2022-2023 学年江苏省南通市如皋市高三（上）期末化学试卷

一、单项选择题：本题包括 13 小题，每小题 3 分，共计 39 分。每小题只有一项符合题意。

1.（3 分）C_{60} 属于富勒烯中的一种，其结构与足球结构相似，如图所示。下列关于 C_{60} 说法正确的是（　　）

A．属于烃类

B．晶体类型为共价晶体

C．与金刚石互为同素异形体

D．易溶于水

2.（3 分）碱式碳酸氧钒铵晶体[$(NH_4)_5(VO)_6(CO_3)_4(OH)_9\cdot 10H_2O$]是制备多种含钒产品的原料。有关说法不正确的是（　　）

A．NH_4^+的空间构型为正四面体形

B．基态 V^{4+}的核外电子排布式为[Ar]$3d^1$

C．CO_3^{2-}中 C 的轨道杂化类型为 sp^2 杂化

D．H_2O 是非极性分子

3.（3 分）黑火药是中国古代四大发明之一，其爆炸反应为 $2KNO_3+S+3C=K_2S+N_2\uparrow+3CO_2$，下列说法正确的是（　　）

A．半径：r（K^+）＞r（S^{2-}）

B．第一电离能：I_1（N）＞I_1（S）

C．电负性：χ（C）＞χ（O）

D．酸性：H_2CO_3＞H_2SO_4

4.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\xrightarrow{煅烧}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。下列硫酸盐性质与用途具有对应关系的是（　　）

A．$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$ 能水解形成胶体，可用作净水剂

B．$FeSO_4$ 具有还原性，可作治疗贫血药剂

C．$CuSO_4$ 水溶液呈酸性，可用作杀菌剂

D．$BaSO_4$ 难溶于水，可用于制取 BaS

5.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\overset{煅烧}{=\!=\!=}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。硫及其化合物的转化具有重要作用，下列说法不正确的是（　　）

A．石灰乳吸收 SO_2 可生成 $CaSO_3$

B．硫磺在过量氧气中燃烧的产物是 SO_3

C．用 SO_2 水溶液吸收海水中吹出来的溴蒸汽生成 HBr 和 H_2SO_4

D．辉铜矿煅烧时，每消耗 1molO_2，反应共转移 6mol 电子

6.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\overset{煅烧}{=\!=\!=}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。对于反应 $16H_2S$（g）$+8SO_2$（g）$\rightleftharpoons 3S_8$（s）$+16H_2O$（g）$\Delta H<0$，下列说法正确的是（　　）

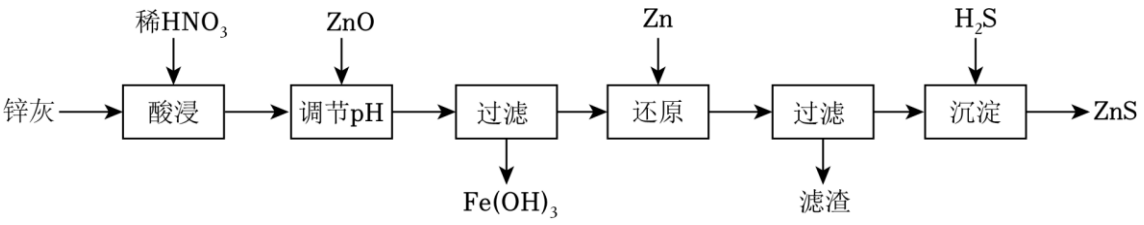
A．该反应 $\Delta S>0$

B．反应平衡常数 $K=\dfrac{c^3(S_8)\cdot c^{16}(H_2O)}{c^{16}(H_2S)\cdot c^8(SO_2)}$

C．其他条件一定，增大体系的压强可以增大反应的平衡转化率

D．其他条件一定，升高温度可以增大反应的平衡常数

7.（3 分）纳米 ZnS 具有独特的光电效应。以工业废渣锌灰（主要成分为 Zn、ZnO，还含有 Fe_2O_3、FeO、CuO 等杂质）为原料制备纳米 ZnS 的工业流程如图：



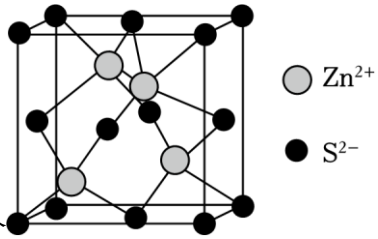
下列说法正确的是（　　）

A．“酸浸”时 FeO 反应的离子方程式为 $FeO+2H^{+}=Fe^{2+}+H_2O$

B．“还原”的目的是将 Fe^{3+}转化为 Fe^{2+}

C．“沉淀”的离子方程式为 $Zn^{2+}+S^{2-}=ZnS\downarrow$

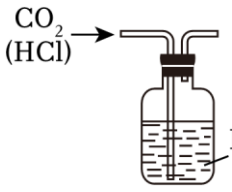
D．ZnS 晶胞（如图所示）中每个 S^{2-}周围距离最近的 Zn^{2+}有 4 个



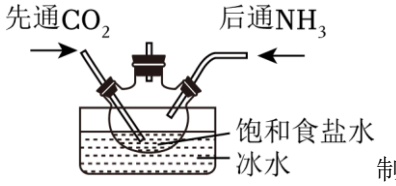
8．（3 分）实验小组用如图所示装置制取纯碱，其中能达到实验目的的是（　　）

A．

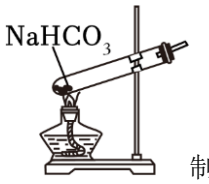
制 CO_2

B． 

除 HCl

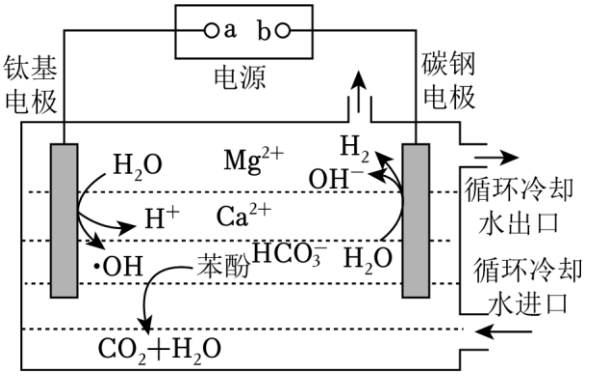
C． 

制 $NaHCO_3$

D． 

制纯碱

9．（3 分）用电化学方法可以去除循环冷却水（含有 Ca^{2+}、Mg^{2+}、HCO_3^-、苯酚等）中的有机污染物，同时经处理过的冷却水还能减少结垢，其工作原理如图所示。下列说法正确的是（　　）



A．b 为电源的正极

B．钛基电极上的反应为 $H_2O+e^-=H^++\cdot OH$

C．碳钢电极底部有 Mg（OH）$_2$、$CaCO_3$ 生成

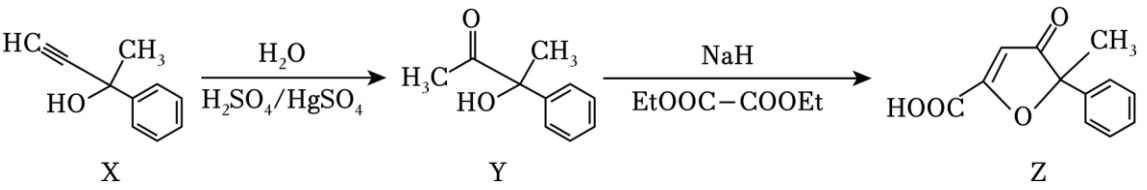
D．每生成标准状况下 2.24LCO_2，需要消耗 0.5mol·OH

10．（3 分）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	向淀粉和稀硫酸共热后的溶液中，加入 NaOH 溶液中和，再加入新制 Cu（OH）$_2$ 悬浊液，加热后观察有无红色沉淀生成	淀粉是否发生水解
B	向 Al（OH）$_3$ 沉淀中分别滴加盐酸和氨水，观察沉淀变化	Al（OH）$_3$ 为两性氢氧化物
C	向久置氯水中滴加少量 $NaHCO_3$ 溶液，观察有无气体生成	氯水中 HClO 是否已经分解
D	向 5mLNaCl 和 KI 的混合溶液中，滴加 1～2 滴 0.1mol·$L^{-1}$$AgNO_3$ 溶液，观察沉淀颜色	K_{sp}（AgI）＜K_{sp}（AgCl）

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

11．（3 分）化合物 Z 是一种治疗脂蛋白紊乱的药物，其合成路线如图。下列说法不正确的是（　　）



X　　Y　　Z

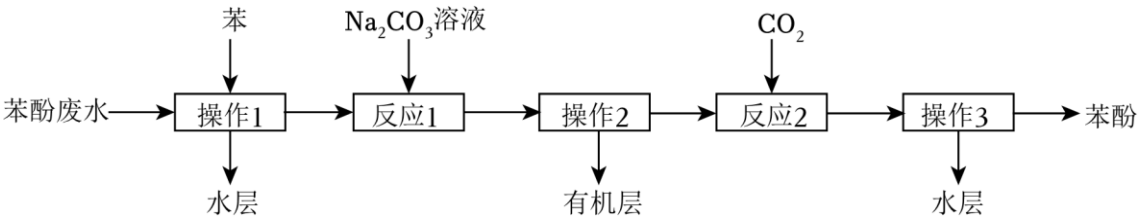
A．X 分子中所有碳原子可能在同一平面

B．Y 与浓硫酸共热可以发生消去反应

C．可以用 $NaHCO_3$ 溶液鉴别物质 Y 和 Z

D．1 分子 Z 中含 10 个 sp^2 杂化的碳原子

12．（3 分）某实验室回收废水中苯酚的过程如图所示。已知：苯酚的电离常数 $K_a=1.0\times10^{-10}$，H_2CO_3 的电离常数 $K_{a1}=4.4\times10^{-7}$，$K_{a2}=5.6\times10^{-11}$。



下列有关说法正确的是（　　）

A．0.1mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液中存在：c（OH^-）+c（CO_3^{2-}）=c（H^+）+c（H_2CO_3）

B．若反应 1 后溶液中存在 c（Na^+）=2c（$C_6H_5O^-$）+2c（C_6H_5OH），此时溶液中 c（$C_6H_5O^-$）>c（HCO_3^-）

C．反应 2 通入少量 CO_2 时，离子方程式为 $C_6H_5O^-+CO_2+H_2O=C_6H_5OH+CO_3^{2-}$

D．反应 2 中通入 CO_2 至溶液 pH=10 时，此时溶液中存在 c（$C_6H_5O^-$）=c（C_6H_5OH）

（多选）13．（3 分）烷烃与 CO_2 耦合反应可以制取烯烃。丙烷与 CO_2 耦合制丙烯时发生的反应：

主反应：C_3H_8（g）⇌C_3H_6（g）+H_2（g）$\Delta H=+123.8kJ\cdot mol^{-1}$

$3CO_2$（g）+$9H_2$（g）⇌C_3H_6（g）+$6H_2O$（g）$\Delta H=-250.2kJ\cdot mol^{-1}$

副反应：CO_2（g）+H_2（g）⇌CO（g）+H_2O（g）$\Delta H=+41.2kJ\cdot mol^{-1}$

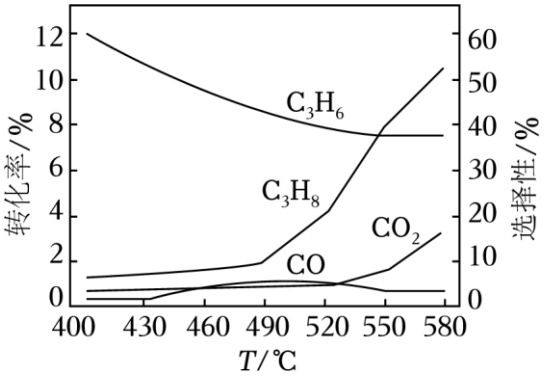
C_3H_8（g）⇌C_2H_4（g）+CH_4（g）$\Delta H=+81.3kJ\cdot mol^{-1}$

向装有催化剂的密闭容器中充入体积比为 1：4 的 C_3H_8 与 CO_2 混合气体，其他条件一定，反应相同时间，测得 C_3H_8 和 CO_2 的转化率、C_3H_6 和 CO 的选择性与温度的关系如图所示。

C_3H_6 的选择性=$\dfrac{3n(C_3H_6)}{3n(C_3H_8)_{反应}+n(CO_2)_{反应}}\times100\%$

CO 的选择性＝$\frac{n(CO)}{3n(C_3H_8)_{反应}+n(CO_2)_{反应}}$×100%

下列说法正确的是（　　）



A．反应 C_2H_4（g）+CH_4（g）+6H_2O（g）⇌3CO_2（g）+10H_2（g）的 ΔH＝﹣292.7kJ·mol^{-1}

B．430℃时，容器中气体体积分数最大的气体是 C_3H_6

C．490℃～580℃，温度越高，容器中 C_2H_4 的体积分数越大

D．580℃时，使用对 C_3H_6 的选择性高的催化剂，能提高平衡时 C_3H_6 的产率

非选择题（61 分）

14．（16 分）磷酸铁（$FePO_4$）主要用于制造磷酸铁锂电池材料。以硫铁矿烧渣（主要成分是 Fe_2O_3，含少量 Al_2O_3、SiO_2 和 Fe_3O_4）为原料制备磷酸铁的工艺流程如图：

硫铁矿烧渣 → 焙烧 → 还原 → 除铝 → 制备$FePO_4$

（1）焙烧。将硫铁矿烧渣与蔗糖（$C_{12}H_{22}O_{11}$）一起焙烧，可生成 FeO 与 CO_2。写出焙烧时 Fe_2O_3 所发生反应的化学方程式：_____。

（2）还原。将焙烧后的固体用稀硫酸浸取，所得溶液主要含 $FeSO_4$，还含少量 $Al_2(SO_4)_3$ 和 $Fe_2(SO_4)_3$。向酸浸后所得溶液中加入 FeS_2 固体，充分搅拌至溶液中 Fe^{3+}全部被还原并生成 SO_4^{2-}。理论上完全反应需要消耗的 n（FeS_2）：n（Fe^{3+}）＝_____。

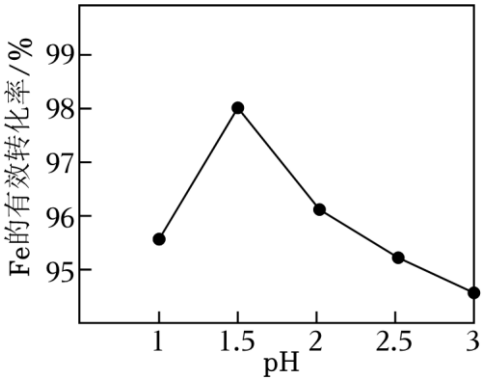
（3）制备 $FePO_4$。向 $FeSO_4$ 溶液中加入足量的 30%H_2O_2 溶液与 1mol·$L^{-1}$$Na_2HPO_4$ 溶液，控制溶液的 pH 约为 1.5，充分反应可得 $FePO_4$ 沉淀。

①写出生成 $FePO_4$ 反应的化学方程式：_____。

②反应 $Fe^{3+}+HPO_4^{2-}$＝$FePO_4$↓+H^+的平衡常数 K＝_____。[已知：K_{sp}（$FePO_4$）＝1.5×10^{-22}，K_{a1}（H_3PO_4）＝7.1×10^{-3}，K_{a2}（H_3PO_4）＝6.2×10^{-8}，K_{a3}（H_3PO_4）＝4.5×10^{-13}]

（4）其他条件一定，制备 $FePO_4$ 时测得 Fe 的有效转化率[$\frac{n(FePO_4)}{n(Fe)_{总}}$×100%]与溶液 pH 的关系如图

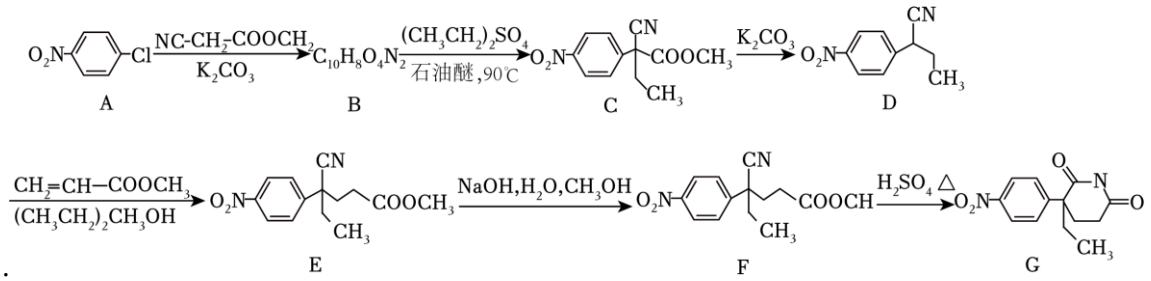
所示。



①pH＜1.5 时，pH 越大，Fe 的有效转化率越大的原因是 _____。

②pH＞1.5 时，pH 越大，Fe 的有效转化率越低的原因是 _____。

15.（15 分）化合物 G 是一种抗肿瘤药的中间体，其合成路线如图：



.

（1）B 的结构简式为 _____。

（2）D→E 的反应类型为 _____反应。

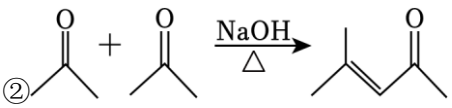
（3）D→E 时可能生成一种与 E 互为同分异构体的副产物，该副产物的结构简式为 _____。

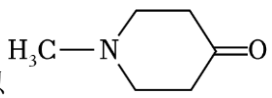
（4）B 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：_____。

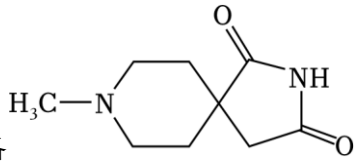
Ⅰ.含有苯环，能发生银镜反应；

Ⅱ.能发生水解反应，水解后的有机产物有 2 种，一种具有酸性，一种具有碱性，每种产物均含有 2 种化学环境不同的氢原子。

（5）已知：①R－X$\xrightarrow{NaCN}$R－CN（R 表示烃基）；

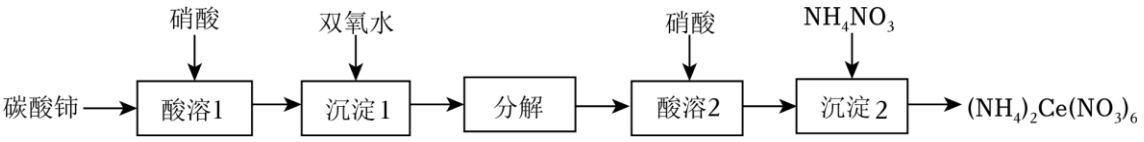
② 

写出以 

、CH_3CHO 为原料制备 

的合成路线流程图（无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

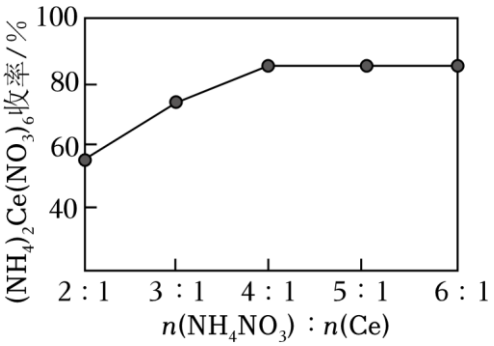
16.（15 分）硝酸铈铵[（NH_4）$_2$Ce（NO_3）$_6$]、二氧化铈（CeO_2）均是常见的强氧化剂，可以以 Ce_2（CO_3）$_3$ 为原料进行制取。



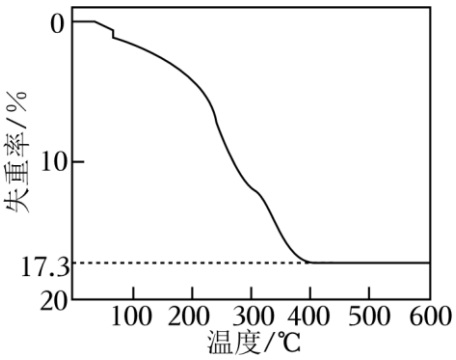
（1）“沉淀 1”时，溶液中 Ce（NO_3）$_3$ 转化为 Ce（OH）$_3$（HO_2）沉淀。写出沉淀 1 反应的化学方程式：_____。

（2）“酸溶 2”时，控制反应温度为 80℃，硝酸与 Ce（OH）$_3$（HO_2）分解产生的 Ce（OH）$_4$ 反应生成 H_2Ce（NO_3）$_6$，反应过程中有少量红棕色气体逸出。“酸溶 2”时需控制硝酸的温度为 80℃，同时将 Ce（OH）$_4$ 分批加入硝酸中，原因是 _____。

（3）“沉淀 2”时，控制其他条件一定，改变加入 NH_4NO_3 固体的量，测得（NH_4）$_2$Ce（NO_3）$_6$ 沉淀的收率如图所示。“沉淀 2”时，不是采用反应计量数之比，而是控制加入 n（NH_4NO_3）：n（Ce）＝4：1 的目的是 _____。



（4）实验小组以 Ce_2（CO_3）$_3$ 为原料制取 CeO_2，请补充完整实验方案：将 Ce_2（CO_3）$_3$ 完全溶解于盐酸中，_____，得 CeO_2 固体。[已知：4Ce（OH）$_3$（白色沉淀）+O_2+2H_2O＝4Ce（OH）$_4$（黄色沉淀），Ce（OH）$_4$ 受热分解时失重百分比与温度的关系如图所示。可选用的仪器和试剂：2mol· L^{-1} 氨水、O_2、1mol· $L^{-1}$$HNO_3$、1mol· $L^{-1}$$AgNO_3$ 溶液、马弗炉（可用于固体的高温加热）]

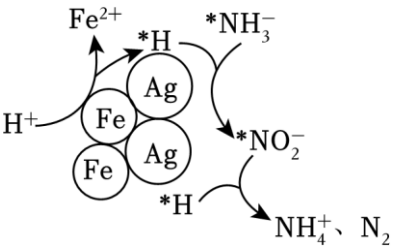


（5）实验制得的硝酸铈铵（摩尔质量为 548g· mol^{-1}）含量可用下列方法测定：准确称取 16.0g 硝酸铈

铵样品，加水充分溶解，并转移至 100mL 容量瓶中定容、摇匀，得硝酸铈铵溶液试样。准确量取 5mL 的硝酸铈铵溶液试样，移入 250mL 锥形瓶中，加入适量硫酸和磷酸，并加入 2 滴 0.25%邻二氮杂菲指示剂，用 0.05000mol· L^{-1} 硫酸亚铁铵[（NH_4）$_2$Fe（SO_4）$_2$]标准溶液滴定至终点（滴定过程中 Ce^{4+} 被还原为 Ce^{3+}），消耗标准溶液 24.00mL。计算该样品中硝酸铈铵的质量分数 _____。

17.（15 分）铁系纳米复合材料可以去除水体中的硝酸盐污染物。

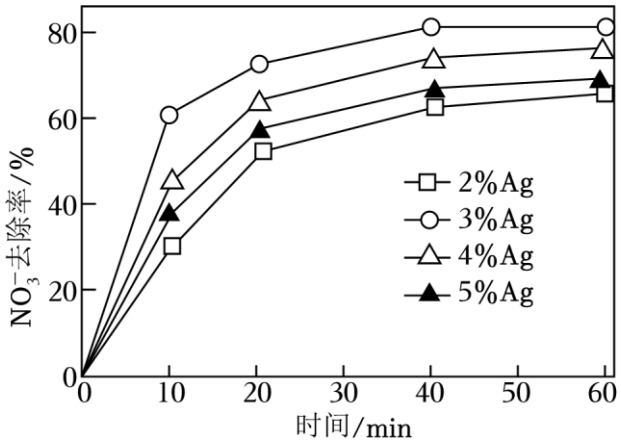
（1）Fe－Ag 金属复合材料去除某 pH＝2 的废水中NO_3^-的反应历程如图所示（吸附在金属复合材料表面的物种用*标注）



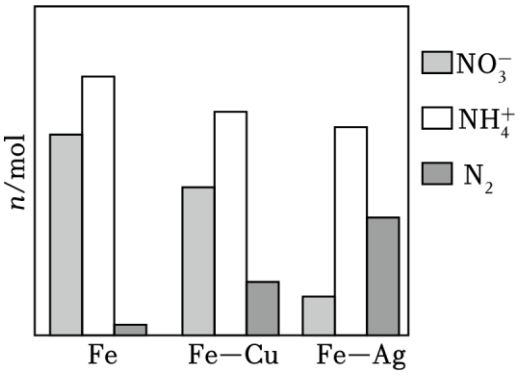
①如图中NO_3^-的去除机理可描述为 _____。

②其他条件一定，反应相同时间，溶液的 pH 越大，NO_3^-的去除率越低的原因是 _____。

（2）控制其他条件一定，反应相同时间，不同 Ag 负载比[$\frac{m(Ag)}{m(Fe\text{-}Ag)}\times100\%$]的 Fe－Ag 金属复合材料对$NO_3^-$的去除率影响如图所示。Ag 负载比小于 3%时，$NO_3^-$的去除率较低的原因是 _____。

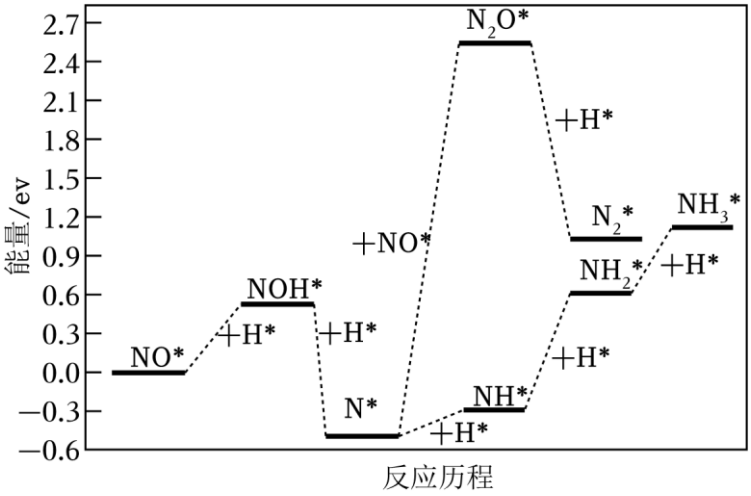


（3）其他条件一定，反应相同时间，分别用含铁质量相等的纳米铁粉、Cu 负载比为 4%的 Fe－Cu 金属复合材料、Ag 负载比为 3%的 Fe－Ag 金属复合材料去除溶液中NO_3^-，反应后残留的NO_3^-、生成的NH_4^+和 N_2 的物质的量如图所示。



①与其他材料相比，Fe - Ag 金属复合材料去除 NO_3^- 的优点是 _____。

②用纳米铁粉去除 NO_3^- 时，反应过程中的物种及能量变化如图所示，用纳米铁粉去除 NO_3^- 时生成 N_2 的量极少的原因是 _____。



2022-2023 学年江苏省南通市如皋市高三（上）期末化学试卷

参考答案与试题解析

一、单项选择题：本题包括 13 小题，每小题 3 分，共计 39 分。每小题只有一项符合题意。

1.（3 分）C_{60} 属于富勒烯中的一种，其结构与足球结构相似，如图所示。下列关于 C_{60} 说法正确的是（　　）

A．属于烃类

B．晶体类型为共价晶体

C．与金刚石互为同素异形体

D．易溶于水

【答案】C

【分析】A．只含碳氢元素的化合物为烃；

B．C_{60} 是分子间通过分子间作用力结合而成的晶体；

C．同种元素组成的不同单质互为同素异形体；

D．根据相似相溶进行解答。

【解答】解：A．C_{60} 是碳的单质，不含氢元素，不属于烃，故 A 错误；

B．C_{60} 是分子间通过分子间作用力结合而成的晶体，属于分子晶体，故 B 错误；

C．同种元素组成的不同单质互为同素异形体，金刚石与 C_{60} 都是碳的单质，二者互为同素异形体，故 C 正确；

D．C_{60} 属于非极性分子，水是极性溶剂，非极性分子易溶于非极性溶剂，所以 C_{60} 在水中的溶解度较小，故 D 错误；

故选：C。

2.（3 分）碱式碳酸氧钒铵晶体[$(NH_4)_5(VO)_6(CO_3)_4(OH)_9\cdot 10H_2O$]是制备多种含钒产品的原料。有关说法不正确的是（　　）

A．NH_4^+的空间构型为正四面体形

B．基态 V^{4+}的核外电子排布式为[Ar]$3d^1$

C．CO_3^{2-}中 C 的轨道杂化类型为 sp^2 杂化

D．H_2O 是非极性分子

【答案】D

【分析】A．N 原子价层电子对数为 $4+\frac{5-1-1\times4}{2}=4$，采用 sp^3 杂化；

B．23 号钒元素基态原子的核外电子排布式为[Ar]$3d^34s^2$，钒原子失去 4 个电子形成 V^{4+}；

C．CO_3^{2-}中 C 原子价层电子对数为 $3+\frac{4+2-2\times3}{2}=3$；

D．H_2O 中 O 原子价层电子对数为 $2+\frac{6-2\times1}{2}=4$，采用 sp^3 杂化，是 V 形结构。

【解答】解：A．N 原子价层电子对数为 $4+\frac{5-1-1\times4}{2}=4$，采用 sp^3 杂化，NH_4^+的空间构型为正四面体形，故 A 正确；

B．23 号钒元素基态原子的核外电子排布式为[Ar]$3d^34s^2$，钒原子失去 4 个电子形成 V^{4+}，其核外电子排布式为[Ar]$3d^1$，故 B 正确；

C．CO_3^{2-}中 C 原子价层电子对数为 $3+\frac{4+2-2\times3}{2}=3$，C 轨道杂化类型为 sp^2 杂化，故 C 正确；

D．H_2O 中 O 原子价层电子对数为 $2+\frac{6-2\times1}{2}=4$，采用 sp^3 杂化，是 V 形结构，正负电荷中心不重叠，是极性分子，故 D 错误；

故选：D。

3．（3 分）黑火药是中国古代四大发明之一，其爆炸反应为 $2KNO_3+S+3C=K_2S+N_2\uparrow+3CO_2$，下列说法正确的是（　　）

A．半径：r（K^+）＞r（S^{2-}）

B．第一电离能：I_1（N）＞I_1（S）

C．电负性：x（C）＞x（O）

D．酸性：H_2CO_3＞H_2SO_4

【答案】B

【分析】A．具有相同电子排布的离子，原子序数大的离子半径小；

B．同周期自左至右第一电离能呈增大趋势，基态 N 原子 2p 轨道是半充满的，比较稳定，同主族自上而下第一电离能递减；

C．同周期从左向右电负性增大；

D．同周期从左到右元素非金属性递增，非金属性越强，对应最高价含氧酸的酸性越强。

【解答】解：A．具有相同电子排布的离子，原子序数大的离子半径小，则半径：r（K^+）＜r（S^{2-}），故 A 错误；

B．同周期自左至右第一电离能呈增大趋势，基态 N 原子 2p 轨道是半充满的，比较稳定，所以 N 原子第一电离能高于 O，同主族自上而下第一电离能递减，则第一电离能：I_1（N）＞I_1（S），故 B 正确；

C．同周期从左向右电负性增大，电负性：χ（C）＜χ（O），故 C 错误；

D．元素的非金属性越强，对应最高价含氧酸的酸性越强，酸性：H_2CO_3＜H_2SO_4，故 D 错误；

故选：B。

4.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\xlongequal{煅烧}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。下列硫酸盐性质与用途具有对应关系的是（　　）

A．$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$ 能水解形成胶体，可用作净水剂

B．$FeSO_4$ 具有还原性，可作治疗贫血药剂

C．$CuSO_4$ 水溶液呈酸性，可用作杀菌剂

D．$BaSO_4$ 难溶于水，可用于制取 BaS

【答案】A

【分析】A．明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]在水中能形成 $Al(OH)_3$ 胶体，胶体能吸附水中杂质或色素形成沉淀；

B．$FeSO_4$ 中的亚铁离子能与血红蛋白结合，从而改善贫血症状；

C．$CuSO_4$ 中铜离子为重金属离子，能使蛋白质变性；

D．$BaSO_4$ 可以和 C 在高温条件下反应生成 BaS 和 CO，用于制取 BaS，利用的是 $BaSO_4$ 的氧化性。

【解答】解：A．明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]在水中能形成 $Al(OH)_3$ 胶体，胶体能吸附水中杂质或色素形成沉淀，可用作净水剂，故 A 正确；

B．$FeSO_4$ 中的亚铁离子能与血红蛋白结合，从而改善贫血症状，可作治疗贫血药剂，与 $FeSO_4$ 具有还原性无对应关系，故 B 错误；

C．$CuSO_4$ 中铜离子为重金属离子，能使蛋白质变性，可用作杀菌剂，与 $CuSO_4$ 水溶液呈酸性无对应关系，故 C 错误；

D．$BaSO_4$ 可以和 C 在高温条件下反应生成 BaS 和 CO，用于制取 BaS，利用的是 $BaSO_4$ 的氧化性，与

$BaSO_4$ 难溶于水无对应关系，故 D 错误；

故选：A。

5.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\xlongequal{煅烧}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。硫及其化合物的转化具有重要作用，下列说法不正确的是（　　）

A．石灰乳吸收 SO_2 可生成 $CaSO_3$

B．硫磺在过量氧气中燃烧的产物是 SO_3

C．用 SO_2 水溶液吸收海水中吹出来的溴蒸汽生成 HBr 和 H_2SO_4

D．辉铜矿煅烧时，每消耗 1molO_2，反应共转移 6mol 电子

【答案】B

【分析】A．二氧化硫是酸性氧化物与碱反应生成亚硫酸盐和水；

B．硫磺在过量氧气中燃烧的产物是 SO_2；

C．用 SO_2 水溶液吸收海水中吹出来的溴蒸汽生成 HBr 和 H_2SO_4；

D．辉铜矿煅烧时，$Cu_2S+O_2\xlongequal{煅烧}2Cu+SO_2$，铜由+1 价降为 0 价，氧由 0 价降为﹣2 价，共降 6 价，或硫由﹣2 价升高为+4 价，升高 6 价。

【解答】解：A．二氧化硫是酸性氧化物与碱反应生成亚硫酸盐和水，石灰乳吸收 SO_2 可生成 $CaSO_3$，故 A 正确；

B．硫磺在过量氧气中燃烧的产物是 SO_2，故 B 错误；

C．用 SO_2 水溶液吸收海水中吹出来的溴蒸汽生成 HBr 和 H_2SO_4，$SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4$，故 C 正确；

D．辉铜矿煅烧时，$Cu_2S+O_2\xlongequal{煅烧}2Cu+SO_2$，铜由+1 价降为 0 价，氧由 0 价降为﹣2 价，共降 6 价，或硫由﹣2 价升高为+4 价，升高 6 价，每消耗 1molO_2，反应共转移 6mol 电子，故 D 正确；

故选：B。

6.（3 分）含硫矿物是多种化工生产的原料，主要有硫磺、黄铁矿（FeS_2）、辉铜矿（Cu_2S）、明矾[$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$]、绿矾（$FeSO_4\cdot 7H_2O$）、胆矾（$CuSO_4\cdot 5H_2O$）、重晶石（$BaSO_4$）等。硫磺、黄铁矿可作为工业制硫酸的原料，辉铜矿煅烧时可发生反应：$Cu_2S+O_2\xlongequal{煅烧}2Cu+SO_2$。$SO_2$ 直接排放会造成环境污

染，可将其转化，或用石灰乳、H_2S 等物质进行回收再利用。对于反应 $16H_2S$（g）$+8SO_2$（g）$\rightleftharpoons 3S_8$（s）$+16H_2O$（g）$\Delta H<0$，下列说法正确的是（　　）

A．该反应$\Delta S>0$

B．反应平衡常数 $K=\frac{c^3(S_8)\cdot c^{16}(H_2O)}{c^{16}(H_2S)\cdot c^8(SO_2)}$

C．其他条件一定，增大体系的压强可以增大反应的平衡转化率

D．其他条件一定，升高温度可以增大反应的平衡常数

【答案】C

【分析】A．该反应前后气体的计量数之和减小；

B．化学平衡常数等于气体生成物浓度幂之积与气体反应物浓度幂之积的比；

C．其它条件一定，增大压强，缩小体积，平衡正向移动；

D．该反应的正反应为放热反应，其它条件一定时，升高温度，平衡逆向移动。

【解答】解：A．由反应可知，反应后气体分子数减小，则$\Delta S<0$，故 A 错误；

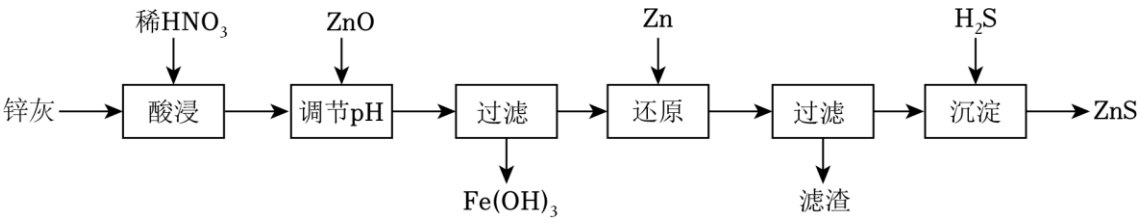
B．化学平衡常数等于气体生成物浓度幂之积与气体反应物浓度幂之积的比，则平衡常数为 $K=\frac{c^{16}(H_2O)}{c^{16}(H_2S)c^8(S_2O)}$，故 B 错误；

C．其它条件一定，该反应前后气体计量数之和减小，增大压强，平衡正向进行，增大了平衡转化率，故 C 正确；

D．该反应为放热反应，升高温度，反应逆向进行，平衡常数减小，故 D 错误；

故选：C。

7．（3 分）纳米 ZnS 具有独特的光电效应。以工业废渣锌灰（主要成分为 Zn、ZnO，还含有 Fe_2O_3、FeO、CuO 等杂质）为原料制备纳米 ZnS 的工业流程如图：



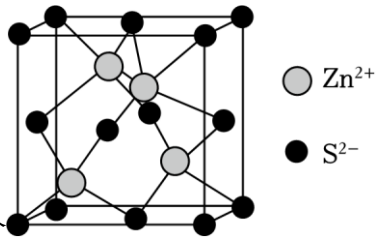
下列说法正确的是（　　）

A．“酸浸”时 FeO 反应的离子方程式为 $FeO+2H^+=Fe^{2+}+H_2O$

B．“还原”的目的是将 Fe^{3+}转化为 Fe^{2+}

C．“沉淀”的离子方程式为 $Zn^{2+}+S^{2-}=ZnS\downarrow$

D．ZnS 晶胞（如图所示）中每个 S^{2-} 周围距离最近的 Zn^{2+} 有 4 个



【答案】D

【分析】锌灰（主要成分为 Zn、ZnO，还含有 Fe_2O_3、FeO、CuO 等杂质）加入稀硝酸溶解，根据硝酸的强氧化性则所得溶液中含有 Fe^{3+}、Zn^{2+}、Cu^{2+}，再加入氧化锌调节 pH 值，先使三价铁以氢氧化铁沉淀而过滤除去，再加锌置换溶液中铜而过滤除去，再往滤液中通入硫化氢得到 ZnS 沉淀，据此分析解答。

【解答】解：A．稀硝酸具有强氧化性，与 FeO 发生氧化还原反应生成 $Fe(NO_3)_3$、NO 和 H_2O，离子方程式为 $3FeO+10H^{+}+NO_3^{-}=3Fe^{3+}+NO\uparrow+5H_2O$，故 A 错误；

B．根据分析，“还原”的目的是用锌置换出溶液中的铜过滤除去，故 B 错误；

C．根据分析，“沉淀”过程中，往滤液里通入硫化氢气体得到 ZnS 沉淀，反应的离子方程式为 $Zn^{2+}+H_2S=ZnS\downarrow+2H^{+}$，故 C 错误；

D．由 ZnS 晶胞图可知，考虑面心的 S^{2-}，每个 S^{2-} 周围距离最近的 Zn^{2+} 有 4 个，故 D 正确；

故选：D。

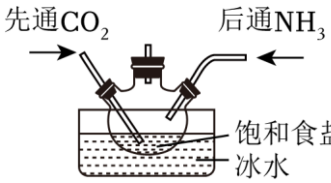
8．（3 分）实验小组用如图所示装置制取纯碱，其中能达到实验目的的是（　　）

A．

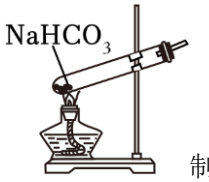
制 CO_2

B．

除 HCl

C． 

制 $NaHCO_3$

D. 

制纯碱

【答案】A

【分析】A．稀盐酸与碳酸钙反应生成二氧化碳；

B．二氧化碳、氯化氢均与 NaOH 溶液反应；

C．二氧化碳在水中的溶解度不大；

D．碳酸氢钠分解有水生成。

【解答】解：A．实验室常用大理石和稀盐酸制备 CO_2，图中固液反应装置可制备二氧化碳，故 A 正确；

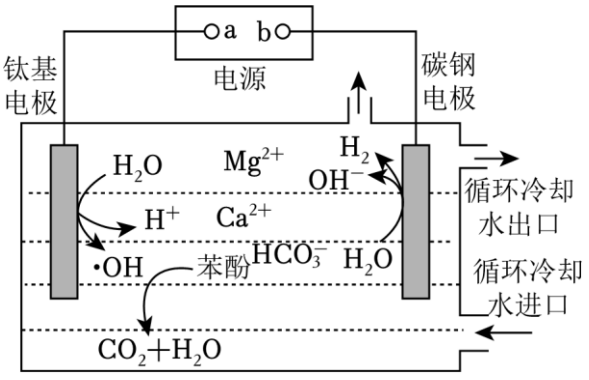
B．NaOH 均可吸收 HCl、CO_2，不能利用 NaOH 溶液吸收 CO_2 中的 HCl 气体，应该用饱和 $NaHCO_3$ 溶液，故 B 错误；

C.应先使氨气通入饱和食盐水中而成氨盐水，因氨气在溶液中的溶解度更大，再通入 CO_2，得到 $NaHCO_3$ 固体，故 C 错误；

D．为防止在试管口凝成的水珠流回试管底部致使试管骤冷而炸裂，加热时试管口应稍向下倾斜，故 D 错误；

故选：A。

9.（3 分）用电化学方法可以去除循环冷却水（含有 Ca^{2+}、Mg^{2+}、HCO_3^-、苯酚等）中的有机污染物，同时经处理过的冷却水还能减少结垢，其工作原理如图所示。下列说法正确的是（　　）



A．b 为电源的正极

B．钛基电极上的反应为 $H_2O+e^-=H^++\cdot OH$

C．碳钢电极底部有 $Mg(OH)_2$、$CaCO_3$ 生成

D．每生成标准状况下 2.24LCO_2，需要消耗 0.5mol$\cdot OH$

【答案】C

【分析】碳电极上水得到电子生成氢气，发生还原反应，电极反应为 $2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$，该电极为电解池的阴极，b 为电源的负极，a 为正极，钛基电极是阳极，失电子，发生氧化反应，钛基电极上的反应为 $H_2O-e^-=H^++\bullet OH$，以此分析解题。

【解答】解：A．由分析可知，碳电极上水得到电子生成氢气，发生还原反应，为电解池的阴极，b 为电源的负极，a 为正极，故 A 错误；

B．钛基电极是阳极，阳极失去电子，发生氧化反应，钛基电极上的反应式为：$H_2O-e^-=H^++\bullet OH$，故 B 错误；

C．碳电极上水得到电子放氢生碱，电极反应式为：$2H_2O+2e^-=2OH^-+H_2\uparrow$，同时发生 $HCO_3^-+OH^-=H_2O+CO_3^{2-}$，碳钢电极底部有 $Mg(OH)_2$、$CaCO_3$ 生成，故 C 正确；

D．钛基电极上的反应为 $H_2O-e^-=H^++\bullet OH$，$HCO_3^-+H^+=H_2O+CO_2\uparrow$，每生成标准状况下 2.24L$CO_2$ 气体，需要消耗 0.1mol•OH，故 D 错误；

故选：C。

10．（3 分）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	向淀粉和稀硫酸共热后的溶液中，加入 NaOH 溶液中和，再加入新制 $Cu(OH)_2$ 悬浊液，加热后观察有无红色沉淀生成	淀粉是否发生水解
B	向 $Al(OH)_3$ 沉淀中分别滴加盐酸和氨水，观察沉淀变化	$Al(OH)_3$ 为两性氢氧化物
C	向久置氯水中滴加少量 $NaHCO_3$ 溶液，观察有无气体生成	氯水中 HClO 是否已经分解
D	向 5mLNaCl 和 KI 的混合溶液中，滴加 1～2 滴 0.1mol·L^{-1} $AgNO_3$ 溶液，观察沉淀	K_{sp}（AgI）＜K_{sp}（AgCl）

	颜色	

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

【答案】A

【分析】A．淀粉水解后会产生葡萄糖，加入 NaOH 溶液中和，葡萄糖还原 Cu（OH）$_2$ 生成氧化亚铜的红色沉淀生成；

B．Al（OH）$_3$ 不与弱碱反应；

C．氯气与和水反应：$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons HCl+HClO$，氯水中含有盐酸；

D．5mLNaCl 和 KI 的混合溶液中，不知道各自的浓度。

【解答】解：A．向淀粉和稀硫酸共热后的溶液中，淀粉水解后会产生葡萄糖，加入 NaOH 溶液中和，再加入新制 Cu（OH）$_2$ 悬浊液，葡萄糖还原 Cu（OH）$_2$ 生成氧化亚铜的红色沉淀生成，故 A 正确；

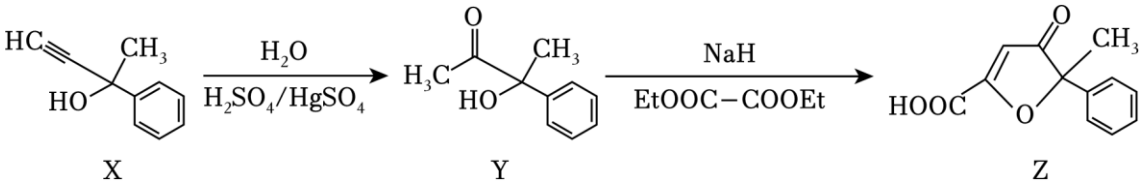
B．Al（OH）$_3$ 不与弱碱反应，故不能证明是 Al（OH）$_3$ 的两性氢氧化物，故 B 错误；

C．氯水中含有盐酸和次氯酸，盐酸能与少量 $NaHCO_3$ 溶液反应产生二氧化碳气体，与碳酸氢钠反应的盐酸可能来自氯水本身，不是次氯酸的分解，故该实验不能检验氯水中 HClO 是否已经分解，故 C 错误；

D．5mLNaCl 和 KI 的混合溶液中，不知道各自的浓度，如果碘离子的溶度很大，即使碘化银的溶度积大也会产生碘化银的沉淀，故 D 错误；

故选：A。

11．（3 分）化合物 Z 是一种治疗脂蛋白紊乱的药物，其合成路线如图。下列说法不正确的是（　　）



X　　Y　　Z

A．X 分子中所有碳原子可能在同一平面

B．Y 与浓硫酸共热可以发生消去反应

C．可以用 $NaHCO_3$ 溶液鉴别物质 Y 和 Z

D．1 分子 Z 中含 10 个 sp^2 杂化的碳原子

【答案】A

【分析】A．X 分子中，与苯环相连的碳原子是饱和碳原子；

B．Y 分子中，与羟基相连的碳原子的邻位甲基碳原子上有氢原；

C．Y 分子中没有羧基，Z 分子中有羧基；

D．Z 分子中，苯环上的 6 个碳原子、碳碳双键的 2 个碳原子、酮羰基的 1 个碳原子和羧基上的 1 个碳

原子均为 sp^2 杂化。

【解答】解：A．X 分子中，与苯环相连的碳原子是饱和碳原子，该碳原子与其它 3 个碳原子和 1 个氧原子构成四面体的结构，故 X 分子中所有碳原子不可能在同一平面，故 A 错误；

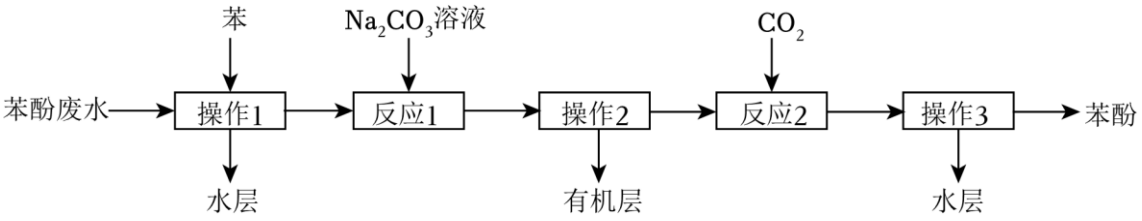
B．Y 分子中，与羟基相连的碳原子的邻位甲基碳原子上有氢原子，故 Y 能与浓硫酸共热可以发生消去反应，故 B 正确；

C．羧基能与 $NaHCO_3$ 溶液反应产生二氧化碳气体，Y 分子中没有羧基，Z 分子中有羧基，故可以用 $NaHCO_3$ 溶液鉴别物质 Y 和 Z，故 C 正确；

D．Z 分子中，苯环上的 6 个碳原子、碳碳双键的 2 个碳原子、酮羰基的 1 个碳原子和羧基上的 1 个碳原子均为 sp^2 杂化，这些碳原子共 10 个，故 D 正确；

故选：A。

12．（3 分）某实验室回收废水中苯酚的过程如图所示。已知：苯酚的电离常数 $K_a=1.0\times10^{-10}$，H_2CO_3 的电离常数 $K_{a1}=4.4\times10^{-7}$，$K_{a2}=5.6\times10^{-11}$。



下列有关说法正确的是（　　）

A．0.1mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液中存在：$c(OH^-)+c(CO_3^{2-})=c(H^+)+c(H_2CO_3)$

B．若反应 1 后溶液中存在 $c(Na^+)=2c(C_6H_5O^-)+2c(C_6H_5OH)$，此时溶液中 $c(C_6H_5O^-)>c(HCO_3^-)$

C．反应 2 通入少量 CO_2 时，离子方程式为 $C_6H_5O^-+CO_2+H_2O=C_6H_5OH+CO_3^{2-}$

D．反应 2 中通入 CO_2 至溶液 pH＝10 时，此时溶液中存在 $c(C_6H_5O^-)=c(C_6H_5OH)$

【答案】D

【分析】苯酚与苯互溶得到有机层和水层，操作 1 为分液，反应 1 中苯酚与碳酸钠溶液反应生成苯酚钠，操作 2 为分液，得到水层含苯酚钠，反应 2 中苯酚钠溶液与二氧化碳反应生成苯酚，操作 3 为分液，分离出苯酚。

【解答】解：A．0.1mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液中存在质子守恒：$c(OH^-)=c(H^+)+c(HCO_3^-)+2c(H_2CO_3)$，故 A 错误；

B．反应 1 中苯酚与碳酸钠溶液反应生成 C_6H_5ONa，存在物料守恒 $c(Na^+)=2c(C_6H_5O^-)+2c(C_6H_5OH)$，则 c（$Na_2CO_3$）：c（$C_6H_5OH$）＝1：1，碳酸根离子存在水解平衡，第一步水解常数为 $K_h=\frac{K_w}{K_{a2}}=\frac{1.0\times10^{-14}}{5.6\times10^{-11}}=\frac{1}{5.6}\times10^{-3}$，苯酚的电离常数 $K_a=1.0\times10^{-10}$，说明碳酸钠的水解程度大于苯酚的电离程度，则生成碳酸氢根离子浓度大于苯酚根离子，此时溶液中 $c(HCO_3^-)>c(C_6H_5O^-)$，故 B 错误；

C．根据弱酸的电离平衡常数越大其酸性越强，已知苯酚和碳酸的电离常数可知酸性：H_2CO_3＞C_6H_5OH＞HCO_3^-，反应 2 通入少量 CO_2 时生成苯酚和碳酸氢钠，离子方程式为 $C_6H_5O^-+CO_2+H_2O=C_6H_5OH+HCO_3^-$，故 C 错误；

D．苯酚的电离常数 $K_a=\frac{c(C_6H_5O^-)\cdot c(H^+)}{c(C_6H_5OH)}=1.0\times10^{-10}$，当 $c(C_6H_5O^-)=c(C_6H_5OH)$时，c（H^+）＝1.0×10^{-10}mol/L，此时 pH＝10，故 D 正确；

故选：D。

（多选）13.（3 分）烷烃与 CO_2 耦合反应可以制取烯烃。丙烷与 CO_2 耦合制丙烯时发生的反应：

主反应：C_3H_8（g）⇌C_3H_6（g）+H_2（g）ΔH＝+123.8kJ· mol^{-1}

$3CO_2$（g）+$9H_2$（g）⇌C_3H_6（g）+$6H_2O$（g）ΔH＝﹣250.2kJ· mol^{-1}

副反应：CO_2（g）+H_2（g）⇌CO（g）+H_2O（g）ΔH＝+41.2kJ· mol^{-1}

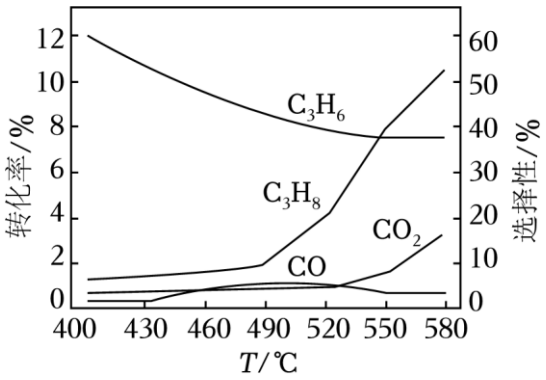
C_3H_8（g）⇌C_2H_4（g）+CH_4（g）ΔH＝+81.3kJ· mol^{-1}

向装有催化剂的密闭容器中充入体积比为 1：4 的 C_3H_8 与 CO_2 混合气体，其他条件一定，反应相同时间，测得 C_3H_8 和 CO_2 的转化率、C_3H_6 和 CO 的选择性与温度的关系如图所示。

C_3H_6 的选择性＝$\frac{3n(C_3H_6)}{3n(C_3H_8)_{反应}+n(CO_2)_{反应}}\times100\%$

CO 的选择性＝$\frac{n(CO)}{3n(C_3H_8)_{反应}+n(CO_2)_{反应}}\times100\%$

下列说法正确的是（　　）



A．反应 C_2H_4（g）+CH_4（g）+6H_2O（g）⇌3CO_2（g）+10H_2（g）的△H＝﹣292.7kJ·mol^{-1}

B．430℃时，容器中气体体积分数最大的气体是 C_3H_6

C．490℃～580℃，温度越高，容器中 C_2H_4 的体积分数越大

D．580℃时，使用对 C_3H_6 的选择性高的催化剂，能提高平衡时 C_3H_6 的产率

【答案】CD

【分析】A．由题意进对相应的热化学方程式编号：①C_3H_8（g）⇌C_3H_6（g）+H_2（g）$\triangle H_1=+123.8kJ\cdot mol^{-1}$；②3$CO_2$（g）+9$H_2$（g）⇌$C_3H_6$（g）+6$H_2O$（g） $\triangle H_2=-250.2kJ\cdot mol^{-1}$；③$C_3H_8$（g）⇌$C_2H_4$（g）+$CH_4$（g） $\triangle H_3=+81.3kJ\cdot mol^{-1}$；根据盖斯定律，①﹣②﹣③得 C_2H_4（g）+CH_4（g）+6H_2O（g）⇌3CO_2（g）+10H_2（g）；

B．根据题给图示易知，430℃时 C_3H_8 和 CO_2 的转化率均较小，因此容器中主要成分仍为 C_3H_8 和 CO_2，其中气体体积分数最大的气体是 CO_2；

C．由图可知，490℃～580℃时，随温度升高，C_3H_6 和 CO 的选择性均逐渐降低，说明 C_2H_4 和 CH_4 的含量逐渐增大，且平衡 C_3H_8（g）⇌C_2H_4（g）+CH_4（g）为吸热反应，升温平衡正向移动，由此可知，温度越高，容器中 C_2H_4 的体积分数越大；

D．580℃时，使用活性更高，对 C_3H_6 的选择性更高的催化剂，能提高平衡时 C_3H_6 的产率。

【解答】解：A．对由题意的相应的热化学方程式进行编号：①C_3H_8（g）⇌C_3H_6（g）+H_2（g）$\triangle H_1=+123.8kJ\cdot mol^{-1}$；②3$CO_2$（g）+9$H_2$（g）⇌$C_3H_6$（g）+6$H_2O$（g） $\triangle H_2=-250.2kJ\cdot mol^{-1}$；③$C_3H_8$（g）⇌$C_2H_4$（g）+$CH_4$（g） $\triangle H_3=+81.3kJ\cdot mol^{-1}$；然后运用盖斯定律，①﹣②﹣③得 C_2H_4（g）+CH_4（g）+6H_2O（g）⇌3CO_2（g）+10H_2（g）$\triangle H=\triangle H_1-\triangle H_2-\triangle H_3=+292.7kJ\cdot mol^{-1}$，故 A 错误；

B．根据题给图示易知，C_3H_8 和 CO_2 在 430℃时的转化率均较小，所以该容器中主要成分仍为 C_3H_8 和 CO_2，其中所含气体体积分数最大的气体是二氧化碳，故 B 错误；

C．根据题给图示易知，490℃～580℃时，随温度升高，C_3H_6 和 CO 的选择性均逐渐降低，即说明 C_2H_4 和 CH_4 的含量逐渐增大，且平衡 C_3H_8（g）⇌C_2H_4（g）+CH_4（g）是吸热反应，当升温时，平衡正向移动，即温度越高，容器中 C_2H_4 的体积分数越大，故 C 正确；

D．580℃时，使用对 C_3H_6 的选择性更高的催化剂，能提高平衡时 C_3H_6 的产率，故 D 正确，

故选：CD。

非选择题（61 分）

14．（16 分）磷酸铁（$FePO_4$）主要用于制造磷酸铁锂电池材料。以硫铁矿烧渣（主要成分是 Fe_2O_3，含少量 Al_2O_3、SiO_2 和 Fe_3O_4）为原料制备磷酸铁的工艺流程如图：

（1）焙烧。将硫铁矿烧渣与蔗糖（$C_{12}H_{22}O_{11}$）一起焙烧，可生成 FeO 与 CO_2。写出焙烧时 Fe_2O_3 所发生反应的化学方程式：$24Fe_2O_3+C_{12}H_{22}O_{11}=48FeO+12CO_2\uparrow+11H_2O$。

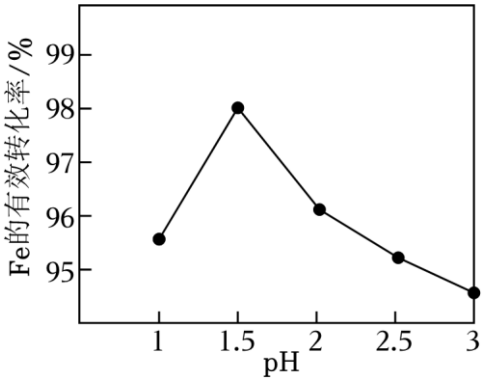
（2）还原。将焙烧后的固体用稀硫酸浸取，所得溶液主要含 $FeSO_4$，还含少量 $Al_2(SO_4)_3$ 和 $Fe_2(SO_4)_3$。向酸浸后所得溶液中加入 FeS_2 固体，充分搅拌至溶液中 Fe^{3+}全部被还原并生成 SO_4^{2-}。理论上完全反应需要消耗的 n（FeS_2）：n（Fe^{3+}）＝ 1：14 。

（3）制备 $FePO_4$。向 $FeSO_4$ 溶液中加入足量的 30%H_2O_2 溶液与 1mol·$L^{-1}$$Na_2HPO_4$ 溶液，控制溶液的 pH 约为 1.5，充分反应可得 $FePO_4$ 沉淀。

①写出生成 $FePO_4$ 反应的化学方程式：$2FeSO_4+H_2O_2+2Na_2HPO_4=2FePO_4\downarrow+2Na_2SO_4+2H_2O$。

②反应 $Fe^{3+}+HPO_4^{2-}=FePO_4\downarrow+H^+$的平衡常数 K＝ 3.0×10^9 。[已知：K_{sp}（$FePO_4$）＝1.5×10^{-22}，K_{a1}（H_3PO_4）＝7.1×10^{-3}，K_{a2}（H_3PO_4）＝6.2×10^{-8}，K_{a3}（H_3PO_4）＝4.5×10^{-13}]

（4）其他条件一定，制备 $FePO_4$ 时测得 Fe 的有效转化率[$\frac{n(FePO_4)}{n(Fe)_{总}}\times100\%$]与溶液 pH 的关系如图所示。



①pH＜1.5 时，pH 越大，Fe 的有效转化率越大的原因是 pH＜1.5 时，pH 越大，c（H^+）减小，促进

了的HPO_4^{2-}的电离$HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$，生成了更多的$PO_4^{3-}$，促进平衡$Fe^{3+}+PO_4^{3-}\rightleftharpoons FePO_4$，正向移动 。

②pH＞1.5 时，pH 越大，Fe 的有效转化率越低的原因是 pH＞1.5 时，pH 越大，c（OH^-）越大，部分 Fe^{3+}生成 Fe（OH）$_3$ 。

【答案】（1）$24Fe_2O_3+C_{12}H_{22}O_{11}=48FeO+12CO_2\uparrow+11H_2O$；

（2）1：14；

（3）①$2FeSO_4+H_2O_2+2Na_2HPO_4=2FePO_4\downarrow+2Na_2SO_4+2H_2O$；

②$3.0\times10^9$；

（4）①pH＜1.5 时，pH 越大，c（H^+）减小，促进了的HPO_4^{2-}的电离$HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$，生成了更多的 PO_4^{3-}，促进平衡$Fe^{3+}+PO_4^{3-}\rightleftharpoons FePO_4$，正向移动；

②pH＞1.5 时，pH 越大，c（OH^-）越大，部分 Fe^{3+}生成 Fe（OH）$_3$。

【分析】（1）Fe_2O_3 和 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 反应，Fe 的化合价从+3 降低到+2，C 的化合价从 0 价升高到+4。1mol$C_{12}H_{22}O_{11}$ 完全反应共失去 12×4mol＝48mol 电子，1molFe_2O_3 转化为 FeO，共得到 2×1mol 电子；

（2）FeS_2 中的 S 的化合价为﹣1，升高到+6，则 1molFeS_2 反应共失去 2×7mol＝14mol 电子，而 Fe^{3+}转化为 Fe^{2+}，化合价降低 1 价，1molFe^{3+}得到 1mol 电子，根据得失电子守恒；

（3）①$FeSO_4$ 中的 Fe 的化合价从+2 升高到+3，1mol$FeSO_4$ 反应共失去 1mol 电子；H_2O_2 中 O 的化合价从﹣1 降低到﹣2，1molH_2O_2 反应共得到 2×1mol＝2mol 电子，根据得失电子守恒和原子守恒；

② 该 反 应 的 平 衡 常 数 $K=\frac{c(H^+)}{c(Fe^{3+})c(HPO_4^{2-})}$ ， 上 下 同 时 乘 以 $c(PO_4^{3-})$ ， 得 $K=\frac{c(H^+)}{c(Fe^{3+})c(HPO_4^{2-})}\times\frac{c(PO_4^{3-})}{c(PO_4^{3-})}=\frac{c(H^+)c(PO_4^{3-})}{c(HPO_4^{2-})}\times\frac{1}{c(Fe^{3+})c(PO_4^{3-})}=\frac{K_{a3}}{K_{sp}(FePO_4)}$，带入数据；

（4）①pH＜1.5 时，pH 越大，c（H^+）减小，促进了的HPO_4^{2-}的电离$HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$，生成了更多的 PO_4^{3-}，促进平衡$Fe^{3+}+PO_4^{3-}\rightleftharpoons FePO_4$，正向移动；

②pH＞1.5 时，pH 越大，c（OH^-）越大，Fe^{3+}与会 OH^-反应生成 Fe（OH）$_3$，生成的 $FePO_4$ 减少。

【解答】解：（1）Fe_2O_3 和 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 反应，Fe 的化合价从+3 降低到+2，C 的化合价从 0 价升高到+4。1mol$C_{12}H_{22}O_{11}$ 完全反应共失去 12×4mol＝48mol 电子，1molFe_2O_3 转化为 FeO，共得到 2×1mol 电子。根据得失电子守恒，1mol$C_{12}H_{22}O_{11}$ 可与 24molFe_2O_3 反应，根据得失电子守恒和原子守恒，可得方程式：$24Fe_2O_3+C_{12}H_{22}O_{11}=48FeO+12CO_2\uparrow+11H_2O$，

故答案为：$24Fe_2O_3+C_{12}H_{22}O_{11}=48FeO+12CO_2\uparrow+11H_2O$；

（2）FeS_2 中的 S 的化合价为﹣1，升高到+6，则 1molFeS_2 反应共失去 2×7mol＝14mol 电子，而 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+}，化合价降低 1 价，1molFe^{3+}得到 1mol 电子，根据得失电子守恒，1molFeS_2 可与 14molFe^{3+} 反应，则 n（FeS_2）：n（Fe^{3+}）＝1：14，

故答案为：1：14；

（3）①$FeSO_4$ 中的 Fe 的化合价从+2 升高到+3，1mol$FeSO_4$ 反应共失去 1mol 电子；H_2O_2 中 O 的化合价从﹣1 降低到﹣2，1molH_2O_2 反应共得到 2×1mol＝2mol 电子，根据得失电子守恒和原子守恒，可得方程式：$2FeSO_4+H_2O_2+2Na_2HPO_4=2FePO_4\downarrow+2Na_2SO_4+2H_2O$，

故答案为：$2FeSO_4+H_2O_2+2Na_2HPO_4=2FePO_4\downarrow+2Na_2SO_4+2H_2O$；

②该反应的平衡常数 $K=\frac{c(H^+)}{c(Fe^{3+})c(HPO_4^{2-})}$，上下同时乘以 $c(PO_4^{3-})$，得 $K=\frac{c(H^+)}{c(Fe^{3+})c(HPO_4^{2-})}\times\frac{c(PO_4^{3-})}{c(PO_4^{3-})}=\frac{c(H^+)c(PO_4^{3-})}{c(HPO_4^{2-})}\times\frac{1}{c(Fe^{3+})c(PO_4^{3-})}=\frac{K_{a3}}{K_{sp}(FePO_4)}$，带入数据，可得 $K=\frac{K_{a3}}{K_{sp}(FePO_4)}=\frac{4.5\times10^{-13}}{1.5\times10^{-22}}=3.0\times10^9$，

故答案为：3.0×10^9；

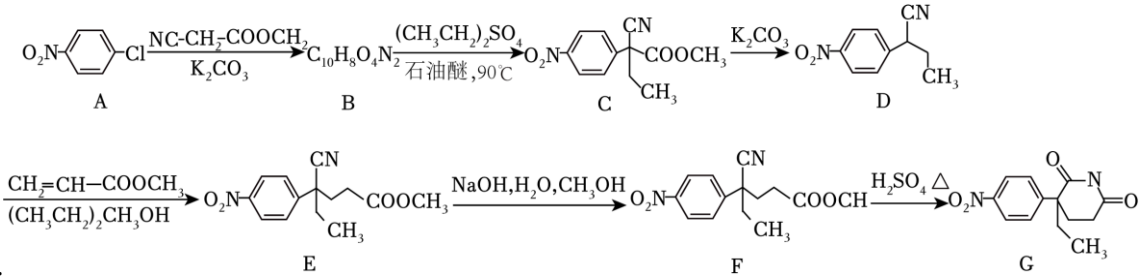
（4）①pH＜1.5 时，pH 越大，c（H^+）减小，促进了的 HPO_4^{2-}的电离 $HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^++PO_4^{3-}$，生成了更多的 PO_4^{3-}，促进平衡 $Fe^{3+}+PO_4^{3-}\rightleftharpoons FePO_4$，正向移动，生成更多的 $FePO_4$，

故答案为：pH＜1.5 时，pH 越大，c（H^+）减小，促进了的 HPO_4^{2-}的电离 $HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^++PO_4^{3-}$，生成了更多的 PO_4^{3-}，促进平衡 $Fe^{3+}+PO_4^{3-}\rightleftharpoons FePO_4$，正向移动；

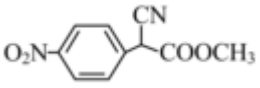
②pH＞1.5 时，pH 越大，c（OH^-）越大，Fe^{3+}与会 OH^- 反应生成 $Fe(OH)_3$，生成的 $FePO_4$ 减少，

故答案为：pH＞1.5 时，pH 越大，c（OH^-）越大，部分 Fe^{3+}生成 $Fe(OH)_3$。

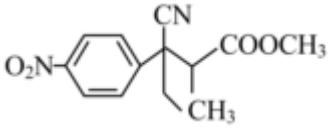
15．（15 分）化合物 G 是一种抗肿瘤药的中间体，其合成路线如图：

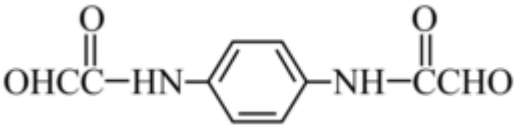


.

（1）B 的结构简式为  。

（2）D→E 的反应类型为 加成 反应。

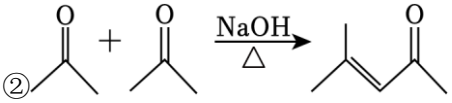
（3）D→E 时可能生成一种与 E 互为同分异构体的副产物，该副产物的结构简式为  。

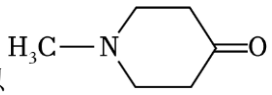
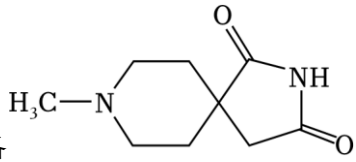
（4）B 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：  。

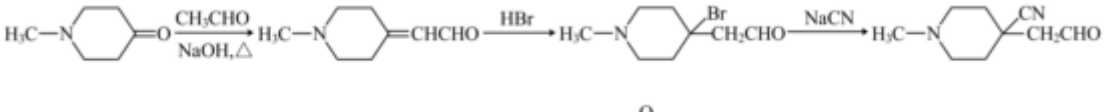
Ⅰ.含有苯环，能发生银镜反应；

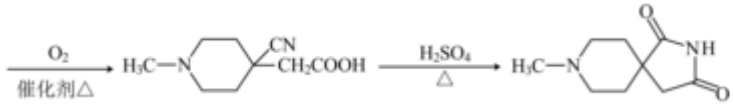
Ⅱ.能发生水解反应，水解后的有机产物有 2 种，一种具有酸性，一种具有碱性，每种产物均含有 2 种化学环境不同的氢原子。

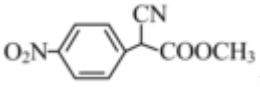
（5）已知：①R－X $\xrightarrow{NaCN}$ R－CN（R 表示烃基）；

② 

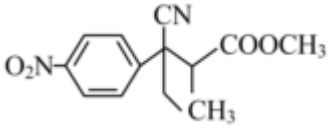
写出以  、CH_3CHO 为原料制备  的合成路线流程图

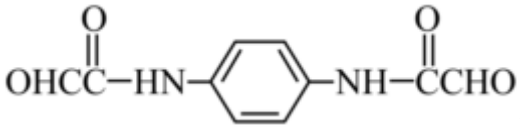


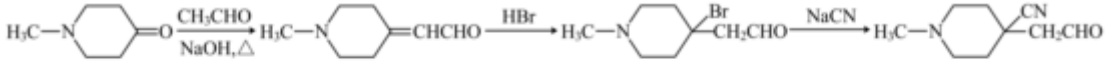
 （无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

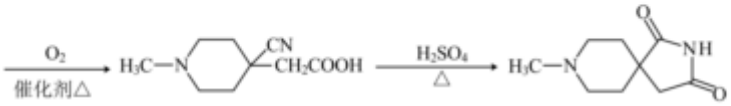
【答案】（1）  ；

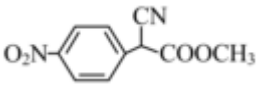
（2）加成；

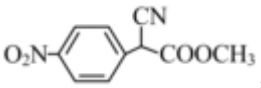
（3）  ；

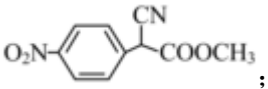
（4）  ；



（5）  。

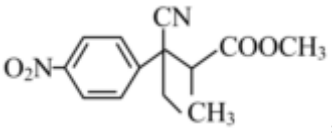
【分析】由 B 的分子式和 A 的结构简式可知 A 发生取代反应生成 B 为  ，B 上取代乙基生成 C，C 脱去 - $COOCH_3$ 生成 D，D 发生加成反应生成 E，E 中酯基发生水解反应生成 F。

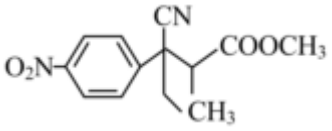
【解答】解：（1）由分析可知，B 的结构简式为  ，

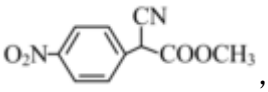
故答案为：  ；

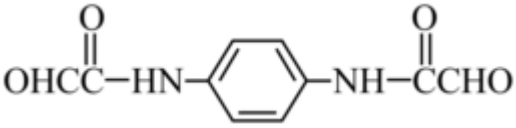
（2）D 和 CH_3 - CH_2 - $COOCH_3$ 发生加成反应生成 E，则 D→E 的反应类型为加成反应，

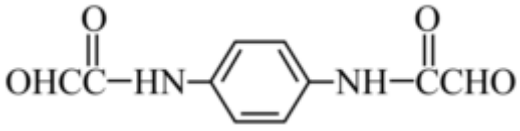
故答案为：加成；

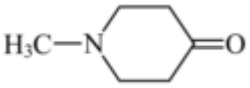
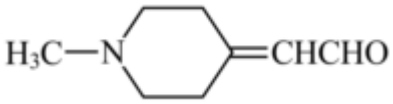
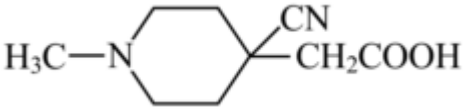
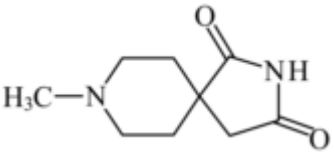
（3）D→E 时可能 CH_3 - CH_2 - $COOCH_3$ 中亚甲基与 D 发生加成反应，生成一种与 E 互为同分异构体的副产物，该副产物的结构简式为  ，

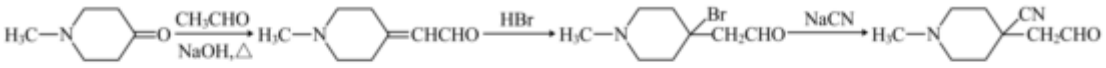
故答案为：  ；

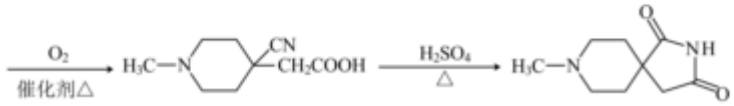
（4）B 为  ，满足条件：I.含有苯环，能发生银镜反应说明含有醛基；II.能发生水解反应说明含有酯基或肽键，水解后的有机产物有 2 种，一种具有酸性即含有 - COOH，一种具有碱性即含有 - NH_2，每种产物均含有 2 种化学环境不同的氢原子，则该同分异构体结构简式为

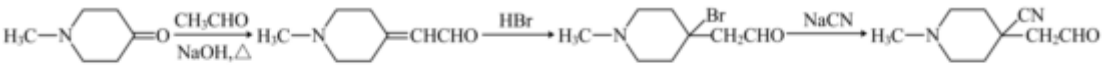
 ，

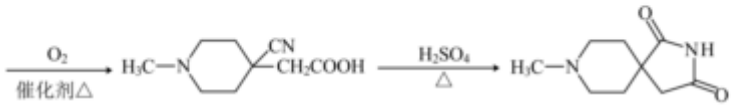
故答案为：  ；

（5）根据已知信息②可知，  和 CH_3CHO 在 NaOH、加热条件下反应生成  ，碳碳双键与 HBr 发生加成反应生成 ，根据已知信息①的反应，在 NaCN 作用下发生取代反应生成 ，醛基与氧气发生催化氧化生成羧基，得到  ，根据流程中 F→G 可知生成  ，合成路线为：

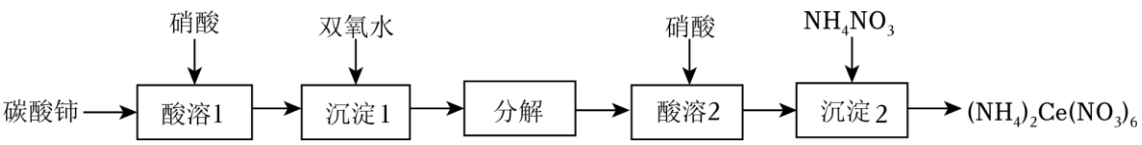


 ，



故答案为：  。

16.（15 分）硝酸铈铵[$(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$]、二氧化铈（CeO_2）均是常见的强氧化剂，可以以 $Ce_2(CO_3)_3$ 为原料进行制取。

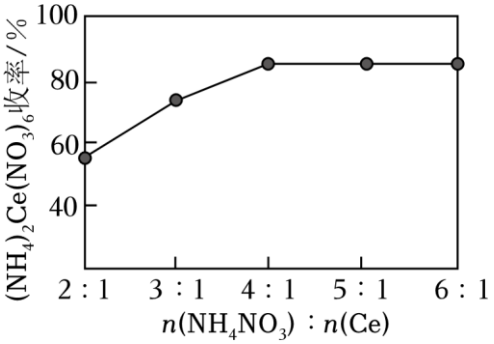


（1）“沉淀 1”时，溶液中 $Ce(NO_3)_3$ 转化为 $Ce(OH)_3(HO_2)$ 沉淀。写出沉淀 1 反应的化学方程式：<u>$2Ce(NO_3)_3+3H_2O_2+4H_2O=2Ce(OH)_3(HO_2)\downarrow+6HNO_3$</u>。

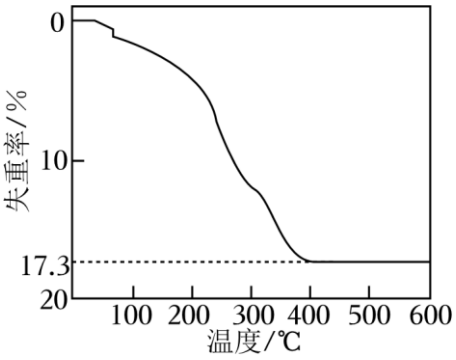
（2）“酸溶 2”时，控制反应温度为 80℃，硝酸与 $Ce(OH)_3(HO_2)$ 分解产生的 $Ce(OH)_4$ 反应生

成 $H_2Ce(NO_3)_6$，反应过程中有少量红棕色气体逸出。“酸溶 2”时需控制硝酸的温度为 80℃，同时将 $Ce(OH)_4$ 分批加入硝酸中，原因是 控制硝酸的温度为 80℃的目的是加快化学反应速率的同时减少硝酸的挥发和分解；将 $Ce(OH)_4$ 分批加入硝酸中，可以防止反应过于剧烈 。

（3）“沉淀 2”时，控制其他条件一定，改变加入 NH_4NO_3 固体的量，测得 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ 沉淀的收率如图所示。“沉淀 2”时，不是采用反应计量数之比，而是控制加入 $n(NH_4NO_3)$：$n(Ce)=4$：1 的目的是 增加 NH_4^+ 的浓度，加快反应的速率；此时 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ 沉淀的收率较高 。



（4）实验小组以 $Ce_2(CO_3)_3$ 为原料制取 CeO_2，请补充完整实验方案：将 $Ce_2(CO_3)_3$ 完全溶解于盐酸中， 向所得溶液中加入 2mol· L^{-1} 氨水，至静置后向上层清液中加入氨水不再产生沉淀，向浊液中边搅拌边通入 O_2 至沉淀完全变为黄色，洗涤滤渣，至最后一次洗涤滤液加入 1mol· $L^{-1}HNO_3$ 酸化后再加入 1mol· $L^{-1}AgNO_3$ 溶液不再产生沉淀，向将沉淀放入马弗炉中，控制温度为 500℃下焙烧至固体质量不再减少 ，得 CeO_2 固体。[已知：$4Ce(OH)_3$（白色沉淀）$+O_2+2H_2O=4Ce(OH)_4$（黄色沉淀），$Ce(OH)_4$ 受热分解时失重百分比与温度的关系如图所示。可选用的仪器和试剂：2mol· L^{-1} 氨水、O_2、1mol· $L^{-1}HNO_3$、1mol· $L^{-1}AgNO_3$ 溶液、马弗炉（可用于固体的高温加热）]



（5）实验制得的硝酸铈铵（摩尔质量为 548g· mol^{-1}）含量可用下列方法测定：准确称取 16.0g 硝酸铈铵样品，加水充分溶解，并转移至 100mL 容量瓶中定容、摇匀，得硝酸铈铵溶液试样。准确量取 5mL 的硝酸铈铵溶液试样，移入 250mL 锥形瓶中，加入适量硫酸和磷酸，并加入 2 滴 0.25%邻二氮杂菲指示剂，用 0.05000mol· L^{-1} 硫酸亚铁铵[$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$]标准溶液滴定至终点（滴定过程中 Ce^{4+}

被还原为 Ce^{3+}），消耗标准溶液 24.00mL。计算该样品中硝酸铈铵的质量分数 82.2% 。

【答案】（1）$2Ce(NO_3)_3+3H_2O_2+4H_2O=2Ce(OH)_3(HO_2)\downarrow+6HNO_3$；

（2）控制硝酸的温度为 80℃的目的是加快化学反应速率的同时减少硝酸的挥发和分解；将 $Ce(OH)_4$ 分批加入硝酸中，可以防止反应过于剧烈；

（3）增加 NH_4^+ 的浓度，加快反应的速率；此时 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ 沉淀的收率较高；

（4）向所得溶液中加入 $2mol\cdot L^{-1}$ 氨水，至静置后向上层清液中加入氨水不再产生沉淀，向浊液中边搅拌边通入 O_2 至沉淀完全变为黄色，洗涤滤渣，至最后一次洗涤滤液加入 $1mol\cdot L^{-1}HNO_3$ 酸化后再加入 $1mol\cdot L^{-1}AgNO_3$ 溶液不再产生沉淀，向将沉淀放入马弗炉中，控制温度为 500℃下焙烧至固体质量不再减少；

（5）82.2%。

【分析】“酸溶 1”$Ce_2(CO_3)_3$ 与硝酸反应生成 $Ce(NO_3)_3$，根据小问题知，“沉淀 1”时，加入双氧水，溶液中 $Ce(NO_3)_3$ 转化为 $Ce(OH)_3(HO_2)$ 沉淀，$Ce(OH)_3(HO_2)$ 分解产生 $Ce(OH)_4$，“酸溶 2”时，控制反应温度为 80℃，硝酸与 $Ce(OH)_3(HO_2)$ 分解产生的 $Ce(OH)_4$ 反应生成 $H_2Ce(NO_3)_6$，“沉淀 2”时，加入 NH_4NO_3 固体得到 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$。

【解答】解：（1）“沉淀 1”时，溶液中 $Ce(NO_3)_3$ 转化为 $Ce(OH)_3(HO_2)$ 沉淀，根据得失电子守恒、元素守恒配平沉淀 1 反应的化学方程式为：$2Ce(NO_3)_3+3H_2O_2+4H_2O=2Ce(OH)_3(HO_2)\downarrow+6HNO_3$，

故答案为：$2Ce(NO_3)_3+3H_2O_2+4H_2O=2Ce(OH)_3(HO_2)\downarrow+6HNO_3$；

（2）控制硝酸的温度为 80℃的目的是加快化学反应速率的同时减少硝酸的挥发和分解；将 $Ce(OH)_4$ 分批加入硝酸中，可以防止反应过于剧烈，

故答案为：控制硝酸的温度为 80℃的目的是加快化学反应速率的同时减少硝酸的挥发和分解；将 $Ce(OH)_4$ 分批加入硝酸中，可以防止反应过于剧烈；

（3）“沉淀 2”时，不是采用反应计量数之比，而是控制加入 $n(NH_4NO_3):n(Ce)=4:1$ 的目的是增加 NH_4^+ 的浓度，加快反应的速率；此时 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ 沉淀的收率较高，

故答案为：增加 NH_4^+ 的浓度，加快反应的速率；此时 $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ 沉淀的收率较高；

（4）已知：$4Ce(OH)_3$（白色沉淀）$+O_2+2H_2O=4Ce(OH)_4$（黄色沉淀），根据受热分解时失重百分比与温度的关系图可知，$208\times17.3\%\approx36$，则加热 $Ce(OH)_4$ 到 500℃分解得到 CeO_2，故实验小组以 $Ce_2(CO_3)_3$ 为原料制取 CeO_2，可设计实验方案：将 $Ce_2(CO_3)_3$ 完全溶解于盐酸中，向所得溶液中加入 $2mol\cdot L^{-1}$ 氨水，至静置后向上层清液中加入氨水不再产生沉淀，向浊液中边搅拌边通入 O_2 至

沉淀完全变为黄色，洗涤滤渣，至最后一次洗涤滤液加入 1mol· $L^{-1}HNO_3$ 酸化后再加入 1mol· $L^{-1}AgNO_3$ 溶液不再产生沉淀，向将沉淀放入马弗炉中，控制温度为 500℃下焙烧至固体质量不再减少，得 CeO_2 固体，

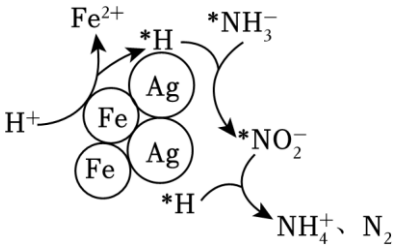
故答案为：向所得溶液中加入 2mol· L^{-1} 氨水，至静置后向上层清液中加入氨水不再产生沉淀，向浊液中边搅拌边通入 O_2 至沉淀完全变为黄色，洗涤滤渣，至最后一次洗涤滤液加入 1mol· $L^{-1}HNO_3$ 酸化后再加入 1mol· $L^{-1}AgNO_3$ 溶液不再产生沉淀，向将沉淀放入马弗炉中，控制温度为 500℃下焙烧至固体质量不再减少；

（5）滴定过程中 Ce^{4+}被还原为 Ce^{3+}，发生反应 $Ce^{4+}+Fe^{2+}=Ce^{3+}+Fe^{3+}$，故该样品中硝酸铈铵的质量分数$\frac{0.05mol/L\times0.024L\times\frac{100}{5}\times548g/mol}{16.0g}\times100\%=82.2\%$，

故答案为：82.2%。

17.（15 分）铁系纳米复合材料可以去除水体中的硝酸盐污染物。

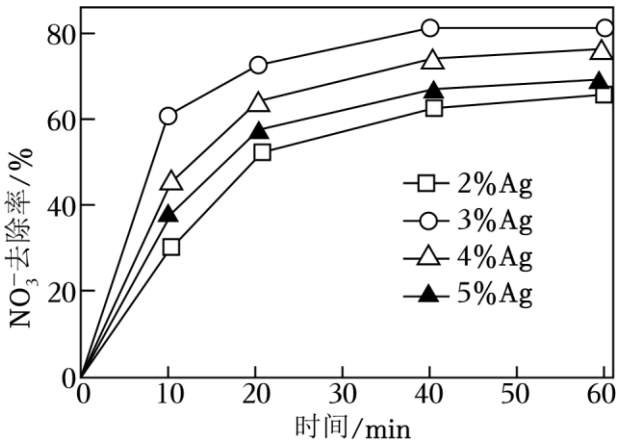
（1）Fe﹣Ag 金属复合材料去除某 pH＝2 的废水中NO_3^-的反应历程如图所示（吸附在金属复合材料表面的物种用*标注）



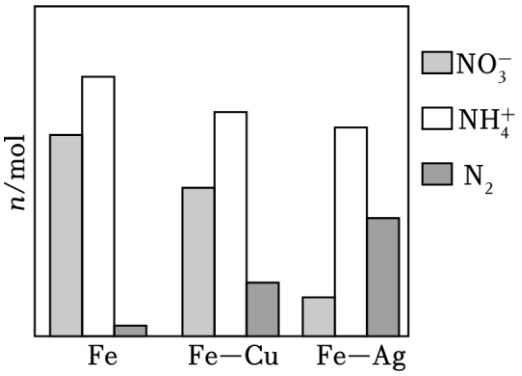
①如图中NO_3^-的去除机理可描述为 Fe 失去电子生成 Fe^{2+}，H^+在 Fe 表面得电子生成氢原子并吸附在金属 Ag 的表面；氢原子失去电子给吸附在 Ag 表面的NO_3^-和NO_2^-；NO_3^-得电子生成NO_2^-，NO_2^-得电子生成NH_4^+或 N_2。

②其他条件一定，反应相同时间，溶液的 pH 越大，NO_3^-的去除率越低的原因是 pH 越大，氢离子浓度越小，得到的氢原子浓度越小，氢原子还原NO_3^-、NO_2^-的速率越低。

（2）控制其他条件一定，反应相同时间，不同 Ag 负载比[$\frac{m(Ag)}{m(Fe-Ag)}\times100\%$]的 Fe﹣Ag 金属复合材料对$NO_3^-$的去除率影响如图所示。Ag 负载比小于 3%时，$NO_3^-$的去除率较低的原因是 当 Ag 负载量小于 3%时，吸附于 Ag 表面的NO_3^-较少，当 Ag 负载量大于 3%时，与 Fe 反应生成并吸附于 Ag 表面的氢原子较少。

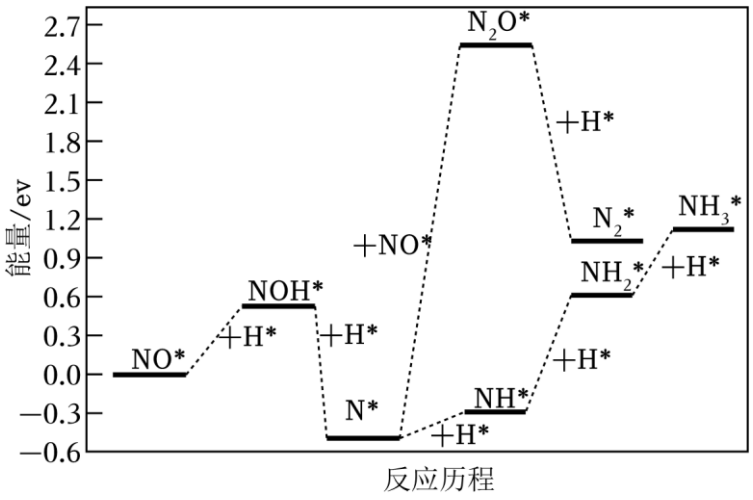


（3）其他条件一定，反应相同时间，分别用含铁质量相等的纳米铁粉、Cu 负载比为 4%的 Fe﹣Cu 金属复合材料、Ag 负载比为 3%的 Fe﹣Ag 金属复合材料去除溶液中 NO_3^-，反应后残留的 NO_3^-、生成的 NH_4^+ 和 N_2 的物质的量如图所示。



①与其他材料相比，Fe﹣Ag 金属复合材料去除 NO_3^-的优点是 由图示可知，Fe﹣Ag 金属复合材料反应后残留的 NO_3^-最低，硝酸盐去除效率高，生成氮气较多，减少了溶液中氨氮的二次污染 。

②用纳米铁粉去除 NO_3^-时，反应过程中的物种及能量变化如图所示，用纳米铁粉去除 NO_3^-时生成 N_2 的量极少的原因是 由图示可知，生成 N_2 过程中 N 原子和 NO 反应生成 N_2O 所需的活化能较高，反应较困难，生成 N_2 含量少 。



【答案】（1）①Fe 失去电子生成 Fe^{2+}，H^+在 Fe 表面得电子生成氢原子并吸附在金属 Ag 的表面；

②氢原子失去电子给吸附在 Ag 表面的NO_3^-和NO_2^-；NO_3^-得电子生成NO_2^-，NO_2^-得电子生成NH_4^+或 N_2pH 越大，氢离子浓度越小，得到的氢原子浓度越小，氢原子还原NO_3^-、NO_2^-的速率越低；

（2）当 Ag 负载量小于 3%时，吸附于 Ag 表面的NO_3^-较少，当 Ag 负载量大于 3%时，与 Fe 反应生成并吸附于 Ag 表面的氢原子较少；

（3）①硝酸盐去除效率高，生成氮气较多，减少了溶液中氨氮的二次污染；

②生成 N_2 过程中 N 原子和 NO 反应生成 N_2O 所需的活化能较高，反应较困难，生成 N_2 含量少。

【分析】（1）①由图示可知反应的过程；

②溶液中 H^+离子浓度越小，pH 越大，反应中得到的氢原子浓度越小，氢原子还原NO_3^-、NO_2^-的速率越低；

（2）当 Ag 负载量小于 3%时，吸附于 Ag 表面的NO_3^-较少，当 Ag 负载量大于 3%时，与 Fe 反应生成并吸附于 Ag 表面的氢原子较少；

（3）①由图示可知，Fe﹣Ag 金属复合材料反应后残留的NO_3^-最低，硝酸盐去除效率高，生成氮气较多；

②由图示可知，生成 N_2 过程中 N 原子和 NO 反应生成 N_2O 所需的活化能较高，反应较困难。

【解答】解：（1）①由图示可知反应的过程，即NO_3^-的去除机理为：Fe 失电子生成 Fe^{2+}，H^+在 Fe 的表面得到电子生成 H 原子并吸附在金属 Ag 的表面；氢原子失去电子给吸附在 Ag 表面的NO_3^-和NO_2^-；NO_3^-得电子生成NO_2^-，NO_2^-得电子生成NH_4^+或 N_2，

故答案为：Fe 失电子生成 Fe^{2+}，H^+在 Fe 的表面得到电子生成 H 原子并吸附在金属 Ag 的表面；氢原子

失去电子给吸附在 Ag 表面的NO_3^-和NO_2^-；NO_3^-得电子生成NO_2^-，NO_2^-得电子生成NH_4^+或 N_2；

②溶液中 H^+离子浓度越小，pH 越大，反应中得到的氢原子浓度越小，氢原子还原NO_3^-、NO_2^-的速率越低，

故答案为：pH 越大，H^+离子浓度越小，得到的氢原子浓度越小，氢原子还原NO_3^-、NO_2^-的速率越低；

（2）当 Ag 负载量小于 3%时，吸附于 Ag 表面的NO_3^-较少，当 Ag 负载量大于 3%时，与 Fe 反应生成并吸附于 Ag 表面的氢原子较少，故当 Ag 负载比小于 3%时，NO_3^-的去除率较低，

故答案为：当 Ag 负载量小于 3%时，吸附于 Ag 表面的NO_3^-较少，当 Ag 负载量大于 3%时，与 Fe 反应生成并吸附于 Ag 表面的氢原子较少；

（3）①由图示可知，Fe﹣Ag 金属复合材料反应后残留的NO_3^-最低，硝酸盐去除效率高，生成氮气较多，减少了溶液中氨氮的二次污染，

故答案为：硝酸盐去除效率高，生成氮气较多，减少了溶液中氨氮的二次污染；

②由图示可知，生成 N_2 过程中 N 原子和 NO 反应生成 N_2O 所需的活化能较高，反应较困难，生成 N_2 含量少，

故答案为：生成 N_2 过程中 N 原子和 NO 反应生成 N_2O 所需的活化能较高，反应较困难，生成 N_2 含量少。