2024 年 1 月“九省联考”考后提升卷（广西卷）

高三化学

（考试时间：75 分钟　试卷满分：100 分）

注意事项：

1．答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号等填写在答题卡和试卷指定位置上。

2．回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。

3．考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1　C 12　O 16　Ca 40　Zn 65

第I卷

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1．广西新增了一批国家级非物质文化遗产代表性项目，如瑶族祝著节、柳州螺蛳粉制作技艺、北海贝雕、桂林米粉制作技艺等，下列说法错误的是

A．瑶族祝著节时制甜酒过程发生了化学反应

B．螺蛳粉的螺蛳汤香气四溢，体现了分子是运动的

C．贝雕所用贝壳的主要成分碳酸钙属于有机物

D．桂林米粉中含有的淀粉是一种天然高分子化合物

【答案】C

【解析】A．制甜酒利用淀粉 $\xrightarrow{\text{水解}}$ 葡萄糖 $\xrightarrow{\text{酒化酶}}$ 乙醇，该过程发生化学反应，故 A 说法正确；

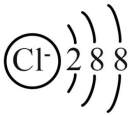
B．香气四溢体现分子作无规则运动，故 B 说法正确；

C．碳酸钙属于无机物，故 C 说法错误；

D．淀粉属于多糖，是一种天然高分子化合物，故 D 说法正确；

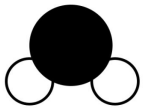
答案为 C。

2．反应 $NaCl+CO_2\xlongequal{\text{电解}}CO+NaCl$ 是我国科学家发明的低压高效电催化还原 CO_2 的新方法。下列有关说法正确的是

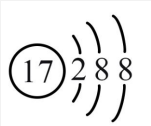
A．氯离子的结构示意图为 

B．NaClO 的电子式为 Na^+ $[:\ddot{\underset{..}{O}}:\ddot{\underset{..}{Cl}}:]^-$

C．CO 是非极性分子

D．CO_2 的结构式为 

【答案】B

【解析】A．氯原子得到 1 个电子形成氯离子，氯离子的结构示意图为 

，A 错误；

B．NaClO 为钠离子和次氯酸根离子形成的化合物，电子式为 Na^+ $[:\ddot{\underset{..}{O}}:\ddot{\underset{..}{Cl}}:]^-$，B 正确；

C．CO 分子中存在极性键，且正负电荷重心不重合，是极性分子，C 错误；

D．二氧化碳的结构式为 O=C=O，D 错误；

故选 B。

3．物质结构决定物质性质。下列性质总异与结构因素匹配错误的是

选项	性质差异	结构因素
A	CH_3CH_3 的沸点低于 CH_3CH_2Br 的沸点	晶体类型
B	CH_3CH_2OH 与水互溶，CH_3OCH_3 难溶于水	分子间氢键
C	CH_4 的沸点低于 $CH_3CH_2CH_3$	分子间作用力
D	Na_2O 的熔点高于 Na_2S	离子半径

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

【答案】A

【解析】A．CH_3CH_3 和 CH_3CH_2Br 均为分子晶体，CH_3CH_2Br 的沸点高的原因是卤素原子的相对原子质量大，A 错误；

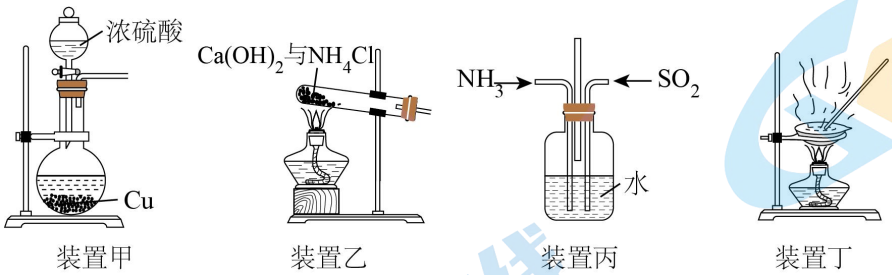
B．CH_3CH_2OH 与水分子形成分子间氢键，而 CH_3OCH_3 不能，B 正确；

C．CH_4 的相对分子质量比 $CH_3CH_2CH_3$ 的相对分子质量比小，故分子间作用力小，沸点低，C 正确；

D．$r(O^{2-})<r(S^{2-})$，Na_2O 的离子键比 Na_2S 的强，熔点高，D 正确；

故选 A。

4．实验室利用 NH_3、SO_2 制备 NH_4HSO_3 晶体，下列实验装置和操作能达到实验目的的是



A．利用装置甲制备 SO_2　　B．利用装置乙制备 NH_3

C．利用装置丙制备 NH_4HSO_3 溶液　　D．利用装置丁蒸发获得 NH_4HSO_3 晶体

【答案】B

【解析】A．Cu 与浓硫酸反应制备 SO_2 需要加热，故 A 不符合题意；

B．利用 $Ca(OH)_2$ 和 NH_4Cl，加热可制备 NH_3，故 B 符合题意；

C．制备 NH_4HSO_3 溶液，应该 SO_2 过量，故 C 不符合题意；

D．NH_4HSO_3 受热会分解，蒸发无法获得 NH_4HSO_3 晶体，故 D 不符合题意；

故答案选 B。

5．X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期主族元素，X 的原子半径在短周期主族元素中最小，Y 的单质在空气中含量最大，Z 原子的最外层电子数是次外层电子数的 3 倍。W 与 Z 同主族。下列说法正确的是

A．第一电离能：$X<Y<Z$

B．分子的极性：$YX_3<WZ_3$

C．同温下，同物质的量浓度水溶液的酸性：$X_2WZ_3<XYZ_3$

D．键能：$X_2Z<X_2W$

【答案】C

【解析】A．由题干信息可推出 X、Y、Z、W 四种元素分别为 H、N、O、S，元素第一电离能由小到大顺序为 $H<S<O<N$，即 $X<W<Z<Y$，A 项错误；

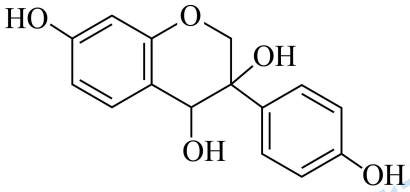
B．YX_3、WZ_3 分别为 NH_3、SO_3，NH_3 为极性分子，SO_3 为非极性分子，故分子极性：$NH_3>SO_3$，即 $YX>WZ_3$，B 项错误；

C．酸性：$H_2SO_3 < HNO_3$，C 项正确；

D．非金属性：$O > S$，故水中氢氧键的键能大于硫化氢中氢硫键的键能，D 项错误；

故选 C。

6．有机物 M 具有优良的生理活性，其结构简式如图所示。下列有关 M 的说法正确的是



A．属于芳香烃　　B．可发生取代反应和加成反应

C．1 个 M 分子中有 1 个手性碳原子　　D．1molM 最多消耗 4molNaOH

【答案】B

【解析】A．烃是仅由碳、氢元素组成的有机化合物，该有机物中还含有氧元素，故 M 不属于芳香烃，A 项错误；

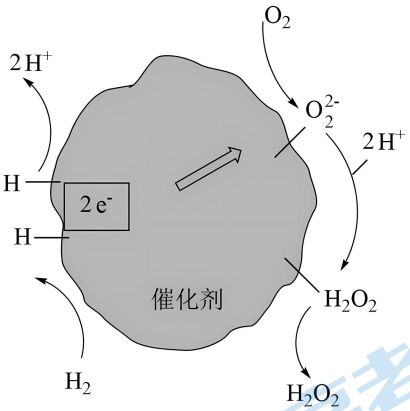
B．该有机物中含有苯环，可发生加成反应，含羟基，可发生取代反应，B 项正确；

C．1 个 M 分子中含有 2 个手性碳原子，C 项错误；

D．该有机物中含有 2 个酚羟基，1molM 最多消耗 2molNaOH，D 项错误；

故选 B .

7．H_2O_2 在纸张漂白和废水处理等领域有重要应用。一定条件下用 H_2 和 O_2 合成 H_2O_2 的反应过程如图所示。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是



A．1molH_2O_2 中含 $2N_A$σ键，不含π键

B．合成 1molH_2O_2，电子转移数为 $4N_A$

C．lmol 的 H_2O_2 含 $18N_A$ 电子

D．标准状况下，4.48LH_2O_2 中含有 $0.2N_A$$H_2O_2$ 分子

【答案】C

【解析】A．1molH_2O_2中含 3molσ键，故为 $3N_A$σ键，A 错误；

B．由图可知，总反应为氢气和氧气在催化剂作用下生成过氧化氢：$H_2+O_2 \xlongequal{催化剂} H_2O_2$，电子转化关系为：

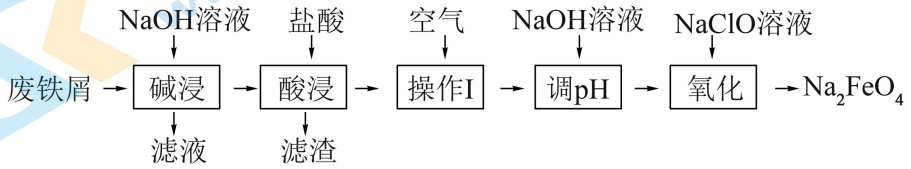
$H_2O_2 \sim 2e^-$，则合成 1molH_2O_2，电子转移数为 $2N_A$，B 错误；

C．lmol 的 H_2O_2 含 18mol 电子，为 $18N_A$ 电子，C 正确；

D．标况下过氧化氢不是气体，不确定其物质的量，D 错误；

故选 C。

8．高铁酸钠(Na_2FeO_4)是一种新型绿色消毒剂，主要用于饮用水处理。某化学兴趣小组用废铁屑(主要成分为 Fe，杂质有 Al、C 及油脂)制备高铁酸钠的主要流程如下。下列说法错误的是



A．“碱浸”可以除去废铁屑中的油脂

B．“滤渣”的主要成分是 Al 和 C

C．“操作I”通入的空气可以用 H_2O_2 溶液代替

D．若流程改为先“氧化”后“调 pH”，可能会生成 Cl_2

【答案】B

【分析】废铁屑(主要成分为 Fe，杂质有 Al、C 及油脂)加 NaOH 碱浸，可以除去废铁屑表面的油脂和 Al，过滤后滤液中含有 $Na[Al(OH)_4]$和油脂水解后的杂质，固体中含有 Fe、C，加盐酸酸浸，过滤后滤渣为 C，滤液为氯化亚铁溶液，通入空气 Fe^{2+}被氧化为 Fe^{3+}，加 NaOH 调 pH 为碱性，NaClO 和 $Fe(OH)_3$ 发生氧化还原反应得到 Na_2FeO_4、NaCl，并通过结晶分离出 Na_2FeO_4。

【解析】A．根据分析，“碱浸”可以除去废铁屑中的油脂，A 正确；

B．根据分析，“滤渣”的主要成分是 C，B 错误；

C．根据分析，“操作I”目的是将 Fe^{2+}氧化为 Fe^{3+}，用 H_2O_2 也可以做氧化剂，且不会引入杂质，因此“操作I”通入的空气可以用 H_2O_2 溶液代替，C 正确；

D．若先“氧化”，溶液为酸性，Na_2FeO_4 在酸性条件下有较强的氧化性，能将盐酸中的 Cl^-氧化为 Cl_2，D 正确；

故选 B。

9．下列实验中，对应的现象以及结论都正确且两者具有因果关系的是

	实验	现象	结论
A	向碳酸钠固体中加入少量水	白色粉末变成了晶体	Na_2CO_3 与 H_2O 发生化学反应
B	某粉末用酒精润湿后，用玻璃棒蘸取做焰色试验	火焰呈黄色	该粉末一定含钠元素
C	将 K_2S 固体溶于水，进行导电性实验	K_2S 溶液可导电	K_2S 中含有离子键
D	向 10ml0.2mol·L^{-1}NaOH 溶液中滴入 2 滴 0.1mol·$L^{-1}$$MgCl_2$ 溶液，再滴加 2 滴 0.1mol·$L^{-1}$$FeCl_3$ 溶液	先产生白色沉淀后再产生红褐色沉淀	$Ksp(Mg(OH)_2) > Ksp(Fe(OH)_3)$

A．A　　B．B　　C．C　　D．D

【答案】A

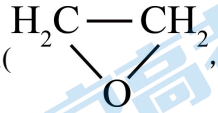
【解析】A．碳酸钠固体中加入少量水，碳酸钠与水反应生成了碳酸钠晶体，故白色粉末变成晶体，碳酸钠粉末和碳酸钠晶体不是同一种物质，发生了化学反应，A 正确；

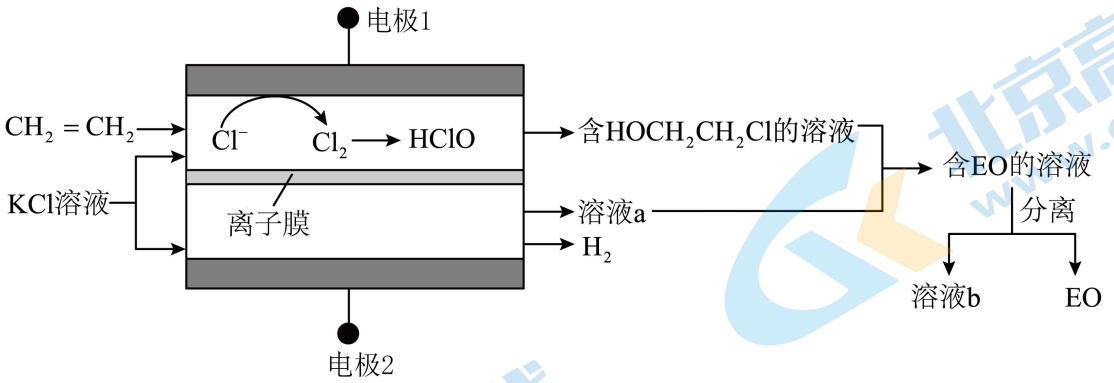
B．玻璃中含有硅酸钠，属于钠盐，用玻璃棒蘸取后做焰色试验，火焰呈黄色，不能证明溶液中含有钠离子，应该用铂丝蘸取，B 错误；

C．可溶性电解质的水溶液一定可以导电，不一定是离子化合物，因此无法得到 K_2S 中含有离子键的结论，C 错误；

D．该实验中 NaOH 过量，加入氯化镁先生成氢氧化镁白色沉淀，再加入氯化铁，多余的 NaOH 与氯化铁反应生成氢氧化铁红褐色沉淀，不能说明氢氧化镁的 K_{sp}>氢氧化铁的 K_{sp}，D 错误；

故答案选 A。

10．环氧乙烷( ，简称 EO)是一种重要的工业原料和消毒剂。由乙烯经电解制备 EO 的原理示意图如下，下列说法中错误的是



A．电极 1 连接外接电源的正极

B．电极 2 的电极反应式为：$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$

C．溶液 a 可能含有两种溶质，溶液 b 可循环使用

D．离子膜可选择性的透过 H^+ 和 K^+

【答案】B

【分析】从图中可知，电极 1 上 Cl^- 失电子生成 Cl_2，电极 1 为阳极，生成的氯气与水反应生成 HClO，HClO 与 $CH_2=CH_2$ 反应生成 $HOCH_2CH_2Cl$，电极 2 为阴极，阴极上水得电子生成氢气和氢氧根离子，钾离子可通过离子膜向下层移动，溶液 a 为 KOH 和 KCl 的混合溶液，KOH 与 $HOCH_2CH_2Cl$ 反应生成环氧乙烷和 KCl 溶液，溶液 b 为 KCl 溶液。

【解析】A．电极 1 为阳极，连接电源的正极，A 正确；

B．电极 2 上水得电子生成氢气和氢氧根离子，电极反应为 $2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$，B 错误；

C．溶液 a 可能含有 KCl 和 KOH 两种溶质，溶液 b 为 KCl 溶液，可循环使用，C 正确；

D．电解质溶液中，阳离子向阴极移动，则钾离子和氢离子可通过离子膜向下层移动，D 正确；

故答案选 B。

11．下列实验对应的离子方程式不正确的是

A．将碳酸氢钙溶液与过量的澄清石灰水混合：$HCO_3^- + Ca^{2+} + OH^- = CaCO_3\downarrow + H_2O$

B．将少量 SO_2 通入 NaClO 溶液：$SO_2+H_2O+2ClO^- = SO_3^{2-} + 2HClO$

C．用过量氨水吸收工业尾气中的 SO_2：$2NH_3\cdot H_2O + SO_2 = 2NH_4^+ + SO_3^{2-} + H_2O$

D．向氨水中滴入少量硝酸银溶液：$Ag^+ + 2NH_3\cdot H_2O = [Ag(NH_3)_2]^+ + 2H_2O$

【答案】B

【解析】A．根据少定多变的原则可知，将碳酸氢钙溶液与过量的澄清石灰水混合的离子方程式为：

$HCO_3^-+Ca^{2+}+OH^-=CaCO_3\downarrow+H_2O$，A 正确；

B．由于 HClO 具有强氧化性，可以把亚硫酸根氧化为硫酸根离子，离子方程式为：$SO_2+H_2O+3ClO^-=SO_4^{2-}+2HClO+Cl^-$，B 错误；

C. 用过量氨水吸收工业尾气中的 SO_2 生成亚硫酸铵，离子方程式为：$2NH_3\cdot H_2O+SO_2=2NH_4^++SO_3^{2-}+H_2O$，C 正确；

D．向氨水中滴入少量硝酸银溶液生成二氨合银离子，离子方程式为：$Ag^++2NH_3\cdot H_2O=[Ag(NH_3)_2]^++2H_2O$，D 正确；

故选 B。

12. 砷化镉晶胞结构如图，图 1 中“①”和“②”位是“真空”，晶胞参数为 apm，建立如图 2，①号位的坐标为($\frac{3}{4}$，$\frac{3}{4}$，$\frac{3}{4}$)。已知：砷化镉的摩尔质量为 $Mg\cdot mol^{-1}$，N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法错误的是

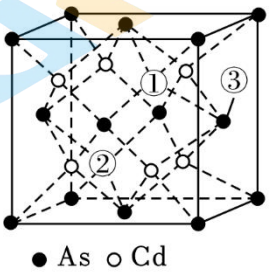


图1

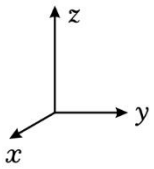


图2

A．砷化镉中 Cd 与 As 原子个数比为 3：2

B．两个 Cd 原子间最短距离为 0.5a pm

C．③号位原子坐标参数为($\frac{1}{2}$，1，$\frac{1}{2}$)

D．该晶胞的密度为 $N_A(a\times10^{-10})^3g\cdot cm^{-3}$

【答案】D

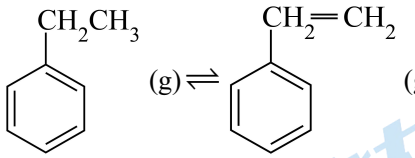
【解析】A．由晶胞结构可知，晶胞中位于体内的镉原子个数为 6，位于顶点和面心的砷原子的个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$，则镉与砷原子个数比为 3：2，故 A 正确；

B．由晶胞结构可知，两个镉原子间最短距离为边长的$\frac{1}{2}$，则最短距离为 $apm\times\frac{1}{2}=0.5apm$，故 B 正确；

C．由位于体对角线$\frac{1}{4}$处①号位的坐标为($\frac{3}{4}$，$\frac{3}{4}$，$\frac{3}{4}$)可知，晶胞的边长为 1，则位于位于右侧面的面心上的③号位原子坐标参数为($\frac{1}{2}$，1，$\frac{1}{2}$)，故 C 正确；

D．由晶胞结构可知，晶胞中位于体内的镉原子个数为 6，位于顶点和面心的砷原子的个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$，设晶体的密度为 dg/cm³，由晶胞的质量公式可得：$\frac{2M}{N_A}=(10^{-10}a)^3d$，解得 $d=\frac{2M}{10^{-30}a^3N_A}$，故 D 错误；故选 D。

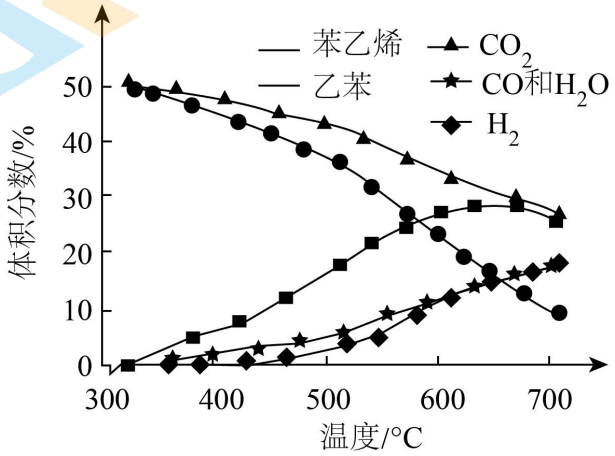
13．工业上用乙苯与 CO_2 生产苯乙烯，主要反应：

① 

$(g)\rightleftharpoons(g)+H_2(g)\ \Delta H_1=+125\,kJ/mol$

② $H_2(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)\quad \Delta H_2=+41\,kJ/mol$

在一定压强和催化剂作用下，向恒容容器中充入等物质的量的乙苯和 CO_2。达到平衡时，各物质的体积分数随温度的变化如图所示。



下列说法不正确的是

A．当反应混合气体的平均相对分子质量不再变化时，反应达到化学平衡状态

B．苯乙烯和 H_2 的体积分数变化差异的主要原因是 CO_2 消耗 H_2

C．乙苯的平衡转化率随温度升高而升高，宜采用 700℃获得更多的苯乙烯

D．温度越高，乙苯脱氢生成苯乙烯的反应的 K 越大

【答案】C

【解析】A．在恒容容器中发生反应①、②，只有气体物质反应及生成，混合气体的质量不变，反应①是气体分子数增大的反应，随反应的进行，气体物质的量增加，混合气体的平均相对分子质量 $M=\frac{m}{n}$ 减小，当混合气体的平均相对分子质量不再变化时，反应达到化学平衡状态，A 正确；

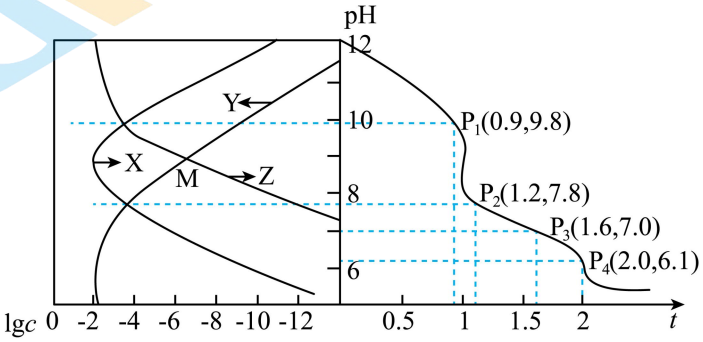
B．发生反应①生成的苯乙烯和H_2的体积相等，相同温度时，苯乙烯的体积分数大于H_2的体积分数，说明H_2与CO_2发生反应②而被消耗，B 正确；

C．温度升高到 630℃左右时，苯乙烯的体积分数较大，温度继续升高，采用 700℃获得更多的苯乙烯，苯乙烯的体积分数变化不明显，但耗能较大，故宜采用 630℃获得较多的苯乙烯，C 错误；

D．反应①，乙苯脱氢生成苯乙烯的反应为吸热反应，温度升高，平衡正向移动，化学平衡常数 K 增大，温度越高，K 越大，D 正确；

答案选 C。

14．乙二胺($H_2NCH_2CH_2NH_2$)有类似于 NH_3 的性质。25℃时，向 0.01mol/L 乙二胺溶液中通入 HCl 气体，所得溶液(忽略溶液体积的变化)的 pH 与体系中含 N 微粒浓度的对数值($\lg c$)、反应物的物质的量之比$t\left[t=\frac{n(HCl)}{n(H_2NCH_2CH_2NH_2)}\right]$关系如下图所示。下列有关说法正确的是



A．图中曲线 Y 表示$C_2H_9N_2^+$

B．P_3所示溶液：$c(C_2H_{10}N_2^{2+})+c(C_2H_9N_2^+)<c(Cl^-)$

C．P_4所示溶液：$c(C_2H_{10}N_2^{2+})+c(C_2H_9N_2^*)+c(C_2H_8N_2)=2c(Cl^-)$

D．图中 M 点对应的$pH=8.5$

【答案】B

【分析】由图可看出随 HCl 通入，曲线 Z 呈下降趋势，代表$\lg c(H_2NCH_2CH_2NH_2)$，曲线 X 先增后减，代表$\lg c(C_2H_9N_2^+)$，曲线 Y 呈逐渐增大趋势，代表$\lg c(C_2H_{10}N_2^{2+})$。

【解析】A．根据分析，随着盐酸的加入，曲线 Y 呈增大趋势，代表$\lg c(C_2H_{10}N_2^{2+})$的变化趋势，A 错误；

B．由图可知，P_3所示溶液，氯化氢和乙二胺之比为 1.6∶1，此时溶液中的成份为：$C_2H_{10}N_2Cl_2$和$C_2H_9N_2Cl$，由于 1mol$C_2H_{10}N_2Cl_2$电离产生 1mol$C_2H_{10}N_2^{2+}$和 2molCl^-，则此时$c(C_2H_{10}N_2^{2+})+c(C_2H_9N_2^+)<c(Cl^-)$，B 正

确；

C．由图可知，P_4 所示溶液，氯化氢和乙二胺之比为 2∶1，此时溶液中的成份为 $C_2H_{10}N_2Cl_2$，根据物料守恒可知，$2\left[c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)+c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)+c\left(C_2H_8N_2\right)\right]=c\left(Cl^{-}\right)$，C 错误；

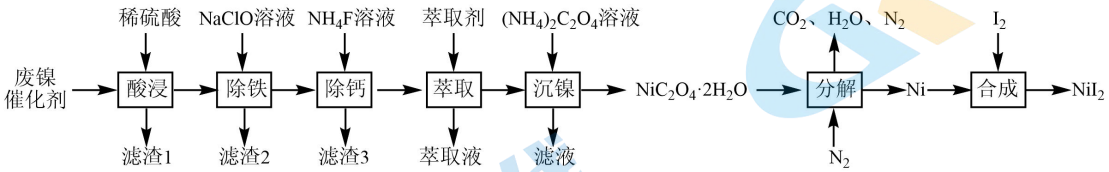
D．乙二胺中，$K_{b1}=\dfrac{c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)\times c\left(OH^{-}\right)}{c\left(C_2H_8N_2\right)}$，$K_{b2}=\dfrac{c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)\times c\left(OH^{-}\right)}{c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)}$，图中曲线 X 与曲线 Z 的交点 $c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)=c\left(C_2H_8N_2\right)$，$pOH=pK_{b1}=14-9.8=4.2$，则 $K_{b1}=10^{-4.2}$，曲线 X 与 Y 的交点 $c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)=c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)$，$pOH=pK_{b2}=14-7.8=6.2$，则 $K_{b2}=10^{-6.2}$，图中 M 点是曲线 Y 与 Z 的交点，存在 $\lg c\left(H_2NCH_2CH_2NH_2\right)=\lg c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)$，则 $c\left(H_2NCH_2CH_2NH_2\right)=c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)$，故 $K_{b1}\times K_{b2}=\dfrac{c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)\times c\left(OH^{-}\right)}{c\left(C_2H_8N_2\right)}\times\dfrac{c\left(C_2H_{10}N_2^{2+}\right)\times c\left(OH^{-}\right)}{c\left(C_2H_9N_2^{+}\right)}$，$K_{b1}\times K_{b2}=c^2\left(OH^{-}\right)$，$c^2\left(OH^{-}\right)=10^{-4.2}\times10^{-6.2}=10^{-10.4}\left(mol/L\right)^2$，$c\left(OH^{-}\right)=10^{-5.2}\,mol/L$，$c\left(H^{+}\right)=10^{-(14-5.2)}=10^{-8.8}mol/L$，M 点 $pH=8.8$，D 错误；

故选 B。

第II卷

二、非选择题：本题共 4 小题，共 58 分。

15．（14 分）《自然》杂志公布最新科学研究成果：碘化镍(NiI_2)在二维形式上具有多铁性。某小组以废镍催化剂(主要成分是 Ni，含少量 Zn、Fe、CaO、SiO_2 等杂质)为原料制备碘化镍的流程如下：



请回答下列问题：

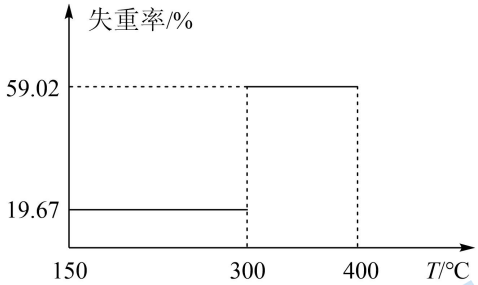
(1)滤渣 1 的成分是 $CaSO_4$、_____(填化学式)。滤渣 2 经过洗涤、干燥、_____(填操作名称)可制铁红。

(2)“除铁"中可通过先加入 H_2O_2 溶液再加入 NiO 替代 NaClO 溶液，H_2O_2 的作用是_____ (用离子方程式表示)。

(3)“萃取"中，萃取剂的密度小于 1 $g\cdot cm^{-3}$，若在实验室中分离萃取液，操作是_____(填操作名称)。

(4)“分解”过程中通入 N_2 的作用是_____。

(5)在空气中加热一定量的 $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 晶体，测得固体失重率(固体失重率 $=\frac{原固体质量-剩余固体质量}{原固体质量}\times 100\%$)与温度的关系如图所示，300℃发生反应的化学方程式为_____。



【答案】(1)　　SiO_2　　灼烧

(2)$2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+=2H_2O+2Fe^{3+}$

(3)取下分液漏斗塞子，旋开活塞，放出下层液体，待下层液体刚好放完，立即关闭活塞，从上口倒出萃取液

(4)作为保护气，防止镍被空气中的氧气氧化

(5) $NiC_2O_4 \xrightarrow{300\sim400℃} NiO+CO_2\uparrow+CO\uparrow$

【分析】以废镍催化剂（主要成分是 Ni，含少量 Zn、Fe、CaO、SiO_2 等杂质）为原料制备碘化镍，加硫酸“酸浸”，生成 $NiSO_4$、$ZnSO_4$、$FeSO_4$、$CaSO_4$，$CaSO_4$ 微溶于水、SiO_2 不溶于硫酸，过滤出 $CaSO_4$、SiO_2，滤液中加 NaClO 把 Fe^{2+}氧化为 $Fe(OH)_3$ 除去铁，滤液中加 NH_4F 生成 CaF_2 沉淀除去 Ca^{2+}，加萃取剂萃取出 Ni^{2+}，加草酸铵得到 $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 晶体，在氮气条件下加热分解 $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 晶体得到金属镍，镍和碘单质反应生成 NiI_2，据此分析解题。

【解析】（1）SiO_2 不溶于硫酸，$CaSO_4$ 微溶于水，所以滤渣 1 的成分是 $CaSO_4$、SiO_2；滤液中加 NaClO 把 Fe^{2+}氧化为 $Fe(OH)_3$ 除去，滤渣 2 是 $Fe(OH)_3$，经过洗涤、干燥、灼烧，$Fe(OH)_3$ 分解可制铁红，故答案为 SiO_2；灼烧。

（2）“除铁“中可通过先加入 H_2O_2 溶液再加入 NiO 替代 NaClO 溶液，H_2O_2 的作用是把 Fe^{2+}氧化为 Fe^{3+}，反应的离子方程式为 $2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+=2H_2O+2Fe^{3+}$，故答案为 $2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+=2H_2O+2Fe^{3+}$。

（3）萃取“中，萃取剂的密度小于 $1g \cdot cm^{-3}$，萃取液在上层，若在实验室中分离萃取液，具体操作是：取下分液漏斗塞子，旋开活塞，放出下层液体，待下层液体刚好放完，立即关闭活塞，从上口倒出萃取液，故答案为取下分液漏斗塞子，旋开活塞，放出下层液体，待下层液体刚好放完，立即关闭活塞，从上口倒出萃取液。

（4）“分解”过程中通入 N_2 的作用是作为保护气，防止镍被空气中的氧气氧化，故答案为作为保护气，防止

镍被空气中的氧气氧化。

（5）设有 1mol $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 晶体，质量为 183g，加热到 300℃失重率 19.76%，质量为 36g，则晶体完全失去结晶水；300～400℃失重率 59.02%，则剩余固体的质量为 75g，其中有 1molNi 元素，则氧元素的物质的量为 $\frac{75g-59g}{16g/mol}=1mol$，所以所得固体为 NiO，300～400℃发生反应的化学方程式为 $NiC_2O_4 \xlongequal{300\sim400℃} NiO+CO_2\uparrow+CO\uparrow$，故答案为 $NiC_2O_4 \xlongequal{300\sim400℃} NiO+CO_2\uparrow+CO\uparrow$。

16.（14 分）晶体硅材料是最主要的光伏材料，随当前信息工程的发展，硅主要用于微电子技术。工业上将粗硅氯化、精馏后得到 $SiCl_4$ 和 $SiHCl_3$ 的混合物然后用 H_2 还原得到高纯硅。还原过程中发生的主要反应为：

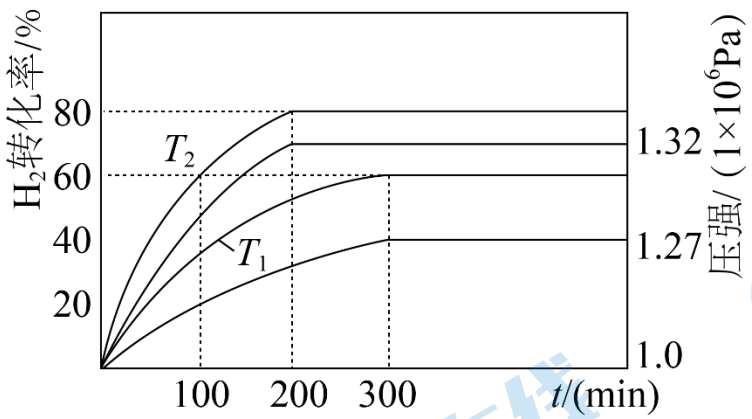
i. $SiCl_4(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons Si(s)+4HCl(g)$ $\Delta H_1=akJ/mol$

ii. $SiHCl_3(g)+H_2(g) \rightleftharpoons Si(s)+3HCl(g)$ $\Delta H_2=bkJ/mol$

回答下列问题：

(1)已知：$2SiHCl_3(g) \rightleftharpoons SiCl_4(g)+SiH_2Cl_2(g)$ $\Delta H_3=+48kJ/mol$，$H_2(g)$ 还原 $SiCl_4(g)$ 生成 $SiH_2Cl_2(g)$ 的热化学方程式为_____。

(2)在 T_1、T_2 温度下，将 1mol$SiCl_4(g)$、1mol$SiHCl_3(g)$ 和 3mol$H_2(g)$ 分别加入体积固定的密闭容器中，在催化条件下发生反应 i、ii．测得 H_2 的转化率及体系内的压强随时间的变化关系如图所示。



①T_2 温度下，反应达到平衡时 $SiHCl_3(g)$ 的转化率_____。

②T_2 温度下，反应 i 的标准平衡常数 K^θ 的计算式为_____。(已知：分压=总压×该组分物质的量分数，对于反应 $dD(g)+eE(g) \rightleftharpoons gG(g)+hH(g)$ 的 $K^\theta=\frac{\left(\frac{p_G}{p^\theta}\right)^g\left(\frac{p_H}{p^\theta}\right)^h}{\left(\frac{p_D}{p^\theta}\right)^d\left(\frac{p_E}{p^\theta}\right)^c}$，其中 $p^\theta=10^6Pa$，p_G、p_H、p_D、p_E 为各组

分的平衡分压)。

③ΔH_2_____0(填“>”或“<”)，写出推理过程_____。

(3)研究发现，反应$SiCl_4(g)+SiH_2Cl_2(g)\rightleftharpoons 2SiHCl_3(g)$的活化能$E_a=100kJ/mol$。反应的活化能$E_a$、速率常数 k、温度 T 满足关系：$\ln\frac{k(T_2)}{k(T_1)}=\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)=-\frac{\Delta E_a}{RT}$。

已知：$R=8.3\times10^{-3}kJ/(mol\cdot K)$；ln10=2.3

①若$T_1=300K$，通过升高温度到 595K，才能满足$\frac{k_2}{k_1}=10^8$以加快反应速率；

②若 T=300K，使用催化剂使活化能降低，满足$\frac{k_2}{k_1}=10^8$以加快反应速率，E_a应减小。

上述②中E_a应减小_____kJ/mol(保留 1 位小数)；对比①和②你得到的结论是_____。

【答案】(1)$SiCl_4(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons SiH_2Cl_2(g)+2HCl(g)$ $\Delta H=(2a-2b+48)kJ\cdot mol^{-1}$

(2) 80% $\frac{(\frac{5.6}{6.6}\times1.32)^4}{\frac{0.2}{6.6}\times1.32\times(\frac{0.6}{6.6}\times1.32)^2}$ < $T_2>T_1$，T_2时$SiHCl_3(g)$的转化率为 80%，T_1温度下$SiHCl_3(g)$的转化率是 90%，降低温度，$SiHCl_3(g)$转化率升高，反应ii是放热反应，$\Delta H_2<0$

(3) 45.8 生产中提高反应速率，研制催化剂比提高反应温度更有意义

【解析】（1）$H_2(g)$还原 $SiCl_4(g)$生成 $SiH_2Cl_2(g)$的化学方程式为$SiCl_4(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons SiH_2Cl_2(g)+2HCl(g)$，已知①$SiCl_4(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons Si(s)+4HCl(g)$ $\Delta H_1=akJ/mol$；②$SiHCl_3(g)+H_2(g)\rightleftharpoons Si(s)+3HCl(g)$ $\Delta H_2=bkJ/mol$③$2SiHCl_3(g)\rightleftharpoons SiCl_4(g)+SiH_2Cl_2(g)$ $\Delta H_3=+48kJ/mol$，由盖斯定律可知(反应①-反应②)+反应③可得反应$SiCl_4(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons SiH_2Cl_2(g)+2HCl(g)$，则反应的△H=$_2$(△$H_1$-△$H_2$)+△$H_3$=(2a-2b+48)kJ·mol^{-1}，因此 $H_2(g)$还原 $SiCl_4(g)$生成 $SiH_2Cl_2(g)$的热化学方程式为$SiCl_4(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons SiH_2Cl_2(g)+2HCl(g)$ $\Delta H=(2a-2b+48)kJ\cdot mol^{-1}$。

（2）①由图象可知，T_2温度下，反应达到平衡时 H_2的转化率为 80%，则消耗 H_2的物质的量为 2.4mol，设消耗 $SiCl_4(g)$的物质的量为 x，消耗 $SiHCl_3$的物质的量为 y，则列三段式有：

	$SiCl_4(g)$	$+2H_2(g)\rightleftharpoons$	$Si(s)$	$+4HCl(g)$
起始(mol)	1	3		0
转化(mol)	x	2x		4x
平衡(mol)	1－x	3－2x		4x

	$SiHCl_3(g)$	$+H_2(g)\rightleftharpoons$	$Si(s)$	$+3HCl(g)$
起始(mol)	1	3		0
转化(mol)	y	y		3y
平衡(mol)	1－y	3－y		3y

$SiHCl_3(g)+H_2(g)\rightleftharpoons Si(s)+3HCl(g)$

则有 2x+y=2.4，又 T_2 温度下，达到平衡时的压强为 1.32×10^6Pa，起始压强为 1.0×10^6Pa，则 $\frac{(1-x)+(1-y)+0.6+4x+3y}{1+1+3}=\frac{1.32\times10^6}{1.0\times10^6}$，化简为 3x+2y=4，解得 x=0.8，y=0.8，因此达到平衡时 $SiHCl_3$ 的转化率为 $\frac{0.8mol}{1mol}\times100\%=80\%$；

②由①可知，T_2 温度下，达到平衡时 $n(SiCl_4)=n(SiHCl_3)=0.2mol$，$n(H_2)=0.6mol$，$n(HCl)=(3.2+2.4)=5.6mol$，

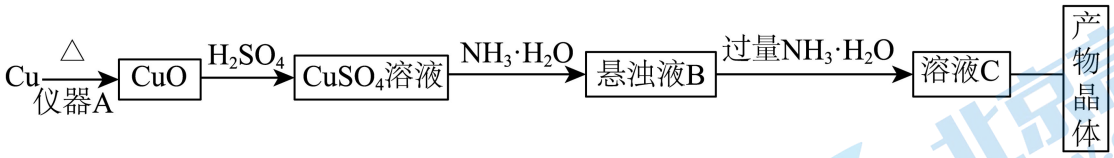
则反应 i 的标准平衡常数 $K^{\theta}=\frac{\left(\frac{5.6}{6.6}\times1.32\right)^4}{\frac{0.2}{6.6}\times1.32\times\left(\frac{0.6}{6.6}\times1.32\right)^2}$；

③结合①计算可得，T_1 温度下，$SiHCl_3$ 的转化率为 90%，而 T_2 温度下 $SiHCl_3(g)$的转化率为 80%，根据图象，T_2 温度下反应先达到平衡，因此 $T_2>T_1$，则 $T_2\rightarrow T_1$ 为降低温度，$SiHCl_3(g)$转化率升高，因此反应ii是放热反应，即$\triangle H_2<0$。

（3）上述②中，若 T=300K，使用催化剂使活化能降低，满足 $\frac{k_2}{k_1}=10^8$ 以加快反应速率，此时 $\ln10^8=-\frac{\triangle E_a}{300R}$，则，因此 Ea 应减小 45.8kJ/mol，上述①中，升高温度到 595K，满 $\frac{k_2}{k_1}=10^8$ 以加快反应速率，此时 $\ln10^8=\frac{E_{a1}}{R}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)=\frac{\triangle E_{a1}}{R}\left(\frac{1}{300}-\frac{1}{595}\right)$，则 $E_{a1}=\frac{\ln10^8R}{\left(\frac{1}{300}-\frac{1}{595}\right)}\approx91.6kJ/mol$，Ea 增大，因此生产中提高反应速率，研制催化剂比提高反应温度更有意义。

17.（15 分）一水硫酸四氨合铜$\left[Cu(NH_3)_4SO_4\cdot H_2O\right]$是一种易溶于水的晶体，可作高效安全的广谱杀菌剂。回答下列问题

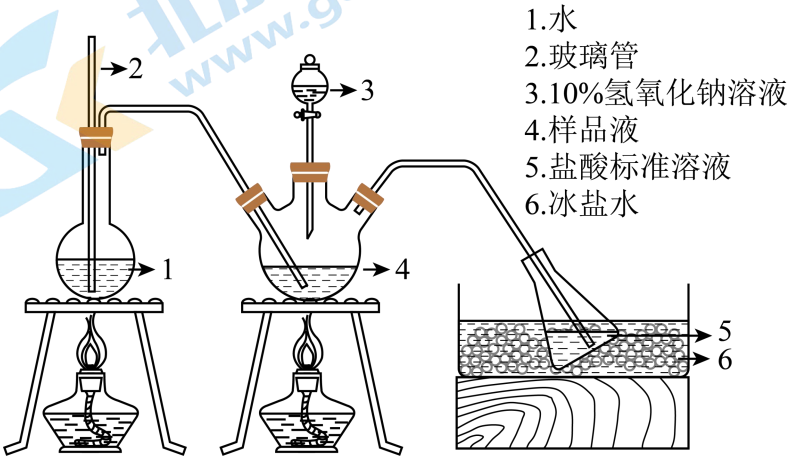
I. 制备少量晶体$Cu(NH_3)_4SO_4\cdot H_2O$，设计实验方案如下：



(1)仪器 A 的名称为_____，对比铜和浓硫酸加热制备硫酸铜，该方案的优点是_____。

(2)利用溶液 C 制备“产物晶体”时，需用玻璃棒摩擦试管内壁的目的是_____。

II．氨含量的测定。精确称取 m g 晶体，加适量水溶解，注入如图所示的三颈瓶中，然后逐滴加入 V mL 10% NaOH 溶液，通入水蒸气，将样品液中的氨全部蒸出，并用蒸馏水冲洗导管内壁，用 V_1 mL c_1 mol / L 的盐酸标准溶液完全吸收。取下接收瓶，用 c_2 mol / L NaOH 标准溶液滴定过剩的 HCl，到终点时消耗 V_2 mL NaOH 溶液。



氨的测定装置

(3)“玻璃管 2”的作用_____，样品中氨的质量分数的表达式_____。

III．探究四氨合铜离子的性质

用所得晶体配成水溶液，取三份 1 mL 试样，分别加入 0.5 mL 的水、稀硫酸、氢氧化钠溶液，实验现象记录如下：

加入试剂	水	稀硫酸	氢氧化钠
现象	几乎无变化	溶液颜色变成浅蓝色，与同浓度硫酸铜颜色相当	

(4)上述实验现象与配位离子的解离平衡有关，请用适当的化学用语表示该配位离子的解离平衡_____，则加入氢氧化钠溶液后的现象为_____。

【答案】(1)　　坩埚　　没有 SO_2 生成，更环保且硫酸利用率高

(2)充当晶种，诱导结晶

(3)　　平衡气压，防止堵塞和倒吸　　$\frac{17\times(c_1V_1-c_2V_2)\times10^{-3}}{m}\times100\%$

(4)　　$[Cu(NH_3)_4]^{2+}\rightleftharpoons Cu^{2+}+4NH_3$　　有蓝色沉淀生成，静置后，上层溶液颜色变浅或变为无色

【分析】Cu 在坩埚中加热生成 CuO，CuO 溶于硫酸生成硫酸铜溶液，硫酸铜溶液中滴加氨水生成氢氧化铜悬浊液，继续滴加氨水至沉淀完全溶解生成$[Cu(NH_3)_4]SO_4$溶液，最后经过蒸发浓缩、冷却结晶等操作得到一水硫酸四氨合铜。

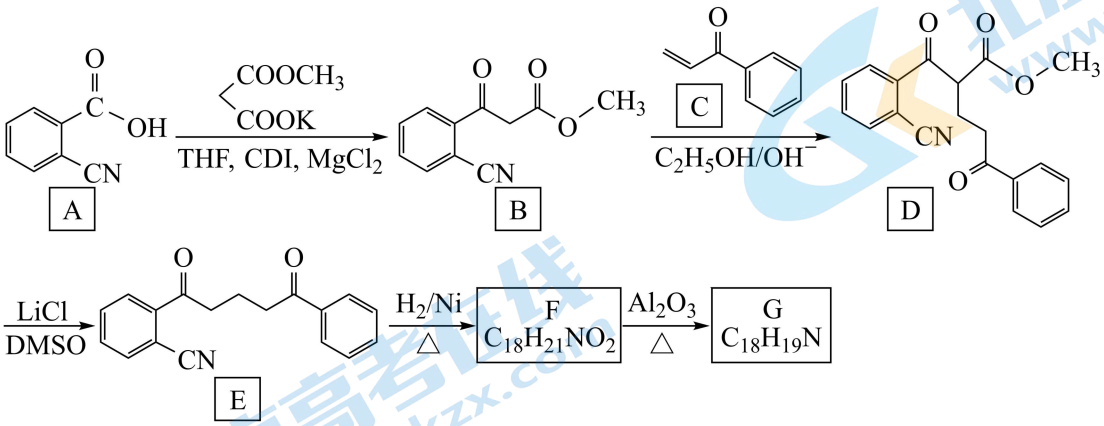
【解析】（1）仪器 A 的名称为坩埚，铜与浓硫酸直接加热制备硫酸铜，会有 SO_2 生成，不仅不环保而且硫酸利用率低，此方案没有 SO_2 生成，更环保且硫酸利用率高。

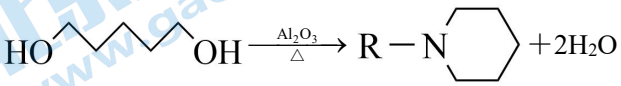
（2）利用$[Cu(NH_3)_4]SO_4$溶液制备一水硫酸四氨合铜时，需要用玻璃棒摩擦试管内壁，目的是充当晶种，诱导结晶。

（3）氨气极易溶于水，与盐酸反应时容易发生倒吸，玻璃管 2 的作用为平衡气压，防止堵塞和倒吸。消耗 NaOH 的物质的量为 $c_2V_2\times10^{-3}$mol，则与 NaOH 反应的 HCl 有 $c_2V_2\times10^{-3}$mol，则与氨气反应的 HCl 有 $c_1V_1\times10^{-3}$mol-$c_2V_2\times10^{-3}$mol，生成氨气($c_1V_1\times10^{-3}$-$c_2V_2\times10^{-3}$)mol，氨气的质量为 17($c_1V_1\times10^{-3}$-$c_2V_2\times10^{-3}$)g，则氨的质量分数表达式为$\frac{17\times(c_1V_1-c_2V_2)\times10^{-3}}{m}\times100\%$。

（4）加入稀硫酸时溶液颜色变为浅蓝色，与同浓度硫酸铜颜色相当，说明硫酸与 NH_3 发生了反应，则四氨合铜配离子的解离平衡方程式为$[Cu(NH_3)_4]^{2+}\rightleftharpoons Cu^{2+}+4NH_3$，加入氢氧化钠溶液，$Cu^{2+}$转化为氢氧化铜沉淀，该解离平衡正向移动，故现象为有蓝色沉淀生成，静置后，上层溶液颜色变浅或变为无色。

18.（14 分）多环化合物是合成很多药物的中间体，下面是一种多环化合物 G 的合成路线：



已知：RNH_2+ 

回答下列问题：

(1)A 的分子式为_____，A 侧链上的碳原子的杂化类型有_____。

(2)由 B 生成 D 的反应类型为_____。

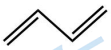
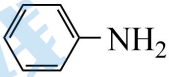
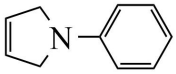
(3)E 中含氧官能团的名称为_____，E→F 反应的方程式为_____。

(4)C 的同分异构体中，同时满足以下两个条件的有_____种(考虑碳碳双键的顺反异构)。

i．除苯环外不含其他的环状结构；

ii．能发生银镜反应。

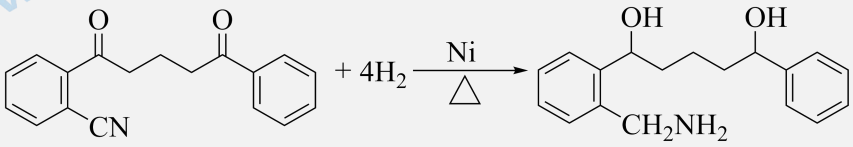
(5)G 的结构简式为_____。

(6)结合题中相关信息，设计以  和  为原料制备  的合成路线_____(其他无机试剂任选)。

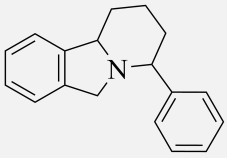
【答案】(1)　$C_8H_5O_2N_4$　sp、sp^2 杂化

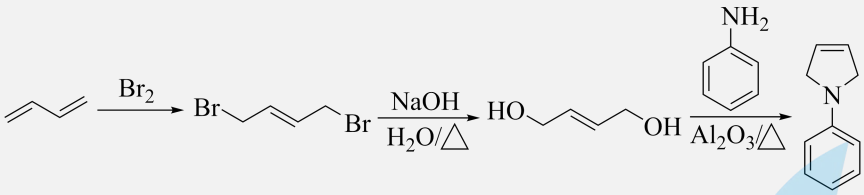
(2)加成反应

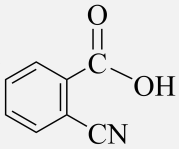
(3)　酮羰基

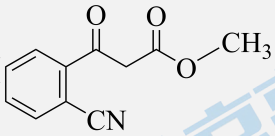
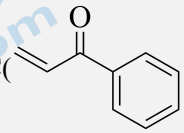


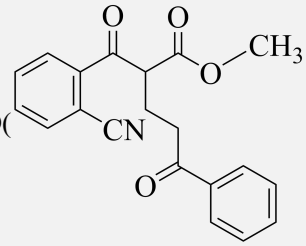
(4)6

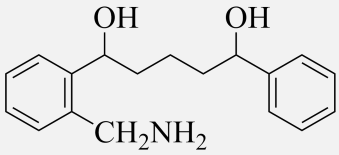
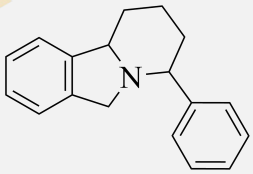
(5) 

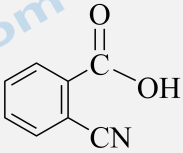
(6) 

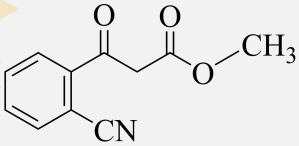
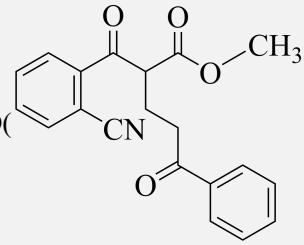
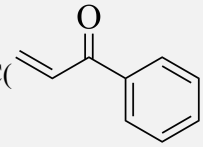
【分析】A()与  在 THF、CDI、$MgCl_2$ 作用下发生取代反应，生成

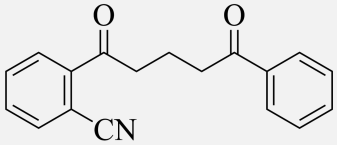
B()和 $KHCO_3$；B 与 C()在 C_2H_5OH/OH^-作用下发生加成反应，生成

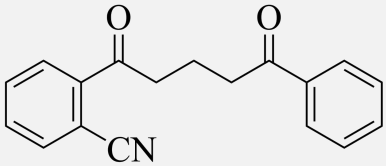
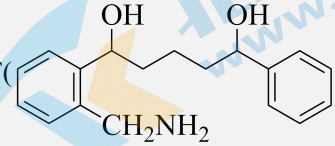
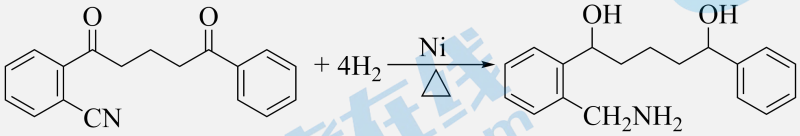
D()；由 D 的结构简式、F 的分子式，可确定 F 的结构简式为

 ；由 G 的分子式及 F 的结构简式，可确定 G 为  。

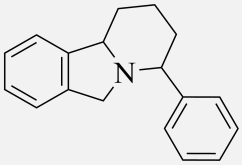
【解析】（1）由分析可知，A 的结构简式为  ，则其分子式为：$C_8H_5O_2N_4$，A 侧链上，-CN 中的碳原子的价层电子对数为 2，发生 sp 杂化、-COOH 中碳原子的价层电子对数为 3，发生 sp^2 杂化。

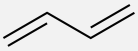
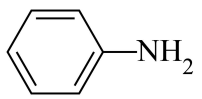
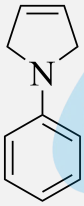
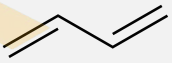
（2）由 B()生成 D()时，B 与 C()在 C_2H_5OH/OH^-作用下发生加成反应。

（3）E 的结构简式为  ，含氧官能团的名称为酮羰基。

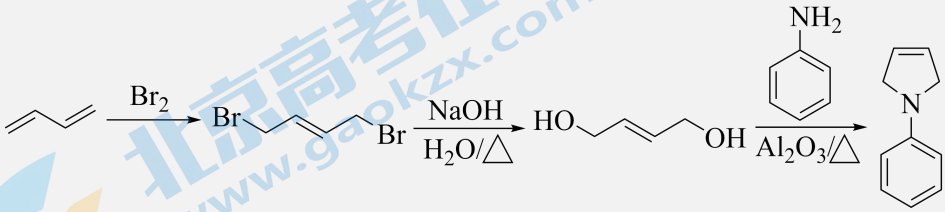
E()与 H_2 发生加成反应，生成 F()，反应的方程式为  。

（4）C 的同分异构体中，同时满足以下两个条件：”i．除苯环外不含其他的环状结构；ii．能发生银镜反应”的有机物，分子中含有苯环、-CHO、-CH=CH-，可能是苯环上连有 1 个取代基-CH=CH-CHO(有顺反异构体，2 种)、-C(CHO)=CH_2；可能是苯环上连有 2 个取代基，-CHO、-CH=CH_2 分别位于苯环的邻、间、对位，共 3 种，所以共有 6 种(考虑烯烃的立体异构) 。

（5）由分析可知，G 的结构简式为  。

（6）以  和  为原料制备  时，需将  转化为

$HOCH_2CH{=}CHCH_2OH$，也就是应将  与 Br_2 发生 1，4-加成，再水解，所以合成路线为



。