparrow$；

（3）①BNH_4 或$(BH_2NH_2)_n$；

②3：2。

【分析】（1）①1 个氨硼烷分子中含 7 个 σ 键，则 1molNH_3BH_3 中含 7mol σ 键；

②N 的电负性强，NH_3BH_3 可以形成分子间氢键，使其熔点升高，而 CH_3CH_3 不能形成分子间氢键；

（2）①铁的原子序数为 26；

②依据均摊法，甲晶胞中铁原子个数为 $1+8\times\frac{1}{8}=2$，乙晶胞中铁原子个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$；

③氨硼烷水解释氢时转化为 NH_4BO_2，硼元素化合价由 - 3 价升高到+3 价，则可生成氢气；

（3）①110℃时，分析固体残留率随温度的变化图可知，M（A）＝M（NH_3BH_3）×93.55%＝31×93.55%＝29；

②B 点时，M（B）＝M（NH_3BH_3）×87.10%＝31×87.10%＝27，B 点一种产物的最简式就是分子式，

B 为 NH_2＝B。

【解答】解：（1）①1 个氨硼烷分子中含 7 个 σ 键，则 1molNH_3BH_3 中含 7mol σ 键，数目为 $7N_A$，

故答案为：$7N_A$；

②N 的电负性强，NH_3BH_3 可以形成分子间氢键，使其熔点升高，而 CH_3CH_3 不能形成分子间氢键，因此 NH_3BH_3 的熔点比 CH_3CH_3 高，

故答案为：NH_3BH_3 分子之间有氢键，CH_3CH_3 分子之间只有范德华力；

（2）①铁的原子序数为 26，其基态原子核外电子排布式为：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$ 或[Ar]$3d^64s^2$，

故答案为：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$ 或[Ar]$3d^64s^2$；

②依据均摊法，甲晶胞中铁原子个数为 $1+8\times\frac{1}{8}=2$，乙晶胞中铁原子个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$，则甲、乙晶胞所含铁原子个数比为 2：4＝1：2，

故答案为：1：2；

③氨硼烷水解释氢时转化为 NH_4BO_2，硼元素化合价由 - 3 价升高到+3 价，则可生成氢气，反应的化学方程式为：$NH_3BH_3+2H_2O\xlongequal{\text{催化剂}}NH_4BO_2+3H_2\uparrow$，

故答案为：$NH_3BH_3+2H_2O\xlongequal{\text{催化剂}}NH_4BO_2+3H_2\uparrow$；

（3）①110℃时，分析固体残留率随温度的变化图可知，M（A）＝M（NH_3BH_3）×93.55%＝31×93.55%＝29，因此 A 为 BNH_4 或（BH_2NH_2）$_n$，

故答案为：BNH_4 或（BH_2NH_2）$_n$；

②B 点时，M（B）＝M（NH_3BH_3）×87.10%＝31×87.10%＝27，B 点一种产物的最简式就是分子式，B 为 NH_2＝B，分子中 σ 键：π 键＝3：2，

故答案为：3：2。

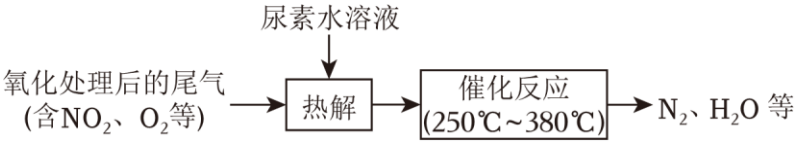
16.（14 分）工业或机动车尾气中的 NO_x 会造成环境问题，可用多种方法脱除。

（1）碱液吸收：NaOH 溶液可吸收硝酸工业尾气（含 NO、NO_2），获得副产品 $NaNO_2$。

①等物质的量 NO 与 NO_2 被 NaOH 溶液吸收，反应的离子方程式为 $NO+NO_2+2OH^-=2NO_2^-+H_2O$。

②若吸收时 NO 与 NO_2 比例控制不当，则吸收液经浓缩结晶、过滤得到 $NaNO_2$ 晶体中最有可能混有的杂质是 $NaNO_3$（填化学式）。排放的尾气中含量较高的氮氧化物是 NO（填化学式）。

（2）还原法：尿素水溶液热解产生的 NH_3 可去除尾气中的 NO_x，流程如图：



①尿素[CO（NH_2）$_2$]中氮元素的化合价为 ﹣3 。

②写出“催化反应”过程中 NH_3 还原 NO_2 的化学方程式 $8NH_3+6NO_2=7N_2+12H_2O$ 。

③若氧化处理后的尾气中混有 SO_2，此时催化剂表面会因为覆盖部分硫酸盐而导致催化剂中毒，降低 NO_x 的去除率。试分析硫酸盐的产生过程 SO_2 与 O_2、H_2O 反应生成 H_2SO_4，H_2SO_4 与 NH_3 反应生成（NH_4）$_2SO_4$ 或者 NH_4HSO_4 。

④“催化反应”过程中需控制温度在 250℃～380℃之间。温度过高，NO_x 的去除率下降，其原因可能是温度过高催化剂的活性降低和 温度升高，NH_3 催化氧化生成 NO 。

【答案】（1）①$NO+NO_2+2OH^-=2NO_2^-+H_2O$；

②$NaNO_3$；NO；

（3）①﹣3；

②$8NH_3+6NO_2=7N_2+12H_2O$，

③SO_2 与 O_2、H_2O 反应生成 H_2SO_4，H_2SO_4 与 NH_3 反应生成（NH_4）$_2SO_4$ 或者 NH_4HSO_4；

④温度升高，NH_3 催化氧化生成 NO。

【分析】（1）①等物质的量 NO 与 NO_2 被 NaOH 溶液吸收，发生归中反应，生成 $NaNO_2$；

②吸收时 NO 与 NO_2 比例控制不当，若 NO 过量，NO 不与 NaOH 溶液反应，则吸收液成分不变，若 NO_2 过量，NO_2 与 NaOH 溶液反应生成硝酸钠和亚硝酸钠，NO 不与 NaOH 溶液反应；

（3）①尿素[CO（NH_2）$_2$]中 C 元素为+4 价，O 元素为﹣2 价，H 元素为+1 价，根据化合价代数和为 0，即可计算尿素氮元素的化合价；

②由图可知，“催化反应”过程中 NH_3 还原 NO_2 生成 N_2 和 H_2O；

③SO_2 与 O_2、H_2O 反应生成 H_2SO_4，H_2SO_4 与 NH_3 反应生成（NH_4）$_2SO_4$ 或者 NH_4HSO_4；

④温度过高会使催化剂的活性降低，温度升高，NH_3 也可能被催化氧化生成 NO。

【解答】解：（1）①等物质的量 NO 与 NO_2 被 NaOH 溶液吸收，发生归中反应，生成 $NaNO_2$，反应的离子方程式为：$NO+NO_2+2OH^-=2NO_2^-+H_2O$，

故答案为：$NO+NO_2+2OH^-=2NO_2^-+H_2O$；

②吸收时 NO 与 NO_2 比例控制不当，若 NO 过量，NO 不与 NaOH 溶液反应，则吸收液成分不变，若 NO_2 过量，NO_2 与 NaOH 溶液反应生成硝酸钠和亚硝酸钠，则吸收液经浓缩结晶、过滤得到 $NaNO_2$ 晶体中最有可能混有的杂质是 $NaNO_3$，因为 NO 不与 NaOH 溶液反应，所以排放的尾气中含量较高的氮氧化物是 NO，

故答案为：$NaNO_3$；NO；

（3）①尿素[CO（NH_2）$_2$]中 C 元素为+4 价，O 元素为﹣2 价，H 元素为+1 价，根据化合价代数和为 0，则尿素氮元素的化合价为﹣3 价；

故答案为：﹣3；

②由图可知，“催化反应”过程中 NH_3 还原 NO_2 的化学方程式为：$8NH_3+6NO_2=7N_2+12H_2O$，

故答案为：$8NH_3+6NO_2=7N_2+12H_2O$；

③若氧化处理后的尾气中混有 SO_2，此时催化剂表面会因为覆盖部分硫酸盐而导致催化剂中毒，降低 NO_x 的去除率。则硫酸盐的产生过程为：SO_2 与 O_2、H_2O 反应生成 H_2SO_4，H_2SO_4 与 NH_3 反应生成（NH_4）$_2SO_4$ 或者 NH_4HSO_4，

故答案为：SO_2 与 O_2、H_2O 反应生成 H_2SO_4，H_2SO_4 与 NH_3 反应生成（NH_4）$_2SO_4$ 或者 NH_4HSO_4；

④“催化反应”过程中需控制温度在 250℃～380℃之间。温度过高，NO_x 的去除率下降，其原因可能是温度过高催化剂的活性降低和温度升高，NH_3 催化氧化生成 NO，

故答案为：温度升高，NH_3 催化氧化生成 NO。

17.（15 分）α﹣Fe_2O_3 是一种优质的软磁性材料，用 $FeSO_4$ 溶液通过两步可制 α﹣Fe_2O_3：

①氧化制铁黄[FeO（OH），不溶于水]；

②煅烧铁黄制 α﹣Fe_2O_3。

Ⅰ．氧化制铁黄

向一定浓度的 $FeSO_4$ 溶液中滴加氨水，至混合液 pH 约为 6.5 时停止滴加，产生白色沉淀（带灰绿色）；通入氧气，生成铁黄晶体。通氧气过程中溶液 pH 随时间的变化如图 1 所示。

已知：25℃时 K_{sp}[Fe（OH）$_2$]＝8.0×10^{-16}。

（1）25℃时，滴氨水至混合液 pHH 约为 6.5 时，溶液中残留的 c（Fe^{2+}）＝ 0.8mol/L 。

（2）0～t_1 段，溶液 pH 随氧气通入基本保持不变。请结合化学方程式分析该过程中溶液 pH 基本保持不变的原因 0～t_1 段发生反应 $4Fe(OH)_2+O_2=4FeOOH+2H_2O$，溶液中 c（$H^+$）基本不变 。

（3）t_1～t_2 段，溶液 pH 随氧气通入明显变小。请结合化学方程式分析该过程中溶液 pH 明显变小的原因 t_1～t_2 段发生反应 $4FeSO_4+O_2+6H_2O=4FeOOH\downarrow+4H_2SO_4$，生成大量 H^+，溶液中 c（H^+）增大 。

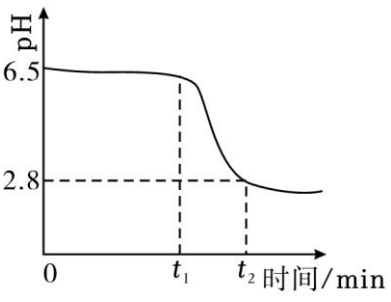


图1

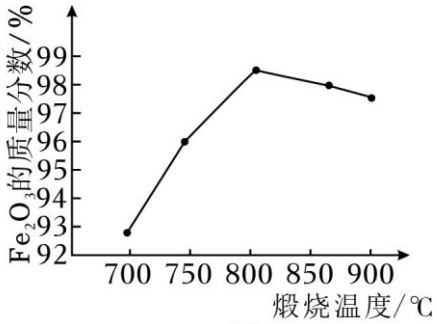


图2

Ⅱ．煅烧制 α－Fe_2O_3

（4）将所得铁黄晶体洗净后煅烧，得 α－Fe_2O_3。图 2 为其他条件相同时不同煅烧温度对产品中 Fe_2O_3 质量分数的影响。当煅烧温度高于 800℃时，产品中 Fe_2O_3 质量分数降低，铁元素质量分数升高，其可能原因是 部分 Fe_2O_3 分解生成 Fe_3O_4 或 FeO 。

（5）煅烧 $FeCO_3$ 也能生成 α－Fe_2O_3。实验室以 100mL0.1mol·$L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液为原料制备高产率、较纯净的 α－Fe_2O_3。已知：Fe（OH）$_2$ 开始沉淀的 pH＝6.5，请补充完整实验方案：在搅拌下 向 100mL0.1mol·$L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液中缓慢滴加约 200mL0.1mol·$L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液，静置后过滤，所得沉淀用蒸馏水洗涤 2～3 次：取最后一次洗涤后的滤液，滴入 2mol·L^{-1} 盐酸酸化后再滴加 $BaCl_2$ 溶液，无浑浊 ，将固体干燥，得到纯净的 $FeCO_3$ 放入管式炉内煅烧 2h，获得产品 α－Fe_2O_3。（必须使用的试剂：0.1mol·$L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液、2mol·L^{-1} 盐酸、$BaCl_2$ 溶液、蒸馏水）

【答案】（1）0.8mol/L；

（2）0～t_1 段发生反应 4Fe（OH）$_2$+O_2＝4FeOOH+2H_2O，溶液中 c（H^+）基本不变；

（3）t_1～t_2 段发生反应 4$FeSO_4$+O_2+6H_2O＝4FeOOH↓+4H_2SO_4，生成大量 H^+，溶液中 c（H^+）增大；

（4）部分 Fe_2O_3 分解生成 Fe_3O_4 或 FeO；

（5）向 100mL0.1mol·$L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液中缓慢滴加约 200mL0.1mol·$L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液，静置后过滤，所得沉淀用蒸馏水洗涤 2～3 次：取最后一次洗涤后的滤液，滴入 2mol·L^{-1} 盐酸酸化后再滴加 $BaCl_2$ 溶液，无浑浊。

【分析】分析溶液中通入 O_2 时，pH 没有明显变化和 pH 明显降低时的原因，只需将两个过程中可能发生的反应进行对比，可能发生的反应为 4Fe（OH）$_2$+O_2＝4FeOOH+2H_2O 或 4$FeSO_4$+O_2+6H_2O＝4FeOOH↓+4H_2SO_4，第一个反应不消耗也不生成 H^+，第二个反应生成 H_2SO_4，c（H^+）明显增大，pH 减小。

【解答】解：（1）25℃时，滴氨水至混合液 pH 约为 6.5 时，c（OH^-）＝$10^{-7.5}$mol/L，溶液中残留的 c（Fe^{2+}）＝$\frac{8.0\times10^{-16}}{(10^{-7.5})^2}$mol•$L^{-1}$＝0.8mol/L，

故答案为：0.8mol/L；

（2）由分析可知，0～t_1 段，溶液 pH 随氧气通入基本保持不变，则发生 Fe（OH）$_2$ 的氧化反应，由此得出原因是：0～t_1 段发生反应 4Fe（OH）$_2$+O_2＝4FeOOH+2H_2O，溶液中 c（H^+）基本不变，

故答案为：0～t_1 段发生反应 4Fe（OH）$_2$+O_2＝4FeOOH+2H_2O，溶液中 c（H^+）基本不变；

（3）由分析可知，t_1～t_2 段，溶液 pH 随氧气通入明显变小，则发生 Fe^{2+}的氧化反应，由此得出其原因：t_1～t_2 段发生反应 4$FeSO_4$+O_2+6H_2O＝4FeOOH↓+4H_2SO_4，生成大量 H^+，溶液中 c（H^+）增大，

故答案为：t_1～t_2 段发生反应 4$FeSO_4$+O_2+6H_2O＝4FeOOH↓+4H_2SO_4，生成大量 H^+，溶液中 c（H^+）

增大；

（4）当煅烧温度高于 800℃时，产品中 Fe_2O_3 质量分数降低，铁元素质量分数升高，则表明 Fe_2O_3 转化为其它的铁的氧化物，同时生成 O_2，其可能原因是：部分 Fe_2O_3 分解生成 Fe_3O_4 或 FeO，

故答案为：部分 Fe_2O_3 分解生成 Fe_3O_4 或 FeO；

（5）$FeSO_4$ 生成 $FeCO_3$，显然需要加入 NH_4HCO_3，要得到纯净的 $FeCO_3$，需要对沉淀进行洗涤、检验最后一次洗涤液中是否含有 SO_4^{2-}，需要加入盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶液，所以完整实验方案：在搅拌下向 100mL0.1mol· $L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液中缓慢滴加约 2000mL0.1mol· $L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液，静置后过滤，所得沉淀用蒸馏水洗涤 2～3 次：取最后一次洗涤后的滤液，滴入 2mol· L^{-1} 盐酸酸化后再滴加 $BaCl_2$ 溶液，无浑浊，将固体干燥，得到纯净的 $FeCO_3$ 放入管式炉内煅烧 2h，获得产品 α－Fe_2O_3，

故答案为：向 100mL0.1mol· $L^{-1}$$FeSO_4$ 溶液中缓慢滴加约 200mL0.1mol· $L^{-1}$$NH_4HCO_3$ 溶液，静置后过滤，所得沉淀用蒸馏水洗涤 2～3 次：取最后一次洗涤后的滤液，滴入 2mol· L^{-1} 盐酸酸化后再滴加 $BaCl_2$ 溶液，无浑浊。

18.（15 分）对燃煤烟气或煤浆进行脱硫能有效降低排入大气中的 SO_2 含量。

Ⅰ．燃煤烟气脱硫

软锰矿浆（主要成分 MnO_2，含有少量铁、铝等氧化物）可脱除燃煤烟气中的 SO_2，又可制得电池材料 MnO_2。主要流程如图 1：

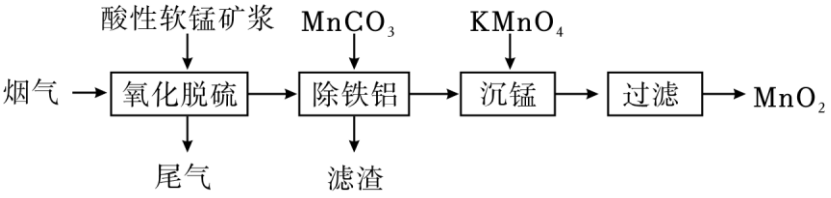


图1

（1）“除铁铝”步骤所得滤渣的主要成分为 Fe（OH）$_3$、Al（OH）$_3$ 。

（2）写出“沉锰”步骤发生反应的离子方程式 $3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=5MnO_2\downarrow+4H^+$。

（3）为了测算所需脱硫剂的大致用量，需对烟气中 SO_2 含量进行测定。方法是将烟气以一定流速通过装有 5mL0.010mol· L^{-1} 的 I_2 标准溶液（滴入淀粉溶液作指示剂，并加蒸馏水稀释成 50mL），以 0.2L· min^{-1} 的流量进行采样，记录淀粉溶液褪色的时间为 5min。

①计算该烟气中 SO_2 含量。（以 mg· L^{-1} 为单位，写出计算过程） 反应掉的 I_2 的物质的量为 $n(I_2)=0.010mol\cdot L^{-1}\times5\times10^{-3}L=5\times10^{-5}mol$，由于 I_2～SO_2，则二氧化硫的物质的量也为 $5\times10^{-5}mol$，二氧化硫的含量为 $\frac{5\times10^{-5}mol\times64g\cdot mol^{-1}\times10^3mg\cdot g^{-1}}{0.2L\cdot min^{-1}\times5min}=3.2mg\cdot L^{-1}$。

②某小组同学认为用一定浓度 NaOH 标准溶液（酚酞溶液作指示剂）也可测定烟气中 SO_2 含量。该方案是否可行，请说出理由 不可行，烟气中含大量 CO_2，也会消耗 NaOH 溶液 。

Ⅱ．煤浆脱硫

（4）煤浆中的 FeS_2 可用软锰矿粉在酸性条件下进行脱除，Fe^{3+}对该反应有催化作用，其催化原理如图 2 所示。

①X 的化学式为 $FeSO_4$ 或 Fe^{2+} 。

②写出足量 MnO_2 脱除 FeS_2 总反应的离子方程式 $15MnO_2+2FeS_2+28H^+\xlongequal{催化剂}15Mn^{2+}+2Fe^{3+}+4SO_4^{2-}+14H_2O$ 。

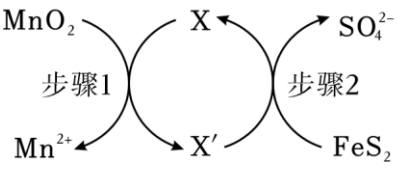


图2

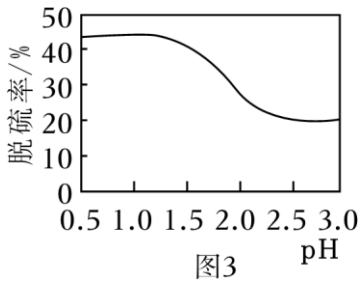


图3

③煤浆的脱硫率（$\frac{溶于水中的硫元素质量}{煤样中硫元素总质量}$）与溶液起始 pH 的关系如图 3 所示。pH 大于 1.5 后脱硫率下降的可能原因有：随着 pH 的升高，反应物的氧化能力或还原能力降低：Fe^{3+}转化为 Fe（OH）$_3$ 沉淀，c（Fe^{3+}）减小，同时 Fe（OH）$_3$ 沉淀覆盖在矿粉表面，阻碍反应进行 。

【答案】（1）Fe（OH）$_3$、Al（OH）$_3$；

（2）$3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=\!=\!=5MnO_2\downarrow+4H^+$；

（3）反应掉的 I_2 的物质的量为 $n(I_2)=0.010mol\cdot L^{-1}\times5\times10^{-3}L=5\times10^{-5}mol$，由于 I_2～SO_2，则二氧化硫的物质的量也为 $5\times10^{-5}mol$，二氧化硫的含量为 $\frac{5\times10^{-5}mol\times64g\cdot mol^{-1}\times10^3mg\cdot g^{-1}}{0.2L\cdot min^{-1}\times5min}=3.2mg\cdot L^{-1}$；

②不可行。烟气中含大量 CO_2，也会消耗 NaOH 溶液；

（4）①$FeSO_4$ 或 Fe^{2+}；

②$15MnO_2+2FeS_2+28H^+\xlongequal{催化剂}15Mn^{2+}+2Fe^{3+}+4SO_4^{2-}+14H_2O$；

③Fe^{3+}转化为 Fe（OH）$_3$ 沉淀，c（Fe^{3+}）减小，同时 Fe（OH）$_3$ 沉淀覆盖在矿粉表面，阻碍反应进行。

【分析】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、铝离子的溶液，再加入碳酸锰进行 pH 的调节，除去铁离子和铝离子，过滤之后加入高锰酸钾发生反应生成二

氧化锰，再过滤即可得到最终的产品二氧化锰；

（1）加入碳酸锰消耗氢离子来调节 pH，使铁离子和铝离子转化为氢氧化铁和氢氧化铝而除去；

（2）沉锰步骤的反应为加入高锰酸钾之后，高锰酸根离子与锰离子反应生成了二氧化锰；

（3）①由于 I_2～SO_2，则二氧化硫的含量为$\frac{\text{二氧化硫的质量}}{\text{流量的体积}}$；

②二氧化碳也会被氢氧化钠溶液吸收；

（4）①FeS_2 与 X′ 反应生成了 X 和硫酸根离子；

②酸性条件下，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，铁离子转化成了氢氧化铁，同时可能覆盖于矿粉表面阻止反应的发生，所以脱硫率下降。

【解答】解：（1）加入碳酸锰消耗氢离子来调节 pH，使铁离子和铝离子转化为氢氧化铁和氢氧化铝而除去，则“除铁铝”步骤所得滤渣的主要成分为 Fe（OH）$_3$、Al（OH）$_3$，

故答案为：Fe（OH）$_3$、Al（OH）$_3$；

（2）沉锰步骤的反应为加入高锰酸钾之后，高锰酸根离子与锰离子反应生成了二氧化锰，其反应的离子方程式为：$3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=\!=\!=5MnO_2\downarrow+4H^+$，

故答案为：$3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=\!=\!=5MnO_2\downarrow+4H^+$；

（3）①反应掉的 I_2 的物质的量为$n(I_2)=0.010mol\cdot L^{-1}\times5\times10^{-3}L=5\times10^{-5}mol$，由于 I_2～SO_2，则二氧化硫的物质的量也为 5×10^{-5}mol，二氧化硫的含量为$\frac{5\times10^{-5}mol\times64g\cdot mol^{-1}\times10^3mg\cdot g^{-1}}{0.2L\cdot min^{-1}\times5min}=3.2mg\cdot L^{-1}$，

故答案为：反应掉的 I_2 的物质的量为$n(I_2)=0.010mol\cdot L^{-1}\times5\times10^{-3}L=5\times10^{-5}mol$，由于 I_2～SO_2，则二氧化硫的物质的量也为 5×10^{-5}mol，二氧化硫的含量为$\frac{5\times10^{-5}mol\times64g\cdot mol^{-1}\times10^3mg\cdot g^{-1}}{0.2L\cdot min^{-1}\times5min}=3.2mg\cdot L^{-1}$；

②因为是燃煤烟气，其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，

故答案为：不可行，烟气中含大量 CO_2，也会消耗 NaOH 溶液；

（4）①FeS_2 与 X′ 反应生成了 X 和硫酸根离子，题目中又已知铁离子可以催化反应的进行，可以推知，X 为亚铁离子，X’为铁离子，

故答案为：$FeSO_4$ 或 Fe^{2+}；

②酸性条件下，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，其总反应的离子方程式为：$15MnO_2+2FeS_2+28H^+\xlongequal{\text{催化剂}}15Mn^{2+}+2Fe^{3+}+4SO_4^{2-}+14H_2O$，

故答案为：$15MnO_2+2FeS_2+28H^+\xlongequal{\text{催化剂}}15Mn^{2+}+2Fe^{3+}+4SO_4^{2-}+14H_2O$；

③pH 大于 1.5 之后，铁离子转化成了氢氧化铁，同时可能覆盖于矿粉表面阻止反应的发生，所以脱硫率下降，

故答案为：Fe^{3+}转化为 Fe（OH）$_3$ 沉淀，c（Fe^{3+}）减小，同时 Fe（OH）$_3$ 沉淀覆盖在矿粉表面，阻碍反应进行。