化学试题

本试卷共100分，考试时间75分钟。

可能用到的相对原子质量：H—1　Li—7　C—12　N—14　O—16　Mg—24　S—32　Cl—35.5　K—39　V—51　Fe—56

一、单项选择题：共13题，每题3分，共39分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 我国提出2060年实现碳中和的目标，体现了大国担当。碳中和中的碳是指　(　)

A. 碳原子　　B. 二氧化碳

C. 碳元素　　D. 含碳物质

2. 反应 $NH_4Cl+NaNO_2 \xlongequal{} NaCl+N_2\uparrow+2H_2O$ 应用于石油开采。下列说法正确的是　(　)

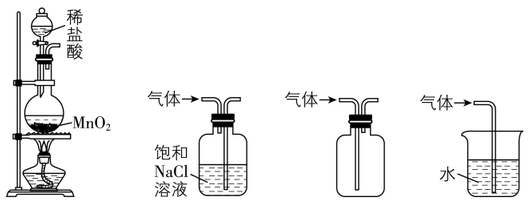
A. NH_4^+ 的电子式为 $H:\overset{H}{\underset{H}{\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}}}}:H$

B. NO_2^- 中N元素的化合价为+5

C. N_2 分子中存在N≡N键

D. H_2O 为非极性分子

3. 实验室制取 Cl_2 的实验原理及装置均正确的是(　)



A. 制取 Cl_2　　B. 除去 Cl_2 中的HCl　　C. 收集 Cl_2　　D. 吸收尾气中的 Cl_2

4. 元素C、Si、Ge位于周期表中第ⅣA族。下列说法正确的是　(　)

A. 原子半径：$r(C)>r(Si)>r(Ge)$

B. 第一电离能：$I_1(C)<I_1(Si)<I_1(Ge)$

C. 碳单质、晶体硅、SiC均为共价晶体

D. 可在周期表中元素Si附近寻找新半导体材料

阅读下列材料，完成5~7题：

氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。${}_1^1H$、${}_1^2H$、${}_1^3H$ 是氢元素的3种核素，基态H原子 $1s^1$ 的核外电子排布，使得H既可以形成 H^+ 又可以形成 H^-，还能形成 H_2O、H_2O_2、NH_3、N_2H_4、CaH_2 等重要化合物；水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得 H_2，如水煤气法制氢反应中，$H_2O(g)$ 与足量 $C(s)$ 反应生成1 mol $H_2(g)$ 和1 mol $CO(g)$ 吸收131.3 kJ的热量。H_2 在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用，如 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 $HCOO^-$。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。

5. 下列说法正确的是　(　)

A. ${}_1^1H$、${}_1^2H$、${}_1^3H$ 都属于氢元素

B. NH_4^+ 和 H_2O 的中心原子轨道杂化类型均为 sp^2

C. H_2O_2 分子中的化学键均为极性共价键

D. CaH_2 晶体中存在Ca与 H_2 之间的强烈相互作用

6. 下列化学反应表示正确的是　(　)

A. 水煤气法制氢：$C(s)+H_2O(g) \xlongequal{} H_2(g)+CO(g)$　$\Delta H=-131.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. HCO_3^- 催化加氢生成 $HCOO^-$ 的反应：$HCO_3^-+H_2 \xlongequal{\text{催化剂}} HCOO^-+H_2O$

C. 电解水制氢的阳极反应：$2H_2O-2e^- \xlongequal{} H_2\uparrow+2OH^-$

D. CaH_2 与水反应：$CaH_2+2H_2O \xlongequal{} Ca(OH)_2+H_2\uparrow$

7. 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是　(　)

A. H_2 具有还原性，可作为氢氧燃料电池的燃料

B. 氨极易溶于水，液氨可用作制冷剂

C. H_2O 分子之间形成氢键，$H_2O(g)$ 的热稳定性比 $H_2S(g)$ 的高

D. N_2H_4 中的N原子与 H^+ 形成配位键，N_2H_4 具有还原性

8. 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是　(　)

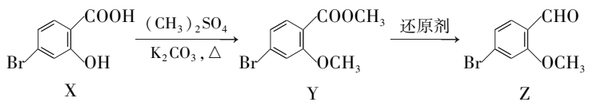
A. 实验室探究稀硝酸与铜反应的气态产物：$HNO_3(稀)\xrightarrow{Cu}NO\xrightarrow{O_2}NO_2$

B. 工业制硝酸过程中的物质转化：$N_2\xrightarrow[放电或高温]{O_2}NO\xrightarrow{H_2O}HNO_3$

C. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应：$2NO+2CO \xlongequal{\text{催化剂}} N_2+2CO_2$

D. 实验室制备少量 NH_3 的原理：$2NH_4Cl+Ca(OH)_2 \xlongequal{\triangle} CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O$

9. 化合物Z是合成药物非奈利酮的重要中间体，其合成路线如下：



下列说法正确的是　(　)

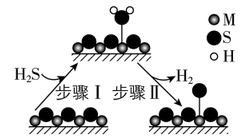
A. X不能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应

B. Y中的含氧官能团分别是酯基、羧基

C. 1 mol Z最多能与3 mol H_2 发生加成反应

D. X、Y、Z可用饱和 $NaHCO_3$ 溶液和2%银氨溶液进行鉴别

10. 金属硫化物（M_xS_y）催化反应 $CH_4(g)+2H_2S(g) \xlongequal{} CS_2(g)+4H_2(g)$，既可以除去天然气中的 H_2S，又可以获得 H_2。下列说法正确的是　(　)



A. 该反应的 $\Delta S<0$

B. 该反应的平衡常数 $K=\dfrac{c(CH_4)\cdot c^2(H_2S)}{c(CS_2)\cdot c^4(H_2)}$

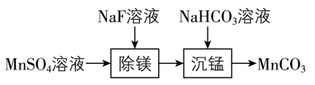
C. 如图所示的反应机理中，步骤Ⅰ可理解为 H_2S 中带部分负电荷的S与催化剂中的M之间发生作用

D. 该反应中每消耗1 mol H_2S，转移电子的数目约为 $2\times6.02\times10^{23}$

11. 室温下，探究0.1 mol·L^{-1} $FeSO_4$ 溶液的性质，下列实验方案能达到探究目的的是　(　)

选项	探究目的	实验方案
A	溶液中是否含有 Fe^{3+}	向2 mL $FeSO_4$ 溶液中滴加几滴新制氯水，再滴加KSCN溶液，观察溶液颜色变化
B	Fe^{2+} 是否有还原性	向2 mL $FeSO_4$ 溶液中滴加几滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，观察溶液颜色变化
C	Fe^{2+} 是否水解	向2 mL $FeSO_4$ 溶液中滴加2~3滴酚酞试液，观察溶液颜色变化
D	Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 分解	向2 mL 5% H_2O_2 溶液中滴加几滴 $FeSO_4$ 溶液，观察气泡产生情况

12. 室温下，用含少量 Mg^{2+} 的 $MnSO_4$ 溶液制备 $MnCO_3$ 的过程如图所示。已知 $K_{sp}(MgF_2)=5.2\times10^{-11}$，$K_a(HF)=6.3\times10^{-4}$。下列说法正确的是　(　)



A. 0.1 mol·L^{-1} NaF溶液中：$c(F^-)=c(Na^+)+c(H^+)$

B. “除镁”得到的上层清液中：$c(Mg^{2+})=\dfrac{K_{sp}(MgF_2)}{c(F^-)}$

C. 0.1 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液中：$c(CO_3^{2-})=c(H^+)+c(H_2CO_3)-c(OH^-)$

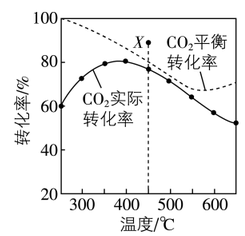
D. “沉锰”后的滤液中：$c(Na^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(HCO_3^-)+2c(CO_3^{2-})$

13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应为

$CO_2(g)+4H_2(g) \xlongequal{} CH_4(g)+2H_2O(g)$　$\Delta H=-164.7\ kJ\cdot mol^{-1}$

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

在密闭容器中，1.01×10^5 Pa、$n_{起始}(CO_2):n_{起始}(H_2)=1:4$ 时，CO_2 平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测得的 CO_2 实际转化率随温度的变化如图所示。CH_4 的选择性可表示为 $\dfrac{n_{生成}(CH_4)}{n_{反应}(CO_2)}\times100\%$。下列说法正确的是　(　)



A. 反应 $2CO(g)+2H_2(g) \xlongequal{} CO_2(g)+CH_4(g)$ 的焓变 $\Delta H=-205.9\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而增加

C. 用该催化剂催化二氧化碳反应的最佳温度范围约为480~530 ℃

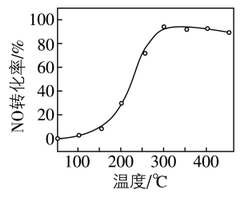
D. 450 ℃时，提高 $\dfrac{n_{起始}(H_2)}{n_{起始}(CO_2)}$ 的值或增大压强，均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

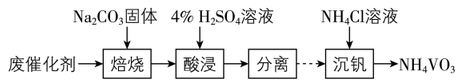
14.（15 分）V_2O_5-WO_3/TiO_2 催化剂能催化 NH_3 脱除烟气中的 NO，反应为 $4NH_3(g)+O_2(g)+4NO(g)=\!=\!=4N_2(g)+6H_2O(g)\quad \Delta H=-1\,632.4\ kJ\cdot mol^{-1}$。

（1）催化剂的制备。将预先制备的一定量的 WO_3/TiO_2 粉末置于 80 ℃的水中，在搅拌下加入一定量的 NH_4VO_3 溶液，经蒸发、焙烧等工序得到颗粒状 V_2O_5-WO_3/TiO_2 催化剂。在水溶液中 VO_3^- 水解为 H_3VO_4 沉淀的离子方程式为_____；反应选用 NH_4VO_3 溶液而不选用 $NaVO_3$ 溶液的原因是_____。

（2）催化剂的应用。将一定物质的量浓度的 NO、O_2、NH_3（其余为 N_2）气体匀速通过装有 V_2O_5-WO_3/TiO_2 催化剂的反应器，测得 NO 的转化率随温度的变化如图所示。反应温度在 320~360 ℃范围内，NO 转化率随温度变化不明显的原因是_____；反应温度高于 380 ℃，NO 转化率下降，除因为进入反应器的 NO 被还原的量减少外，还有_____（用化学方程式表示）。



（3）废催化剂的回收。回收 V_2O_5-WO_3/TiO_2 废催化剂并制备 NH_4VO_3 的过程可表示为

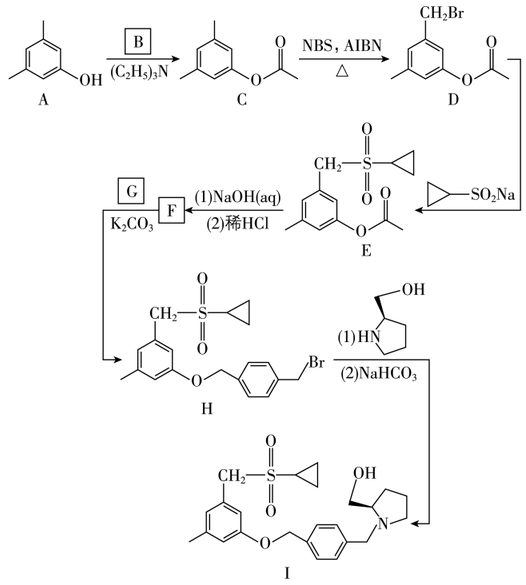


①酸浸时，加料完成后，以一定速率搅拌反应。提高钒元素浸出率的方法还有_____。

②通过萃取可分离钒和钨，在得到的钒酸中含有 $H_4V_4O_{12}$。已知 $H_4V_4O_{12}$ 具有八元环结构，其结构式可表示为_____。

③向 pH=8 的 $NaVO_3$ 溶液中加入过量的 NH_4Cl 溶液，生成 NH_4VO_3 沉淀。已知：$K_{sp}(NH_4VO_3)=1.7\times10^{-3}$，加过量 NH_4Cl 溶液的目的是_____。

15.（15 分）化合物 I 是鞘氨醇激酶抑制剂，其合成路线如下：



（1）化合物 A 的酸性比环己醇的_____（填“强”“弱”或“无差别”）。

（2）B 的分子式为 C_2H_3OCl，可由乙酸与 $SOCl_2$ 反应合成，B 的结构简式为_____。

（3）A→C 中加入 $(C_2H_5)_3N$ 是为了结合反应中产生的_____（填化学式）。

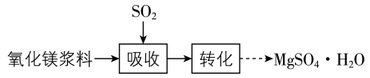
（4）写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式：_____。

碱性条件水解后酸化生成两种产物，产物之一的分子中碳原子轨道杂化类型相同且室温下不能使 2% 酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色；加热条件下，铜催化另一产物与氧气反应，所得有机产物的核磁共振氢谱中只有 1 个峰。

（5）G 的分子式为 $C_8H_8Br_2$，F→H 的反应类型为_____。

（6）写出以 和 $CH_2=\!=\!=CH_2$ 为原料制备 的合成路线流程图（须用 NBS 和 AIBN，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）实验室模拟“镁法工业烟气脱硫”并制备 $MgSO_4\cdot H_2O$，其实验过程可表示为



（1）在搅拌下向氧化镁浆料中匀速缓慢通入 SO_2 气体，生成 $MgSO_3$，反应为

$$Mg(OH)_2+H_2SO_3=\!=\!=MgSO_3+2H_2O$$

其平衡常数 K 与 $K_{sp}[Mg(OH)_2]$、$K_{sp}(MgSO_3)$、$K_{a1}(H_2SO_3)$、$K_{a2}(H_2SO_3)$ 的代数关系式为 $K=$_____；下列实验操作一定能提高氧化镁浆料吸收 SO_2 效率的有_____（填序号）。

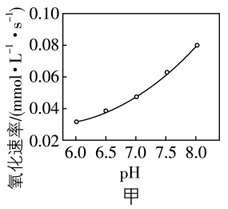
A. 水浴加热氧化镁浆料

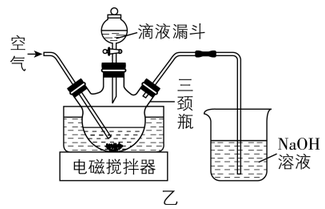
B. 加快搅拌速率

C. 降低通入 SO_2 气体的速率

D. 通过多孔球泡向氧化镁浆料中通 SO_2

（2）在催化剂作用下 $MgSO_3$ 被 O_2 氧化为 $MgSO_4$。已知 $MgSO_3$ 的溶解度为 0.57 g（20 ℃），O_2 氧化溶液中 SO_3^{2-} 的离子方程式为_____；在其他条件相同时，以负载钴的分子筛为催化剂，浆料中 $MgSO_3$ 被 O_2 氧化的速率随 pH 的变化如图甲所示。在 pH=6~8 范围内，pH 增大，浆料中 $MgSO_3$ 的氧化速率增大，其主要原因是_____。



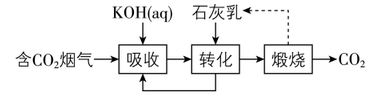


（3）制取 $MgSO_4\cdot H_2O$ 晶体。在如图乙所示的实验装置中，搅拌下，使一定量的 $MgSO_3$ 浆料与 H_2SO_4 溶液充分反应。$MgSO_3$ 浆料与 H_2SO_4 溶液的加料方式是_____；补充完整制取 $MgSO_4\cdot H_2O$ 晶体的实验方案：向含有少量 Fe^{3+}、Al^{3+} 的 $MgSO_4$ 溶液中，_____。

（已知：Fe^{3+}、Al^{3+} 在 pH≥5 时完全转化为氢氧化物沉淀；室温下从 $MgSO_4$ 饱和溶液中结晶出 $MgSO_4\cdot7H_2O$，$MgSO_4\cdot7H_2O$ 在 150~170 ℃下干燥得到 $MgSO_4\cdot H_2O$，实验中需要使用 MgO 粉末）

17.（16 分）空气中 CO_2 含量的控制和 CO_2 资源利用具有重要意义。

（1）燃煤烟气中 CO_2 的捕集可通过如下所示的物质转化实现。



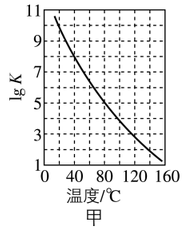
“吸收”后所得的 $KHCO_3$ 溶液与石灰乳反应的化学方程式为_____；载人航天器内，常用 LiOH 固体而很少用 KOH 固体吸收空气中的 CO_2，其原因是_____。

（2）合成尿素 $[CO(NH_2)_2]$ 是利用 CO_2 的途径之一。尿素合成主要通过下列反应实现

反应Ⅰ：$2NH_3(g)+CO_2(g)=\!=\!=NH_2COONH_4(l)$

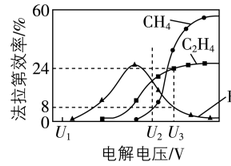
反应Ⅱ：$NH_2COONH_4(l)=\!=\!=CO(NH_2)_2(l)+H_2O(l)$

①密闭体系中反应Ⅰ的平衡常数（K）与温度的关系如图甲所示，反应Ⅰ的 ΔH_____（填“=0”“>0”或“<0”）。



②反应体系中除发生反应Ⅰ、反应Ⅱ外，还发生尿素水解、尿素缩合生成缩二脲 $[(NH_2CO)_2NH]$ 和尿素转化为氰酸铵（NH_4OCN）等副反应。尿素生产中实际投入 NH_3 和 CO_2 的物质的量之比为 $n(NH_3):n(CO_2)=4:1$，其实际投料比值远大于理论值的原因是_____。

（3）催化电解吸收 CO_2 的 KOH 溶液可将 CO_2 转化为有机物。在相同条件下，恒定通过电解池的电量，电解得到的部分还原产物的法拉第效率（$FE\%$）随电解电压的变化如图乙所示。



$$FE\%=\frac{Q_X(\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{总}(\text{电解过程中通过的总电量})}\times100\%$$

其中，$Q_X=nF$，n 表示电解生成还原产物 X 所转移电子的物质的量，F 表示法拉第常数。

①当电解电压为 U_1 V 时，电解过程中含碳还原产物的 $FE\%$ 为 0，阴极主要还原产物为_____（填化学式）。

②当电解电压为 U_2 V 时，阴极由 HCO_3^- 生成 CH_4 的电极反应式为_____。

③当电解电压为 U_3 V 时，电解生成的 C_2H_4 和 $HCOO^-$ 的物质的量之比为_____（写出计算过程）。

2023 年普通高中学业水平选择性考试(江苏卷)

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
答案	B	C	C	D	A	B	A	B	D	C	B	C	D

1. B 【命题点】化学与环境。

【解析】碳中和中的碳表示 CO_2,所以**选 B**。

知识拓展 碳中和一般是指国家、企业、产品、活动或个人在一定时间内直接或间接产生的二氧化碳排放总量,通过植树造林、节能减排等形式,以抵消自身产生的二氧化碳排放量,实现正负抵消,达到相对"零排放"。

2. C 【命题点】化学用语。

【解析】NH_4^+ 的电子式为 $\left[H:\overset{H}{\underset{H}{\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}}}}:H \right]^+$,**A 错误**;$NO_2^-$ 中 N 元素的化合价是+3,**B 错误**;N_2 的结构式为 N≡N,分子中存在 N≡N 键,**C 正确**;H_2O 分子空间构型是 V 形,O 原子上有 2 个孤电子对,正、负电中心不重合,所以是极性分子,**D 错误**。

3. C 【命题点】Cl_2 的制备实验装置与实验原理。

【解析】实验室使用 MnO_2 与浓盐酸在加热条件下制取 Cl_2,**A 错误**;饱和 NaCl 溶液可除去 Cl_2 中的 HCl,但气体通入洗气瓶应长管进短管出,**B 错误**;Cl_2 密度比空气大,所以采用向上排空气法收集,**C 正确**;处理尾气中的 Cl_2 应使用 NaOH 溶液,**D 错误**。

4. D 【命题点】元素周期表、元素周期律。

【解析】同主族元素,从上至下,随着原子核外电子层数增多,原子半径递增,第一电离能递减,故原子半径:$r(C)<r(Si)<r(Ge)$,第一电离能:$I_1(C)>I_1(Si)>I_1(Ge)$,**A、B 错误**;常见的碳单质有石墨、金刚石、C_{60} 等,金刚石中碳原子之间通过强烈的共价键形成空间网状结构,金刚石属于共价晶体,而

C_{60} 是 C_{60} 分子通过分子间作用力结合而成的分子晶体，石墨的晶体结构是层状的，每一层原子之间通过共价键形成平面六元并环结构，层与层之间靠范德华力维系，故石墨既不是共价晶体，也不是分子晶体，是混合型晶体，晶体硅、碳化硅的晶体结构与金刚石相似，属于共价晶体，**C 错误**；Si 在元素周期表中位于金属和非金属的交界处，所以可在 Si 元素附近寻找新半导体材料，如 Ge，**D 正确**。

关键点拨 晶体硅、碳化硅的晶体类型类比分析

以金刚石为原型，可迁移分析晶体硅、碳化硅等晶体的结构特征和物理性质。晶体硅可看作是硅原子取代金刚石中碳原子的位置得到的，碳化硅晶体可看作是碳、硅交替排列形成的（存在以碳为中心、硅为顶点或以硅为中心、碳为顶点的正四面体结构），晶体结构与金刚石相似，是共价晶体。

5. A 【命题点】杂化类型、化学键、晶体等。

【解析】${}^{1}_{1}H$、${}^{2}_{1}H$、${}^{3}_{1}H$ 3 种氢原子的质子数都是 1，都属于氢元素，**A 正确**；NH_4^+ 中中心原子的价层电子对数 $n=\frac{5+1\times4-1}{2}=4$，$H_2O$ 中中心原子的价层电子对数 $n=\frac{6+1\times2}{2}=4$，故 NH_4^+ 和 H_2O 的中心原子轨道杂化类型均为 sp^3，**B 错误**；H_2O_2 分子中存在 H—O 极性共价键和 O—O 非极性共价键，**C 错误**；CaH_2 是离子晶体，Ca^{2+} 和 H^- 之间存在离子键，**D 错误**。

6. B 【命题点】化学方程式的正误判断。

【解析】由阅读材料可知水煤气法制氢的反应是吸热反应，即 $\Delta H>0$，**A 错误**；由题意知 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得 $HCOO^-$，C 的化合价由+4 降到+2，则必然有元素化合价升高，再结合质量守恒可知产物有 H_2O，**B 正确**；电解水制氢时阳极发生氧化反应，阳极电极反应式为 $2H_2O-4e^-=\!=\!=4H^++O_2\uparrow$，**C 错误**；题给反应质量不守恒，正确的化学方程式为 $CaH_2+2H_2O=\!=\!=Ca(OH)_2+2H_2\uparrow$，**D 错误**。

7. A 【命题点】物质的性质与用途、物质的结构与性质。

【解析】H_2 具有还原性，可发生氧化反应，可作为燃料电池的燃料，**A 正确**；液氨用作制冷剂的原理是 NH_3 易液化，且液氨在汽化过程中大量吸热，**B 错误**；同主族元素从上至下非金属性递减，对应简单氢化物的热稳定性递减，则热稳定性：$H_2O(g)>H_2S(g)$，**C 错误**；N_2H_4 分子中氮元素因显−2 价而易被氧化为 N_2，所以 N_2H_4 具有还原性，**D 错误**。

关键点拨 氢键的存在影响物质的物理性质，如使物质溶解性增强，熔、沸点升高。

8. B 【命题点】氮及其化合物间的转化。

【解析】稀硝酸与 Cu 反应生成的 NO 易与 O_2 反应生成 NO_2，**A 正确**；工业制硝酸过程中 N_2 先与 H_2 反应生成 NH_3，然后 NH_3 催化氧化生成 NO，NO 继续被 O_2 氧化为 NO_2，最后 NO_2 再与 H_2O 反应制得 HNO_3，**B 错误**；汽车尾气中的 NO 和 CO 在催化条件下可转化为 CO_2 和 N_2，**C 正确**；实验室加热 NH_4Cl（固体铵盐）和 $Ca(OH)_2$（强碱）的混合物可以制备少量 NH_3，**D 正确**。

易错警示 实验室用加热 NH_4Cl 和 $Ca(OH)_2$ 的混合物的方法制取 NH_3，而不是直接加热 NH_4Cl。

9. D 【命题点】有机物的结构与性质。

【解析】X 中含有酚羟基，能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应，**A 错误**；Y 中含有的含氧官能团是酯基和醚键，**B 错误**；Z 中的醛基、苯环分别可与 H_2 按 1∶1、1∶3发生加成反应，所以 1 mol Z 最多能与 4 mol H_2 发生加成反应，**C 错误**；X 中的羧基能与 $NaHCO_3$ 溶液反应、Z 分子中的醛基能与 2%银氨溶液反应，所以可用 $NaHCO_3$ 溶液和 2%银氨溶液鉴别 X、Y、Z，**D 正确**。

10. C 【命题点】化学反应历程、化学平衡常数、氧化还原反应。

【解析】该反应是反应后气体分子数增大的反应，即熵增反应，所以 $\Delta S>0$，**A 错误**；该反应的化学平衡常数 $K=\frac{c(CS_2)\cdot c^4(H_2)}{c(CH_4)\cdot c^2(H_2S)}$，**B 错误**；由反应机理图示可知步骤Ⅰ中 H_2S 分子中带部分负电荷的 S 与催化剂中的 M 之间发生了作用，**C 正确**；由于 CH_4 分子中 C 元素显−4 价、CS_2 分子中 C 元素显+4 价，所以由化学方程式可知有 2 mol H_2S 参与反应将转移 8 mol 电子，所以每消耗 1 mol H_2S 将转移 4 mol 电子，即转移电子数约为 $4\times6.02\times10^{23}$，**D 错误**。

11. B 【命题点】实验方案设计、硫酸亚铁的性质。

【解析】可直接滴加 KSCN 溶液检验 Fe^{3+}，若溶液变红色说明存在 Fe^{3+}，如果先加入氯水则会氧化 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+}，影响对实验结果的判断，**A 错误**；若溶液紫色褪去可说明 Fe^{2+} 将 MnO_4^- 还原，Fe^{2+} 具有还原性，**B 正确**；Fe^{2+} 水解使溶液呈酸性，而酚酞试液的 pH 变色范围为 8.2～10.0，所以无法使用酚酞试液检验 Fe^{2+} 是否水解，**C 错误**；H_2O_2 可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}，而 Fe^{3+} 对 H_2O_2 的分解有催化作用，无法通过观察气泡产生情况判断 Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 的分解，**D 错误**。

12. C 【命题点】物质制备流程分析、沉淀溶解平衡、水溶液中的离子浓度分析。

【解析】NaF 溶液中存在电荷守恒：$c(H^+)+c(Na^+)=c(OH^-)+c(F^-)$，则 $c(F^-)<c(H^+)+c(Na^+)$，**A 错误**；“除镁”过程生成 MgF_2 沉淀，在水溶液中存在沉淀溶解平衡，根据 $K_{sp}(MgF_2)=c(Mg^{2+})\times c^2(F^-)$，可知上层清液中的 $c(Mg^{2+})=\frac{K_{sp}(MgF_2)}{c^2(F^-)}$，**B 错误**；$NaHCO_3$ 溶液中存在质子守恒：$c(OH^-)+c(CO_3^{2-})=c(H^+)+c(H_2CO_3)$，所以 $c(CO_3^{2-})=c(H^+)+c(H_2CO_3)-c(OH^-)$，**C 正确**；“沉锰”后的滤液中还存在 SO_4^{2-}，也可能有过量的 F^-，所以 D 项不符合电荷守恒，**D 错误**。

方法拓展 对于单一溶液的质子守恒，通常可以直接由水电离出的 H^+ 和 OH^- 书写出表达式，但对于混合溶液，通常需结合电荷守恒和物料守恒综合得到，如等浓度的 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 的混合溶液中存在电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(HCO_3^-)+2c(CO_3^{2-})$、物料守恒：$2c(Na^+)=3c(HCO_3^-)+3c(CO_3^{2-})+3c(H_2CO_3)$，所以质子守恒表达式为 $c(HCO_3^-)+3c(H_2CO_3)+2c(H^+)=2c(OH^-)+c(CO_3^{2-})$。

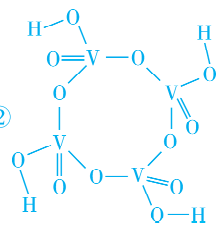
13. D 【命题点】盖斯定律、化学平衡。

【解析】已知反应①$CO_2(g)+4H_2(g)\xlongequal{}CH_4(g)+2H_2O(g)$ $\Delta H_1=-164.7\ kJ\cdot mol^{-1}$，反应②$CO_2(g)+H_2(g)\xlongequal{}CO(g)+H_2O(g)$ $\Delta H_2=41.2\ kJ\cdot mol^{-1}$，反应①−2×反应②可得目标反应，由盖斯定律求算出目标反应的焓变 $\Delta H=\Delta H_1-2\Delta H_2=-164.7\ kJ\cdot mol^{-1}-2\times41.2\ kJ\cdot mol^{-1}=-247.1\ kJ\cdot mol^{-1}$，**A 错误**；由于生成 CH_4 的反应是放热反应，所以温度升高抑制反应的进行，即 CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而降低，**B 错误**；由图像可知 CO_2 的平衡转化率随着温度的升高先降低后小幅度地升高，说明 550 ℃前以 CO_2 生成甲烷的反应为主，550 ℃后以生成 CO 的反应为主，而 CO_2 的实际转化率先升高后降低，在 350~400 ℃左右时最高，所以用该催化剂催化 CO_2 反应的最佳温度在 350~400 ℃左右，**C 错误**；CO_2 生成 CH_4 的反应是反应后气体分子数减小的反应，所以增大压强可以使反应正向移动，提高 CO_2 的平衡转化率，而提高$\frac{n_{起始}(H_2)}{n_{起始}(CO_2)}$的值也可以理解为在$n_{起始}(CO_2)$不变的情况下增大 $n_{起始}(H_2)$，也可以提高 CO_2 的平衡转化率，故两种方法均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值，**D 正确**。

14.（15 分）

（1）$VO_3^-+NH_4^++H_2O\xlongequal{80\ ℃}H_3VO_4\downarrow+NH_3\uparrow$　NH_4VO_3 中的 NH_4^+ 水解可促进 VO_3^- 的水解

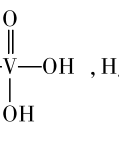
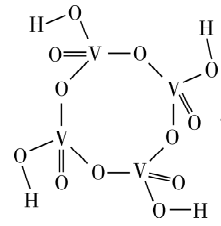
（2）温度过高，催化剂失活，反应速率降低　$4NH_3+5O_2\xlongequal{高温}4NO+6H_2O$

（3）①适当提高 H_2SO_4 溶液的浓度、适当升高反应温度、延长酸浸时间　②  　③加过量 NH_4Cl 溶液可以提高 NH_4^+ 浓度，从而促进 VO_3^- 溶液充分转化为 NH_4VO_3 沉淀

【命题点】以催化 NH_3 脱除 NO 为情景，涉及盐类的水解、离子方程式、转化率、结构式、流程分析等。

【解析】（1）VO_3^- 水解生成 H_3VO_4 和 OH^-、NH_4^+ 水解生成 $NH_3\cdot H_2O$ 和 H^+，所以 VO_3^- 和 NH_4^+ 的水解相互促进生成 H_3VO_4 和 NH_3：$VO_3^-+NH_4^++H_2O\xlongequal{80\ ℃}H_3VO_4\downarrow+NH_3\uparrow$。

（2）温度过高可能使催化剂失活，使单位时间内反应物的消耗量减少，使反应物转化率下降。380 ℃后，NO 转化率下降的原因一方面是反应的 NO 少了，另一方面是又生成了 NO，发生的反应为 $4NH_3+5O_2\xlongequal{高温}4NO+6H_2O$。

（3）①适当提高 H_2SO_4 溶液的浓度、适当升高反应温度、延长酸浸时间等都可以提高钒元素的浸出率。②基态 V 原子的价层电子排布式为 $3d^34s^2$，V 可形成 5 个共价键，则 H_3VO_4 的结构为  ，$H_4V_4O_{12}$ 可由 4 个 H_3VO_4 发生分子间脱水生成，又具有八元环结构，所以 $H_4V_4O_{12}$ 的结构为  。③根据 $K_{sp}(NH_4VO_3)=1.7\times10^{-3}$，要使 VO_3^- 完全沉淀［$c(VO_3^-)\leqslant10^{-5}\ mol\cdot L^{-1}$］，则溶液中 $c(NH_4^+)\geqslant\frac{K_{sp}(NH_4VO_3)}{c(VO_3^-)}=1.7\times10^2\ mol\cdot L^{-1}$，所以加入过量 NH_4Cl 溶液可以提高 NH_4^+ 浓度，从而促进 VO_3^- 充分转化为 NH_4VO_3 沉淀。

15.（15 分）

（1）强

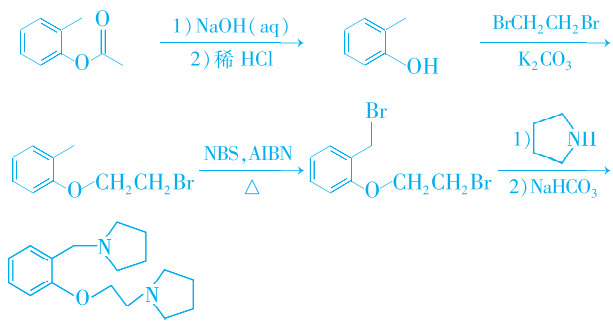
（2）CH_3COCl

（3）HCl

（4）

（5）取代反应

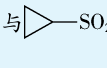
（6）$CH_2=CH_2\xrightarrow{Br_2}BrCH_2CH_2Br$

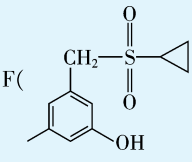


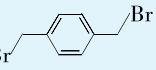
【命题点】有机合成与推断，涉及有机物性质、同分异构体、有机合成等。

思路分析　A+B→C：已知 B 可由 CH_3COOH 与 $SOCl_2$ 反应得到，再由 B 的分子式是 C_2H_3OCl 可知其结构简式为 CH_3COCl，所以 A 与 CH_3COCl（B）发生取代反应生成 C 和 HCl；…… 第（2）、（3）问

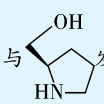
C→D：C 发生取代反应生成 D；

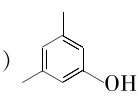
D→E：D 与  发生取代反应生成 E；

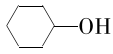
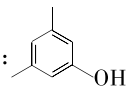
E→F：E 在碱性条件下水解后酸化生成 F（  ）；

F+G→H：F 与  （G）发生取代反应生成 H；

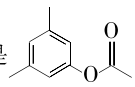
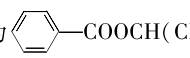
…… 第（5）问

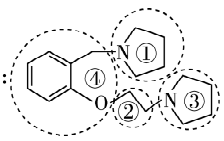
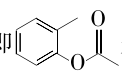
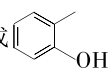
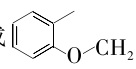
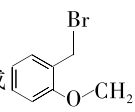
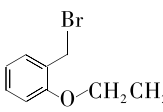
H→I：H 与  发生取代反应生成 I。

【解析】（1）  分子中的羟基属于酚羟基、

 —OH 分子中的羟基属于醇羟基，酚羟基的酸性强于醇羟基的酸性，所以酸性：  。

(3)A→C 发生了取代反应，有小分子 HCl 生成，生成的 HCl 与$(C_2H_5)_3N$结合。

(4)C 是  ，其同分异构体在碱性条件下水解，说明含有酯基，水解后酸化得到酸和醇，而醇可在加热条件下在铜催化下被 O_2 氧化，则题干中的“另一产物”为醇，“产物之一”是酸，羧基中碳原子杂化方式是 sp^2，又因为酸分子中所有碳原子轨道杂化类型相同，即都为 sp^2 杂化且不能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，可知其结构中含有苯环且苯环上除羧基外不存在其他支链，即水解得到的酸为 ，所以醇分子中含有 3 个碳原子，根据核磁共振氢谱只有一个峰可知醇被催化氧化后的产物中只含有一种氢，所以该物质是 CH_3COCH_3，则水解生成的醇是$(CH_3)_2CHOH$，综合以上分析，满足条件的 C 的同分异构体为  。

(6)对比原料可将目标物质进行切割：  ，②需连接③和④，而连接需引入溴原子，则可由 $CH_2{=}CH_2$ 与 Br_2 发生加成反应得到 $BrCH_2CH_2Br$，②连接④发生类似 E→F→H 的反应，即  先水解再酸化生成  后，再与 $BrCH_2CH_2Br$ 发生取代反应生成  ，然后发生类似 C→D 的反应生成  ，最后再由  与 发生类似 H→I 的反应可得到目标物质，从而可得到合理的合成路线。

16.（15 分）

(1)$\dfrac{K_{a1}(H_2SO_3)\cdot K_{a2}(H_2SO_3)\cdot K_{sp}[Mg(OH)_2]}{K_{sp}(MgSO_3)\cdot K_w^2}$　CD

(2)$O_2+2SO_3^{2-}=\!=\!=2SO_4^{2-}$　随着 pH 的增大，SO_3^{2-} 水解受到抑制，$c(SO_3^{2-})$增大，浆料中 $MgSO_3$ 的氧化速率增大

(3)将分液漏斗中的 H_2SO_4 溶液缓缓滴加到 $MgSO_3$ 浆料中加入 MgO 粉末，不断搅拌，调节溶液的 pH≥5，静置、过滤，将滤液蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤后得到 $MgSO_4\cdot 7H_2O$，再将固体在 150~170 ℃下干燥即可得到 $MgSO_4\cdot H_2O$ 晶体

【命题点】以模拟“镁法工业烟气脱硫”和 $MgSO_4\cdot H_2O$ 的制备为情景，涉及化学平衡常数、离子方程式、化学实验设计等。

【解析】(1)该反应的化学平衡常数 $K=\dfrac{1}{c(H_2SO_3)}=\dfrac{c(HSO_3^-)\cdot c(H^+)}{c(H_2SO_3)}\cdot\dfrac{c(SO_3^{2-})\cdot c(H^+)}{c(HSO_3^-)}\cdot\dfrac{1}{c(SO_3^{2-})\cdot c(Mg^{2+})}\cdot c(Mg^{2+})\cdot c^2(OH^-)\cdot\dfrac{1}{c^2(H^+)\cdot c^2(OH^-)}=\dfrac{K_{a1}(H_2SO_3)\cdot K_{a2}(H_2SO_3)\cdot K_{sp}[Mg(OH)_2]}{K_{sp}(MgSO_3)\cdot K_w^2}$。若温度过高，水浴加热氧化镁浆料会降低 SO_2 在水中的溶解度，从而降低 SO_2 的吸收效率；搅拌速率过快也会降低 SO_2 的吸收效率；降低通入 SO_2 的速率、通过多孔球泡向氧化镁浆料中通 SO_2 都可使反应物充分接触，从而提高 SO_2 的吸收效率。

(2)O_2 可将溶液中的 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-}，发生反应 $O_2+2SO_3^{2-}=\!=\!=2SO_4^{2-}$；由于 SO_3^{2-} 发生水解：$SO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HSO_3^-+OH^-$，在 pH=6~8 范围内，随着 pH 的增大，反应逆向移动，$c(SO_3^{2-})$增大，浆料中 $MgSO_3$ 的氧化速率增大。

(3)固液反应时，通常将液体加入固体中，所以加料方式为将分液漏斗中的 H_2SO_4 溶液缓缓滴加到 $MgSO_3$ 浆料中；要得到 $MgSO_4\cdot H_2O$，先要得到 $MgSO_4$ 溶液，已知溶液中的杂质离子 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 可在 pH≥5 时完全转化为氢氧化物沉淀，所以可通过加入 MgO 粉末调节溶液 pH≥5 的方法除去杂质离子，待沉淀完全后静置、过滤，将滤液蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤后得到 $MgSO_4\cdot 7H_2O$，再由题意可知要得到 $MgSO_4\cdot H_2O$ 需将 $MgSO_4\cdot 7H_2O$ 固体在 150~170 ℃下干燥。

方法总结　对于计算复杂方程式的化学平衡常数，除可添加某些微粒的浓度得到某些已知平衡常数(电离常数、溶度积常数等)，还可以由化学方程式叠加得到：化学方程式相加减则平衡常数相乘除、化学方程式乘常数 n 则平衡常数变为原来的 n 次方，所以对于反应 $Mg(OH)_2+H_2SO_3\rightleftharpoons MgSO_3+2H_2O$，可由下列关系式叠加得到：①$Mg(OH)_2\rightleftharpoons Mg^{2+}+2OH^-$、②$H_2SO_3\rightleftharpoons HSO_3^-+H^+$、③$HSO_3^-\rightleftharpoons SO_3^{2-}+H^+$、④$MgSO_3\rightleftharpoons Mg^{2+}+SO_3^{2-}$、⑤$H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$，即①+②+③−④−2×⑤，所以目标反应的平衡常数可直接写出 $K=\dfrac{K_{a1}(H_2SO_3)\cdot K_{a2}(H_2SO_3)\cdot K_{sp}[Mg(OH)_2]}{K_{sp}(MgSO_3)\cdot K_w^2}$。

17.（16 分）

(1)$KHCO_3+Ca(OH)_2=\!=\!=CaCO_3+H_2O+KOH$　等质量的 LiOH 可以吸收更多的 CO_2

(2)①<0　②适当抑制副反应的发生；NH_3 和 CO_2 的投料比值越大、CO_2 的转化率越高

(3)①H_2　②$10HCO_3^-+8e^-=\!=\!=CH_4\uparrow+9CO_3^{2-}+3H_2O$　③每生成 1 mol C_2H_4 需得到 12 mol 电子，每生成 1 mol $HCOO^-$ 需得到 2 mol 电子，当电解电压为 U_3 V 时生成 C_2H_4 和 $HCOO^-$ 的法拉第效率分别为 24% 和 8%，所以电解生成 C_2H_4 和 $HCOO^-$ 的物质的量之比为$\dfrac{24\%}{12}:\dfrac{8\%}{2}=1:2$

【命题点】以空气中 CO_2 含量的控制及 CO_2 资源利用为情景，涉及化学方程式书写、化学平衡、电解原理的应用、化学计算等。

【解析】(1)已知“吸收”后得到 $KHCO_3$,石灰乳的主要成分是 $Ca(OH)_2$,所以可发生反应 $KHCO_3+Ca(OH)_2=\!=\!=CaCO_3+H_2O+KOH$,再结合流程图信息可知生成的 $CaCO_3$ 煅烧后生成了 CO_2,KOH 可被循环使用,符合题意;LiOH 和 KOH 与 CO_2 发生的反应类似,而摩尔质量:LiOH<KOH,所以等质量的 LiOH 可以吸收更多的 CO_2。

(2)①由图像可知温度升高、lg K 减小,即随着温度的升高、平衡常数逐渐减小,则该反应正反应是放热反应,即 $\Delta H<0$。②已知反应中会发生尿素水解、尿素缩合生成缩二脲、尿素转化为氰酸铵等副反应,副反应有氨气生成,实际生产中增加投料比可以适当抑制副反应的发生;而且 NH_3 和 CO_2 都是反应物,NH_3 和 CO_2 的投料比值越大、CO_2 的转化率越高。

(3)①由于电解电压为 U_1 V 时,电解过程中含碳还原产物的法拉第效率为 0,即没有含碳还原产物生成,则阴极电解产物为 H_2O 得到电子后生成的 H_2。②由于阴极发生的是得到电子的还原反应,所以 HCO_3^- 在阴极得到电子生成 CH_4:$10HCO_3^-+8e^-=\!=\!=CH_4\uparrow+9CO_3^{2-}+3H_2O$。