

聊城市 2025 年普通高中学业水平等级考试模拟卷

化学试题（一）

注意事项：

- 1.答卷前，考生务必将自己的姓名、考生号填写在答题卡和试卷的指定位置。
- 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，将答题卡交回。

可能用到的相对原子质量：H-1 Li-7 Mg-24 Cl-35.5 Cr-52 Fe-56 Co-59

一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 化学与生活密切相关，下列涉及氧化还原反应的是

- A. 切开的茄子放置后切面变色
B. 制作面点时加入食用纯碱
C. 肥皂水作蚊虫叮咬处的清洗剂
D. 使用含氟牙膏预防龋齿

【答案】A

【解析】

【详解】A. 切开的茄子变色是由于其中的多酚类物质被空气中的氧气氧化，生成有色物质。此过程涉及氧气的还原和有机物的氧化，属于氧化还原反应，A 选；

B. 食用纯碱（ Na_2CO_3 ）与面点中的酸性物质反应生成 CO_2 ，属于复分解反应，无化合价变化，不涉及氧化还原，B 不选；

C. 肥皂水是碱性的，能中和蚊虫分泌的酸性物质，属于酸碱中和反应，无化合价变化，属于非氧化还原反应，C 不选；


D. 含氟牙膏中的 F 与牙齿中的羟基磷灰石发生离子交换，生成氟磷灰石，属于复分解反应，无化合价变化，属于非氧化还原反应，D 不选；

故选 A。

2. 下列化学用语或图示表达正确的是

A. 甲酸甲酯的实验式为 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

B. NO_2^+ 的空间结构为直线形

C. SiCl_4 分子中共价键的电子云图为 

D. HClO 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:\ddot{\text{O}}:$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 实验式即最简式，故甲酸甲酯的实验式为 CH_2O ，故 A 错误；

B. NO_2^+ 的价层电子对数为 $2 + \frac{5-1-2 \times 2}{2} = 2$, 无孤电子对, 故空间结构为直线形, 故 B 正确;

C. SiCl_4 分子中共价键的电子云图呈正四面体结构, 其中硅原子位于中心, 四个氯原子位于四个顶点。每个 Si-Cl 键都是共价键, 由硅原子的 sp^3 杂化轨道和氯原子的 p 轨道头碰头形成, 故 C 错误;

D. HClO 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{Cl}}:$, 故 D 错误;

故选 B。

3. 下列有关元素单质或化合物的说法不正确的是

A. BH_3 是由极性键构成的非极性分子

B. 三氟乙酸的 K_a 大于三氯乙酸的 K_a

C. 逐个断开 CH_4 中 C-H 键, 每步所需能量相同

D. Si 和 S 的基态原子未成对电子数相等

【答案】C

【解析】

【详解】A. BH_3 中心原子为 B, 价层电子对数为 $3 + \frac{3-3 \times 1}{2} = 3$, 无孤电子对, 分子构型为平面正三角形, 正负电荷中心重合, 为非极性分子, A 正确;

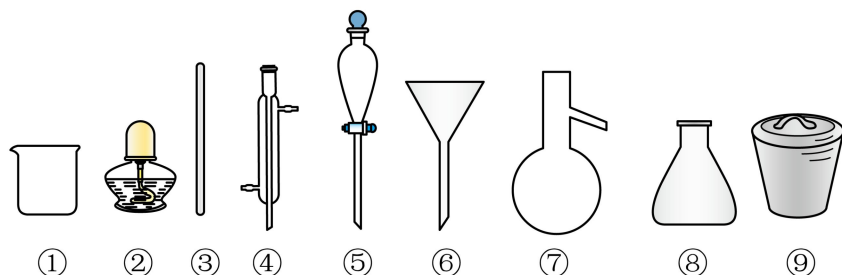
B. F 的电负性大于 Cl, 三氟乙酸中羧基上 -OH 极性更强, 易电离出 H^+ 离子, 三氟乙酸的酸性更强, K_a 更大, B 正确;

C. CH_4 有四个碳氢键, 断开第一个碳氢键较容易, 需要的能量小, 断开第二、三、四个碳氢键越来越难, 需要能量越来越高, C 错误;

D. Si 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$, 未成对电子数为 2, S 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, 未成对电子数为 2, D 正确;

答案选 C。

4. 某苯甲酸样品中含少量氯化钠和泥沙, 实验室提纯苯甲酸, 下列实验仪器必须用到的有



A. ②④⑦⑧

B. ①②⑥⑨

C. ③②⑧⑨

D. ①②③⑥

【答案】D

【解析】

【详解】实验室提纯苯甲酸需要用到的操作有过滤、重结晶, 需要用到的仪器有烧杯、漏斗、玻璃棒、酒精灯等, 答案选 D。

5. 下列说法不正确的是

- A. 电解 ZnSO_4 溶液可以得到 Zn
- B. 工业上可用氨水吸收燃煤烟气中的二氧化硫
- C. 在食品包装袋内放入铁系保鲜剂可防止食品因氧化而变质
- D. 浓硝酸与铁在常温下不能反应，所以可用铁质容器贮运浓硝酸

【答案】D

【解析】

【详解】A. 电解 ZnSO_4 溶液，锌离子在阴极得到电子被还原生成 Zn ，该说法正确；

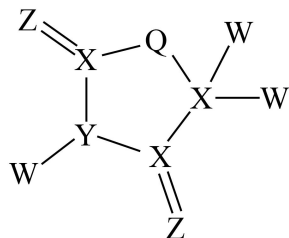
B. 氨水呈碱性，二氧化硫是酸性氧化物，二者能发生反应，所以工业上可用氨水吸收燃煤烟气中的二氧化硫，该说法正确；

C. 铁系保鲜剂中的铁具有还原性，能与氧气反应，从而防止食品因氧化而变质，该说法正确；

D. 浓硝酸与铁在常温下发生钝化反应，在铁表面生成一层致密的氧化膜，阻止反应进一步进行，所以可用铁质容器贮运浓硝酸，并不是不能反应，该项说法错误；

综上所述，正确答案是D。

6. 罗格列酮是一种重要降血糖合成药物，它的前体由相对原子质量依次增大的 W、X、Y、Z、Q 五种短周期主族元素组成，其结构如图所示。下列说法正确的是



- A. 第一电离能： $Z > Y > X$
- B. 该化合物中 $W-Y$ 的键长大于 $W-X$ 的键长
- C. 简单氢化物的键角： $Z > Q$
- D. W、Y、Z 三种元素形成的化合物一定不含离子键

【答案】C

【解析】

【分析】Z 与 Q 只能形成 2 个键，故 Z、Q 应为第 VIA 主族元素，且均为短周期，Q 比 Z 的相对分子质量增大，故 Q 应为 S，Z 应为 O。同理可分析出，X 可形成 4 个键，应为 C，Y 应为 N，W 应为 H。

【详解】A. 短周期同一周期元素的第一电离能随原子序数递增一般呈增大趋势，但在 N、O 或 P、S 等相邻元素间会出现“反常”现象，N 的价电子： $2s^2 2p^3$ ，半充满状态，第一电离能强于 O，故第一电离能： $N > O > C$ 即 $Y > Z > X$ ，故 A 错误；

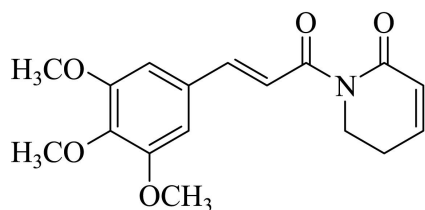
B. 键长是构成化学键的两个原子的核间距，原子半径越小键长越短，故 H-N 键的键长（101pm）小于 H-C 键的键长（109pm），故 B 错误；

C. Z 形成的简单氢化物为 H_2O ，Q 形成的简单氢化物为 H_2S ，两者的空间构型均为 V 形，并且都有孤对电子，由于 O 的电负性大于 S，O 对孤对电子的吸引比 S 大，孤对电子对成键电子对的排斥力也更大，导致 H_2O 键角比 H_2S 大，故 C 正确；

D. 若三种元素形成的是铵盐，比如 NH_4NO_3 ， NH_4^+ 与 NO_3^- 之间就是离子键，故 D 错误；

故选 C。

7. 茛菪酰胺是从中药茛菪中提取的一种有抗癌活性的天然生物碱，结构如下图所示。下列说法不正确的是



A. 含有 3 种含氧官能团

B. 存在顺反异构

C. 核磁共振氢谱有 9 组峰

D. 1mol 该化合物最多与 2mol NaOH 反应

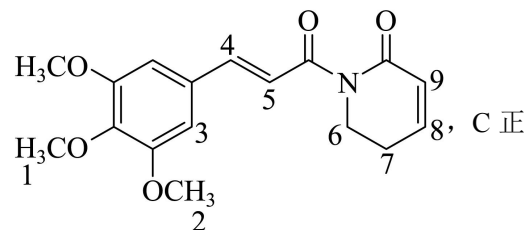
【答案】A

【解析】

【详解】A. 由图知，分子中含有醚键、碳碳双键、酰胺键三种官能团，其中含氧官能团只有 2 种，A 错误；

B. 由图知，该分子中的碳链上的碳碳双键上的碳原子均连接不同基团，则存在顺反异构，B 正确；

C. 存在 9 种不同环境的氢原子，则核磁共振氢谱有 9 组峰，如图所示：



确；

D. 酰胺基能和氢氧化钠溶液反应，1mol 该化合物含有 2mol 酰胺基，最多消耗 2mol NaOH，D 正确；

故选 A。

8. 某同学通过实验研究铜离子在碱性溶液中存在形式的转化，下列说法不正确的是

5mL 0.1mol/L $CuSO_4$ 溶液

① 滴加 1mol/L 氨水 → 生成蓝色絮状沉淀

② 继续滴加氨水 → 沉淀溶解 溶液呈深蓝色

分成两份

③ 数滴 0.1mol/L NaOH 溶液 → a

④ 两滴 0.1mol/L H_2SO_4 溶液 → b

a, b 均有蓝色絮状沉淀生成

- A. 上述过程涉及 2 种配离子
- B. 过程②中 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的存在促进了 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离
- C. 由②③可知, 溶液中存在平衡 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$
- D. 试管 b 中出现蓝色絮状沉淀可能是因为 H_2SO_4 消耗了溶液中的 NH_3

【答案】B

【解析】

【分析】由图可知, 实验①发生的反应为硫酸铜溶液与氨水反应生成氢氧化铜蓝色絮状沉淀; 实验②发生的反应为氢氧化铜与氨水反应生成氢氧化四氨合铜和水, 实验②③说明溶液中存在平衡 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$, 向溶液中加入氢氧化钠溶液, 溶液中氢氧根离子浓度增大, 平衡向逆反应方向移动, 导致有氢氧化铜蓝色絮状沉淀生成; 实验④说明铜氨络离子在溶液中存在络合平衡 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$, 向溶液中加入稀硫酸, 硫酸电离出的氢离子与氨分子反应, 溶液中氨分子浓度减小, 络合平衡正移, 导致溶液中的铜离子浓度增大, 与溶液中的氢氧根离子反应生成氢氧化铜蓝色絮状沉淀。

【详解】A. 溶液中的铜离子实际与水分子形成配离子 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 存在, 上述过程涉及 2 种配离子, 分别是 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, A 正确;

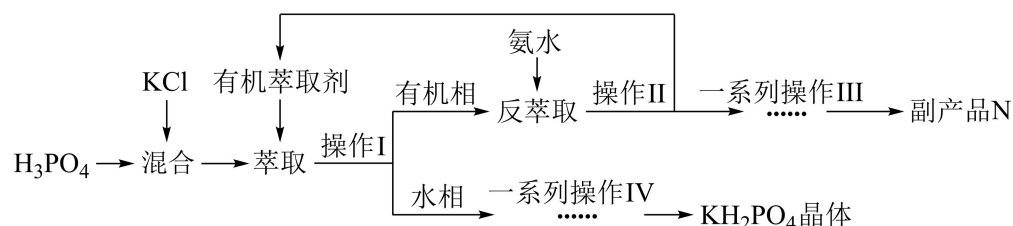
B. 过程②中 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶于氨水, 发生 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$ 反应, 不能说明 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的存在促进了 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离, B 错误;

C. 由分析可知, 实验②③说明溶液中存在平衡 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$, 向溶液中加入氢氧化钠溶液, 溶液中氢氧根离子浓度增大, 平衡向逆反应方向移动, 导致有氢氧化铜蓝色絮状沉淀生成, 故 C 正确;

D. 由分析可知, 实验④说明铜氨络离子在溶液中存在络合平衡 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$, 向溶液中加入稀硫酸, 硫酸电离出的氢离子与氨分子反应, 溶液中氨分子浓度减小, 络合平衡正移, 导致溶液中的铜离子浓度增大, 与溶液中的氢氧根离子反应生成氢氧化铜蓝色絮状沉淀, 故 D 正确;

答案选 B。

9. 晶体磷酸二氢钾 (KH_2PO_4) 是一种非线性光学材料, 实验室模拟工业工序设计的流程如图所示。



已知: HCl 易溶于乙醇和醚等有机溶剂, 下列说法不正确的是

- A. 有机萃取剂不可选用乙醇
- B. KH_2PO_4 既可与盐酸也可与 NaOH 溶液反应
- C. 操作 I、操作 II 是相同的操作方法
- D. 一系列操作 III 主要包括蒸发结晶、干燥


【答案】D

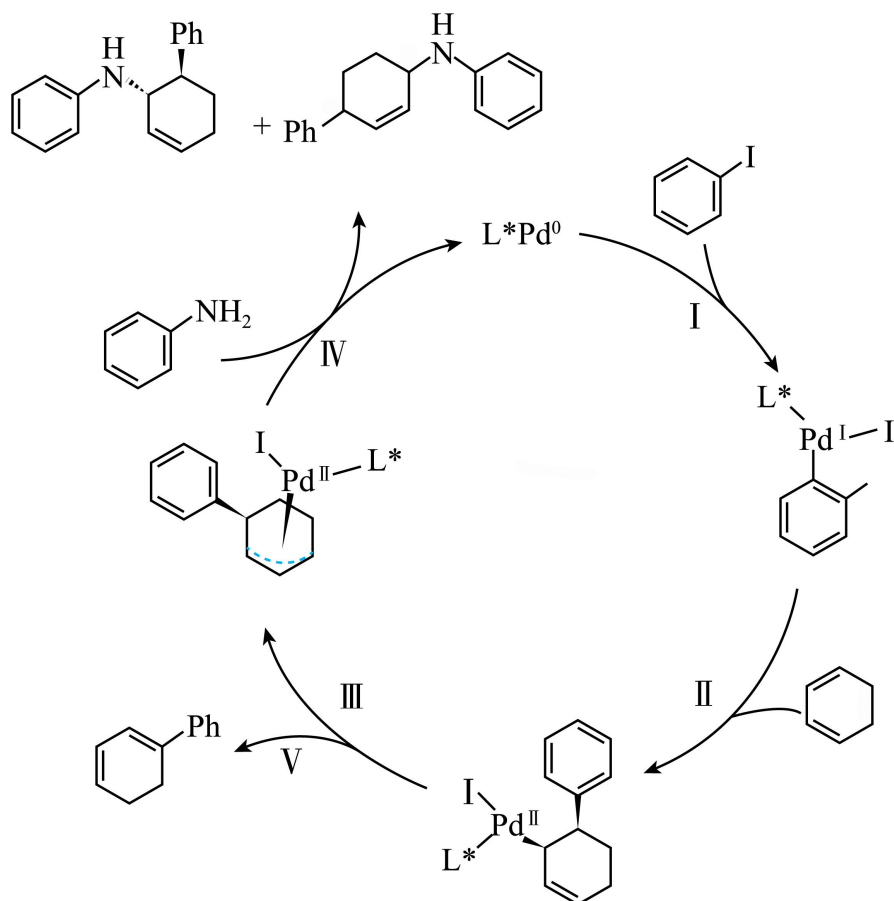
【解析】

【分析】 H_3PO_4 加入 KCl 混合，用有机萃取剂进行萃取，主要反应原理为 $\text{KCl} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{HCl}$ ，经操作 I（分液）得到有机相和水相，水相经一系列操作可得到 KH_2PO_4 晶体，反应产生的 HCl 易溶于有机萃取剂，有机相加入氨水进行反萃取，发生反应 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ ，再分液得到有机萃取剂返回萃取操作中循环使用，另一部分经蒸发浓缩、冷却结晶，过滤、洗涤、干燥便可得到 NH_4Cl 。

【详解】A. 因为乙醇与水互溶，所以有机萃取剂不可选用乙醇，A 正确；
 B. KH_2PO_4 是酸式盐，既可与盐酸也可与 NaOH 溶液反应，B 正确；
 C. 根据分析知，操作 I、操作 II 都是分液，是相同的操作方法，C 正确；
 D. NH_4Cl 受热易分解，所以一系列操作 III 主要包括蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，D 错误；
 故选 D。

10. 复旦大学某团队以 1, 3-环己二烯为载体，与苯胺和碘苯，通过钯与改进的 Ming-Phos 催化，实现了高对映、区域选择性的三组分碳胺化转化，并提出了如图所示的反应机理（部分无机产物略去）。已知：①Ph 一为苯基；②动力学实验表明

 NH_2 参加的反应为决速步骤；③反应 V 为副反应。下列说法正确的是



- A. 步骤 I 中存在非极性键的断裂
- B. 步骤 II 中发生加成反应
- C. 步骤 IV 中两种有机产物的质谱图完全一样
- D. 步骤 V 中钯的化合价没有发生变化

【答案】B

【解析】

【详解】A. 步骤 I 是极性键的断开和生成，不存在非极性键的断开和生成，A 错误；

B. 步骤 II 是环己二烯的加成反应，B 正确；

C. 质谱图是有机物分解产生的粒子的质荷比，步骤 IV 两种有机物分解的产生的粒子不完全相同，质荷比也不完全相同，C 错误；

D. 反应 V 为副反应，步骤 V 中钯的化合价降低，发生了变化，D 错误；

答案选 B。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题目要求，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 室温下，由下列事实或现象能得出相应结论的是

选项	实验过程及现象	实验结论

A	将 NO_2 分别通入到浓 HNO_3 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 和 HNO_3 的混合溶液中至饱和，溶液颜色前者由无色变至黄色、后者由蓝色变至绿色	Cu 和浓 HNO_3 反应后溶液呈绿色的主要原因是溶有 NO_2
B	分别测定等物质的量浓度的 NH_4F 与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 溶液的 pH，前者 pH 小	$K_a(\text{HF}) > K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)$
C	取 4 mL 乙醇，加入 12 mL 浓硫酸、少量沸石，迅速升温至 170°C ，将产生的气体通入 2 mL 溴水中，溴水褪色	乙醇发生了消去反应
D	向 KBr 、 KI 混合溶液中加入少量氯水，然后加入适量 CCl_4 ，振荡，静置，溶液分层，下层呈紫红色	氧化性： $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 将 NO_2 通入浓硝酸溶液至饱和溶液变黄色，说明红棕色的 NO_2 溶于浓 HNO_3 中，导致溶液由无色变为黄色，通入 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 和 HNO_3 混合溶液从蓝色变为绿色， $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 和 HNO_3 的混合溶液为蓝色，通入 NO_2 后，溶液蓝色变绿色，绿色是蓝色和黄色混合的结果，故 Cu 和浓 HNO_3 反应后溶液呈绿色的主要原因是溶有 NO_2 ，A 正确；

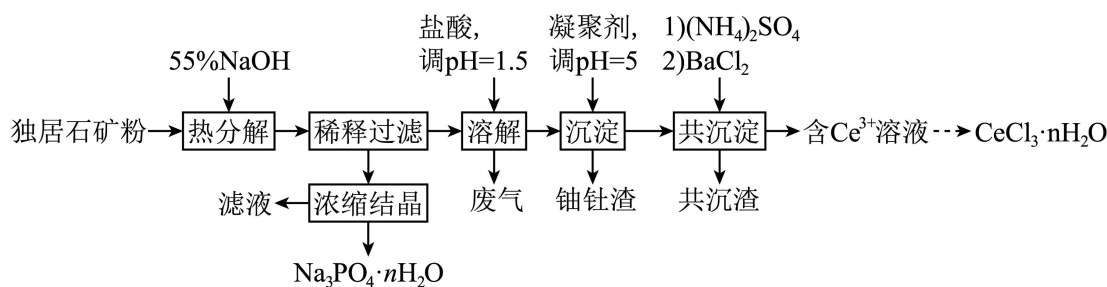
B. NH_4F 的 pH 较低说明其酸性强， F^- 的水解程度较弱，对应的 HF 酸性强（ K_a 较大）。但 SO_3^{2-} 的水解程度由 H_2SO_3 的 K_{a2} 决定，而非 K_{a1} ，题目结论错误地比较了 $K_a(\text{HF})$ 与 $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ ，且 NH_4^+ 浓度也不同，存在一定的干扰，B 错误；

C. 浓硫酸在高温下可能使乙醇碳化，产生 SO_2 气体， SO_2 也能使溴水褪色（还原反应）；实验未排除 SO_2 干扰，无法确定褪色仅由乙烯引起，结论不可靠，C 错误；

D. 根据实验现象可知， Cl_2 氧化 I^- 生成 I_2 （紫红色），得出结论氧化性： $\text{Cl}_2 > \text{I}_2$ ，由于氯水少量，优先氧化还原性强的 I^- ，即还原性： $\text{I}^- > \text{Br}^-$ ，从而可以得出结论：氧化性： $\text{Br}_2 > \text{I}_2$ ，实验中无法证明 Cl_2 的氧化性大于 Br_2 ，D 错误；

故选 A。

12. 稀土是国家的战略资源之一，以下是一种以独居石[主要成分为 CePO_4 ，含有 $\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4$ 、 U_3O_8 和少量 Ra 杂质]为原料制备 $\text{CeCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 的工艺流程图。



已知：①步骤1中 U_3O_8 转化为 $Na_2U_2O_7$ ；② Ce^{3+} 在空气中易被氧化成 Ce^{4+} ；③25℃时， $K_{sp}[Th(OH)_4] = 4.0 \times 10^{-45}$ ， $K_{sp}[Ce(OH)_3] = 1.6 \times 10^{-20}$ ， $K_{sp}[Ce(OH)_4] = 2.0 \times 10^{-48}$ 。

下列说法正确的是

- A. 仅“热分解”步骤发生了氧化还原反应
- B. 滤液可吸收“溶解”步骤产生的废气
- C. 共沉渣成分主要为 $BaSO_4$ 和 $RaSO_4$
- D. “沉淀”步骤所得溶液中 $c(Th^{4+}) = 4.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

【答案】C

【解析】

【分析】独居石的主要成分为 $CePO_4$ ，含有 $Th_3(PO_4)_4$ 和 U_3O_8 和少量镭杂质，加入 $NaOH$ 进行热分解， U_3O_8 发生反应： $2U_3O_8 + O_2 + 6NaOH = 3Na_2U_2O_7 + 3H_2O$ ， $CePO_4$ 中的 Ce 被氧化为 $Ce(OH)_4$ ，将热分解后的物质加水稀释后过滤，得到的滤液中含有 Na_3PO_4 ，过滤得到的固体产物中加入盐酸， $Ce(OH)_4$ 具有氧化性，与盐酸发生反应： $2Ce(OH)_4 + 8H^+ + 2Cl^- = 2Ce^{3+} + Cl_2 \uparrow + 8H_2O$ ，废气为氯气，调节 pH ，使铀和 Th 转化为 $BaSO_4$ 和 $RaSO_4$ 沉淀，向滤液中加入硫酸铵和氯化钡，使 $BaSO_4$ 和 $RaSO_4$ 形成共沉淀，得到含有 Ce^{3+} 的溶液，经过一系列操作，得到 $CeCl_3 \cdot nH_2O$ ，据此分析作答。

【详解】A. 在“溶解 $pH = 1.5$ ”步骤中也发生了氧化还原反应：



B. 得到的滤液中含有 Na_3PO_4 ，废气含有氯气，磷元素已经处于最高化合价，不会被氯气氧化，所以二者不会发生反应，B 错误；

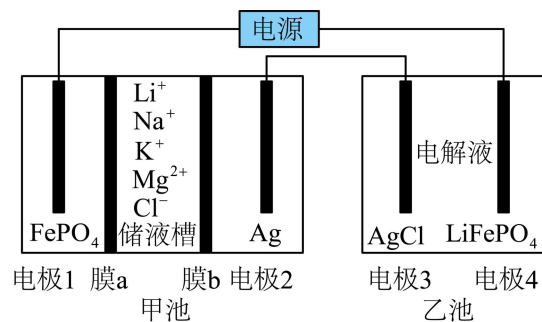
C. 根据分析可知，共沉渣成分主要为 $BaSO_4$ 和 $RaSO_4$ ，C 正确；

D. “沉淀”步骤 $pH = 5$ ，根据溶度积常数可得： $c(Th^{4+}) = \frac{K_{sp}[Th(OH)_4]}{c^4(OH^-)} = \frac{4.0 \times 10^{-45}}{(10^{-9})^4} = 4.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ ，

D 错误；

故选 C。

13. 为了从海水中提取锂，某团队设计了如图所示的电解池。保持电源正负极不变，每运行一段时间后，将甲池、乙池电极两两互换，在乙池中实现锂的富集。下列说法正确的是



- A. 膜 a 为阴离子交换膜
- B. 电极 1 应与电极 3 互换
- C. 电极 4 连接电源的正极
- D. 理论上，电路通过 1mol 电子时，乙池中电解液质量增加 42.5 g

【答案】CD

【解析】

【分析】保持电源正负极不变，每运行一段时间后，将甲池、乙池电极两两互换，在乙池中实现锂的富集，说明电极 1 上电极反应式为 $Li^+ + e^- + FePO_4 = LiFePO_4$ ，电极 1 为阴极，则电极 2、3、4 分别是阳极、阴极、阳极，电极 4 上发生的电极反应为： $LiFePO_4 - e^- = Li^+ + FePO_4$ 。

【详解】A. 由于电极 1 上电极反应式为 $Li^+ + e^- + FePO_4 = LiFePO_4$ ，需要补充锂离子，所以膜 a 为阳离子交换膜，A 错误；

B. 根据分析可知，电极 1 应与电极 4 互换，B 错误；

C. 电极 4 上发生的电极反应为： $LiFePO_4 - e^- = Li^+ + FePO_4$ ，为阳极，所以电极 4 连接电源的正极，C 正确；

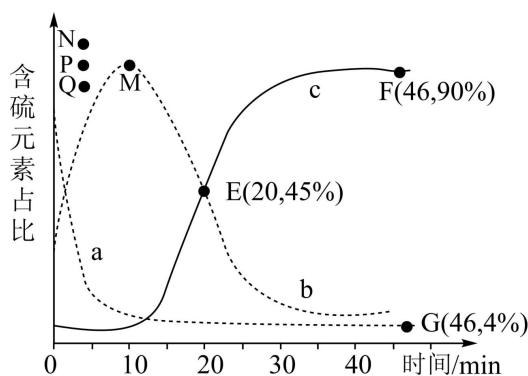
D. 乙池中，电极 3 上电极反应式为 $AgCl + e^- = Ag + Cl^-$ ，电极 4 的电极反应式为为：

$LiFePO_4 - e^- = Li^+ + FePO_4$ 。理论上，电路通过 1mol 电子时，乙池中电解液增加的质量相当于 1mol LiCl 的质量，质量为 $1mol \times 42.5g/mol = 42.5g$ ，D 正确；

故选 CD。

14. 煤化工等行业废气普遍含有硫化氢，需回收处理并加以利用。在 $T^\circ C$ 、100kPa 恒定条件下，向密闭容器中充入 2mol H_2S 和 6mol O_2 ，发生反应 ① $2H_2S(g) + O_2(g) \rightleftharpoons S_2(g) + 2H_2O(g)$ 、② $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$ 、③ $S_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g)$ 。测得含硫元素占比[如 S_2 的含硫

元素占比 $S_2\%$ = $\frac{n(S_2) \times 2}{n(SO_2) + n(H_2S) + 2n(S_2)} \times 100\%$ 与时间的关系如图所示。



已知：反应①快速平衡。下列说法正确的是

- A. 反应①的活化能高于反应③
- B. 图中曲线 c 表示 SO_2 的含硫元素占比与时间的变化关系
- C. 若选择对反应①催化效果更好的催化剂，则 M 点将移向 P 点
- D. 若 40 min 时达到平衡，则平衡时生成 H_2O 的物质的量为 1.92 mol

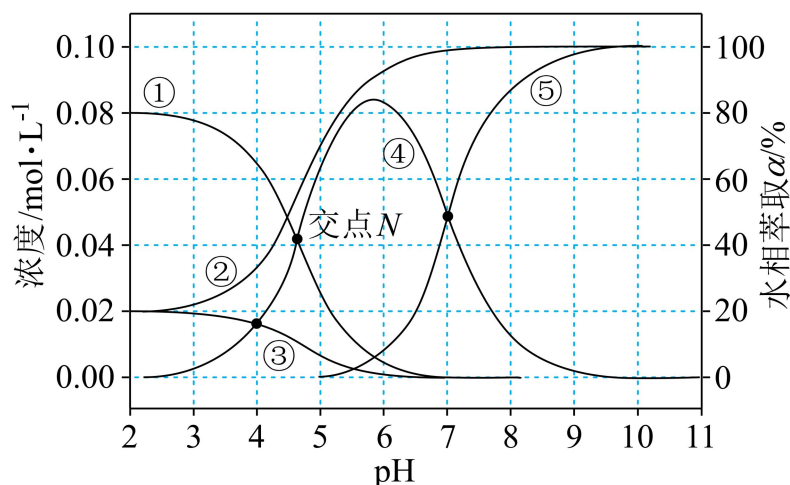
【答案】BD

【解析】

【分析】随反应进行， H_2S 的物质的量减少，a 表示 H_2S 的含硫元素占比与时间的变化关系的曲线；反应 I 快速平衡，则 S_2 快速达到最大值，则 b 表示 S_2 的含硫元素占比与时间的变化关系的曲线；c 表示 SO_2 的含硫元素占比与时间的变化关系的曲线；

- 【详解】A. 反应①快速平衡说明反应①速率快，活化能更低，A 错误；
- B. 由分析可知，c 表示 SO_2 的含硫元素占比与时间的变化关系的曲线，B 正确；
- C. 若选择对反应 I 催化效果更好的催化剂，平衡不移动，反应速率加快，由于达到平衡的时间缩短，反应 III 消耗 S_2 的量减少，则 M 点将移向 N 点，C 错误；
- D. 若 40 min 时达到平衡，生成 H_2O 的物质的量与 46 min 相同， H_2S 的含硫元素占比为 4%， H_2S 的物质的量为 0.08 mol，则反应消耗 H_2S 的物质的量为 1.92 mol，根据氢元素守恒可知生成水 1.92 mol，D 正确；
- 故选 BD。

15. 弱酸 H_2A 在有机相和水相中存在平衡： $H_2A(\text{环己烷}) \rightleftharpoons H_2A(aq)$ ，平衡常数为 K_d 。25℃ 时，向 V mL 0.1 mol/L H_2A 环己烷溶液中加入 V mL 水进行萃取，用 $NaOH(s)$ 或 $HCl(g)$ 调节水溶液 pH。测得水溶液中 H_2A 、 HA^- 、 A^{2-} 浓度、环己烷中 H_2A 的浓度 $[c_{\text{环己烷}}(H_2A)]$ 与水相萃取率 α $\left[\alpha = 1 - \frac{c_{\text{环己烷}}(H_2A)}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \right]$ 随 pH 的变化关系如图。



已知：① H_2A 在环己烷中不电离；②忽略体积变化。

下列说法不正确的是

- A. 曲线①表示水溶液中的 H_2A 浓度变化
- B. $\text{pH} = 5$ 时， $\alpha < 75\%$
- C. H_2A 的 $K_{a1} = 10^{-4}$
- D. 若加水体积为 $2V\text{mL}$ ，则交点 N 的 pH 保持不变

【答案】A

【解析】

【分析】环己烷中 H_2A 的浓度 $[c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A})]$ 与水相萃取率 α $\left[\alpha = 1 - \frac{c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A})}{0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}} \right]$ 可知

$0.1\alpha + c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A}) = 0.1$ ，可知曲线①应为 $c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A})$ ，②为水相萃取率，水溶液中的 HA^- 会随着 pH 的增大先增大后减小，曲线④为水溶液中的 HA^- ，而 A^{2-} 来源于 HA^- 的电离，由图可知， $\text{pH}=2$ 时， HA^- 浓度为 0，即此时 A^{2-} 为 0，因此曲线⑤为水溶液中的 A^{2-} ，即③为水溶液中 H_2A 的浓度，综上：①为 $c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A})$ 、②为水相萃取率、③为水溶液中 H_2A 的浓度、④为水溶液中的 HA^- 、⑤为水溶液中的 A^{2-} ，③、④交点的 pH 为 4，即 H_2A 的

$$K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = 10^{-4}, \quad \text{④、⑤交点的 pH 为 7, 即 } K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = 10^{-7}.$$

【详解】A. 由分析可知，①为环己烷中 H_2A 的浓度，A 错误；

B. 由分析可知， $K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = 10^{-4}$ ， $\text{pH} = 5$ 时， $c(\text{HA}^-) = 10c(\text{H}_2\text{A})$ ，同理，

$$K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = 10^{-7}, \quad c(\text{A}^{2-}) = 10^{-2}c(\text{HA}^-) = 10^{-1}c(\text{H}_2\text{A}), \quad \text{根据物料守恒:}$$

$(10 + 0.1 + 1)c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}) = 0.1\text{mol/L}$ ，当 $\text{pH}=2$ 时，代入数据得

$$K_d = \frac{c(\text{H}_2\text{A})(\text{aq})}{c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷})} = \frac{0.02}{0.08} = 0.25, \text{ 则 } c(\text{H}_2\text{A}) = 0.25c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}), \text{ 即}$$

$$11.1 \times 0.25c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}) + c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}) = 0.1, \quad c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}) = \frac{1}{37.75} \text{ mol/L}, \text{ 根据水相萃取率}$$

$$\left[a = 1 - \frac{c_{\text{环己烷}}(\text{H}_2\text{A})}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \right], \text{ 可得 } a \approx 73.5\%, \text{ B 正确;}$$

$$\text{C. 由分析可知, } \text{H}_2\text{A} \text{ 的 } K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = 10^{-4}, \text{ C 正确;}$$

$$\text{D. } K_d, K_{a1} \text{ 只与温度有关, } K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HA}^-)}{0.25c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷})} = 10^{-4}, \text{ 当 } c(\text{HA}^-) = c(\text{H}_2\text{A})(\text{环己烷}) \text{ 时,}$$

$$c(\text{H}^+) = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}, \text{ pH}=4.6, \text{ 若加水体积为 } 2V \text{ mL}, \text{ 对交点 N 的横坐标无影响, D 正确;}$$

故选 A。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 60 分。

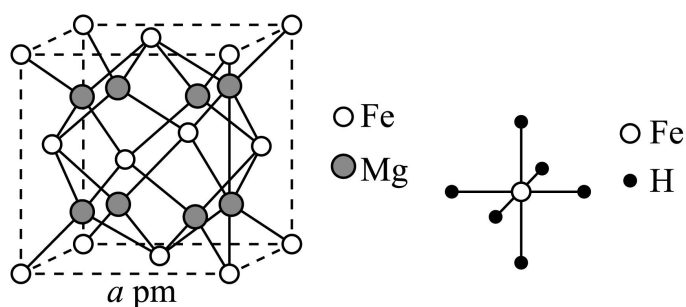
16. 开发新型储氢材料，对大规模使用氢能具有重要的意义。

I. 氨硼烷 (H_3NBH_3) 属于配位氢化物储氢材料，具有储氢量高的特点。

(1) H_3NBH_3 分子中与 B 原子相连的 H 呈负电性，H、N、B 的电负性由大到小的顺序是____，B 原子的杂化方式为_____。

(2) 氨硼烷在金属型催化剂 (如 Cr、Pt 等) 催化下可水解放出氢气，并产生 H_3BO_3 ，该反应的化学方程式为_____。

II. 铁镁合金是目前已发现的储氢密度最高的储氢材料之一，镁铁合金晶胞属立方晶系，结构如图所示，储氢后 H 原子以正八面体的配位模式有序分布在 Fe 的周围 (如图)，H 原子和 Fe 原子之间的最短距离等于晶胞棱长的 1/4。

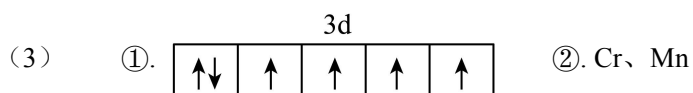
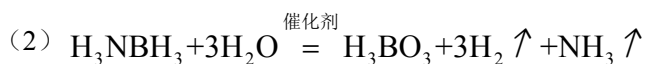


(3) Fe^{2+} 价电子轨道表示式为____，同周期基态原子未成对电子数比 Fe^{2+} 多的元素是____ (填元素符号)。

(4) 储氢后晶体与 Mg 配位的 H 原子个数为____，储氢后晶体的密度 $\rho =$ _____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (用含 N_A 的代数式表示)。

(5) 萃取法制备高纯铁红需使用甲基异丁基甲酮 (), 其沸点低于甲基异丁基甲醇 () 的原因是_____。

【答案】(1) ①. $\text{N} > \text{H} > \text{B}$ ②. sp^3



(4) ①. 12 ②. $\frac{4.4 \times 10^{32}}{N_A \times a^3}$

(5) 甲基异丁基甲醇分子中含有-OH，分子间可以形成氢键，而甲基异丁基甲酮分子间不能形成氢键

【解析】

【小问 1 详解】

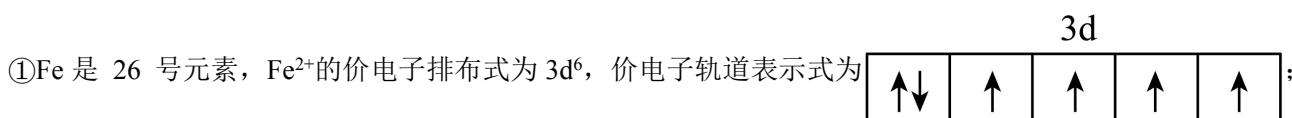
①电负性是元素的原子在化合物中吸引电子的能力，N 的非金属性大于 B， H_3NBH_3 分子中与 B 原子相连的 H 呈负电性，则 H 的电负性大于 B，所以电负性由大到小的顺序是 $\text{N} > \text{H} > \text{B}$ ；

② H_3NBH_3 分子中 B 原子形成 4 个 σ 键(3 个 B-H 键，1 个 $\text{N} \rightarrow \text{B}$ 配位键)，没有孤电子对，根据价层电子对互斥理论，B 原子的杂化方式为 sp^3 ；

【小问 2 详解】

根据原子守恒，氨硼烷在金属型催化剂作用下水解的化学方程式为 $\text{H}_3\text{NBH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow$ ；

【小问 3 详解】

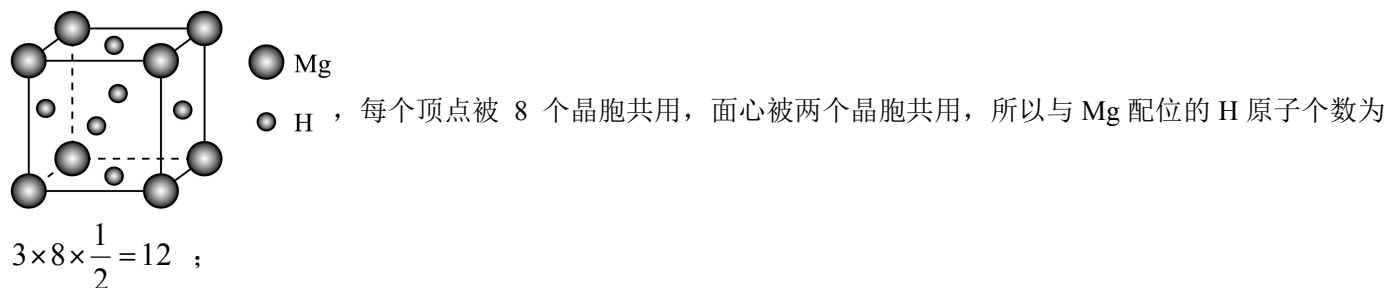


② Fe^{2+} 的未成对电子数是 4，同周期基态原子未成对电子数比 Fe^{2+} 多的元素是 Cr、Mn (Cr 的价电子排布式为 $3\text{d}^5 4\text{s}^1$ ，未成对电子数是 6、Mn 的价电子排布式为 $3\text{d}^5 4\text{s}^2$ ，未成对电子数是 5)；

【小问 4 详解】

① 如图所示，晶胞中有 8 个 Mg 原子，Fe 原子位于顶点、面心，晶胞中 Fe 原子数目 $= 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} = 4$ ，储氢后 H 原子以正八面体的配位模式有序分布在 Fe 原子的周围，则 H 原子数目为 $4 \times 6 = 24$ 个，储氢后晶体的化学式为

Mg_2FeH_6 ，根据正八面体结构  可知，若以 Mg 原子为顶点，与之配位的 H 原子位于面心，如图所示：



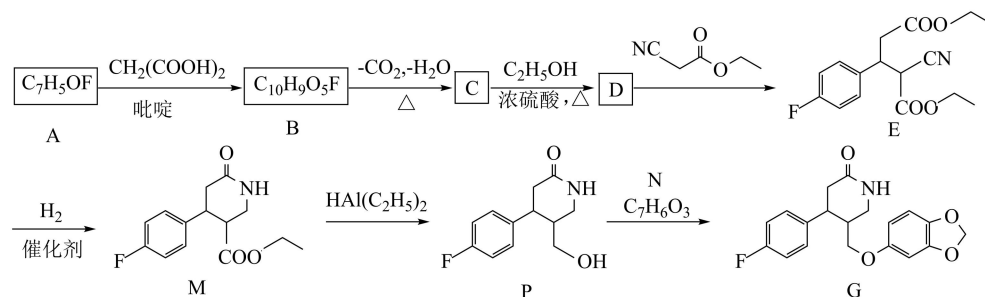
②晶胞化学式为： Mg_2FeH_6 ，晶胞的质量 $m = \frac{(4 \times 56 + 8 \times 24 + 24 \times 1)}{N_A}$ g，晶胞体积 $V = (a \times 10^{-3})^3 \text{cm}^3$ ，则密度

$$\rho = \frac{4 \times 56 + 8 \times 24 + 24 \times 1}{N_A \times (a \times 10^{-10})^3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{4.4 \times 10^{32}}{N_A \times a^3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3};$$

【小问 5 详解】

甲基异丁基甲醇分子中含有 $-\text{OH}$ ，分子间可以形成氢键，而甲基异丁基甲酮分子间不能形成氢键，分子间氢键会使物质的沸点升高，所以甲基异丁基甲酮的沸点低于甲基异丁基甲醇。

17. 化合物 G 是一种重要的药物中间体，其合成路线如图所示。



回答下列问题：

(1) A 的化学名称为_____，B 的含氧官能团名称是_____。

(2) $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的化学方程式为_____。

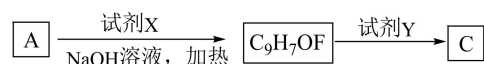
(3) $\text{P} \rightarrow \text{G}$ 的反应类型为_____，P 中手性碳原子有_____个。

(4) N 的同分异构体有多种，写出符合下列条件的结构简式_____。

①不能水解，能发生银镜反应

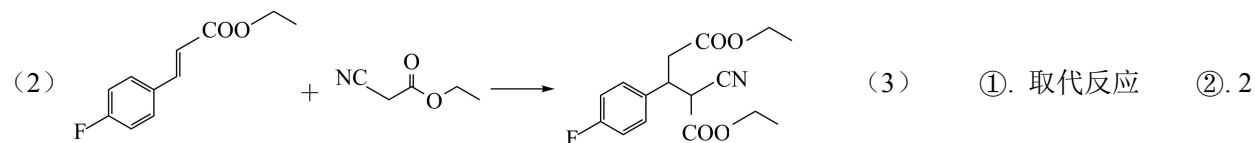
②核磁共振氢谱显示有 4 组峰，峰面积比为 1:2:2:1

(5) $\text{A} \rightarrow \text{C}$ 另一合成路线设计如下：



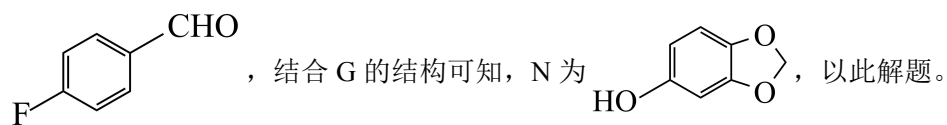
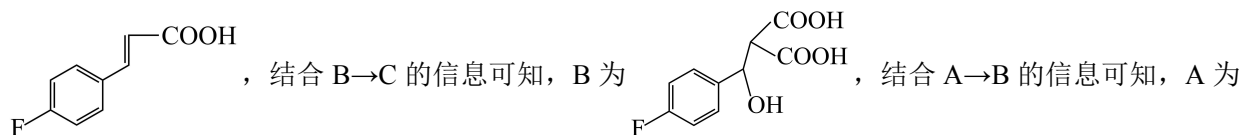
试剂 X 为_____（填结构简式），试剂 Y 不能选用 KMnO_4 的原因是_____。

【答案】(1) ①. 对氟苯甲醛(或 4-氟苯甲醛) ②. 羟基、羧基

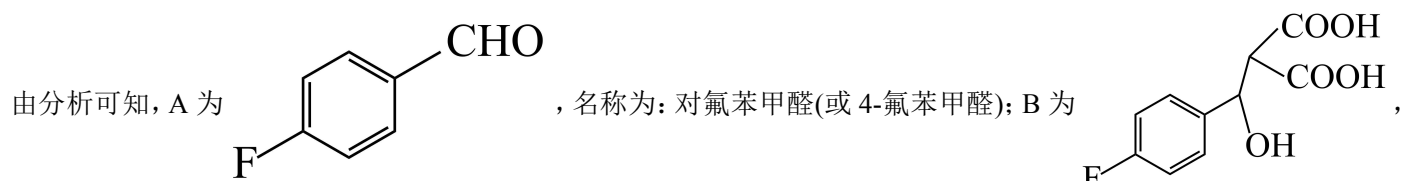


【解析】

【分析】结合 E 的结构简式和 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的条件可知，D 为 ，结合 $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 的信息可知，C 为



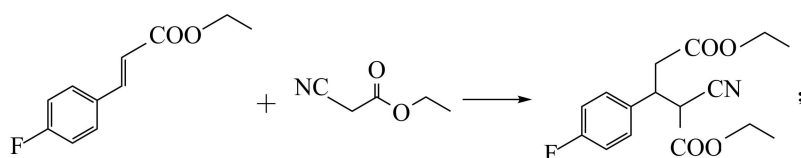
【小问 1 详解】



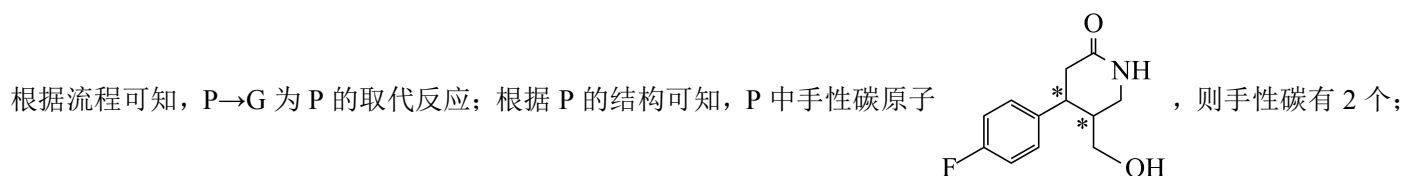
B 的含氧官能团名称是羟基、羧基;

【小问 2 详解】

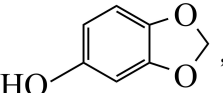
D→E 为 D 中碳碳双键和 $\text{NC}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ 的加成反应, 方程式为:

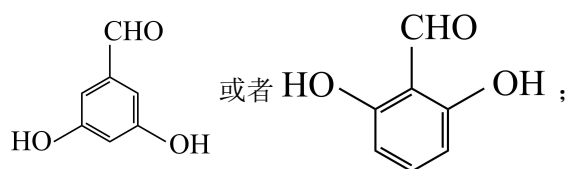


【小问 3 详解】

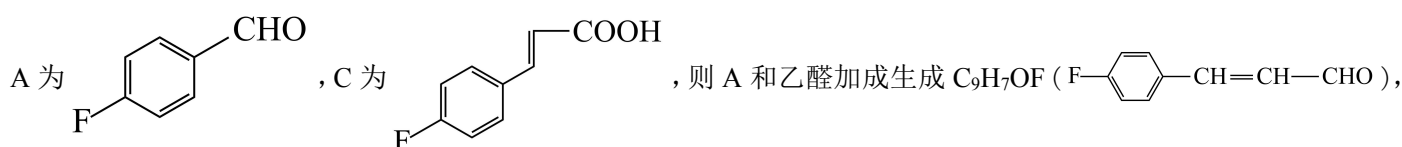


【小问 4 详解】

由分析可知, N 为
 
 , 其同分异构体①不能水解, 能发生银镜反应, 说明其中含有醛基, 不含有酯基, ②核磁共振氢谱显示有 4 组峰, 峰面积比为 1:2:2:1, 则应该找对称结构, 符合要求的同分异构体为:

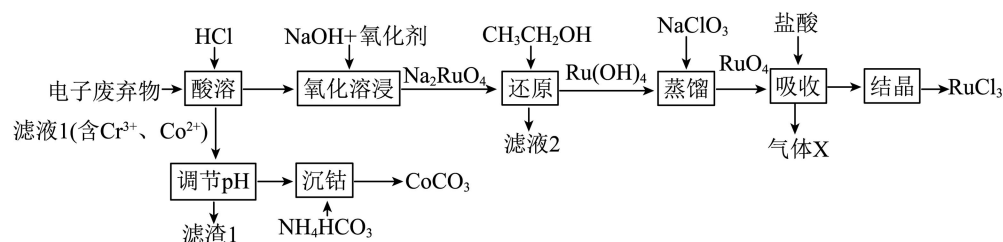


【小问 5 详解】



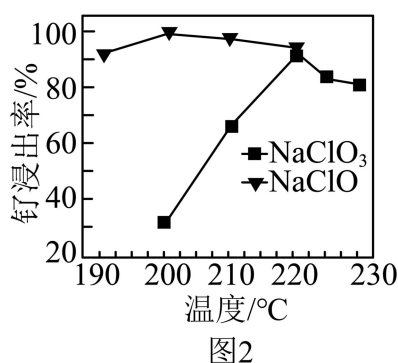
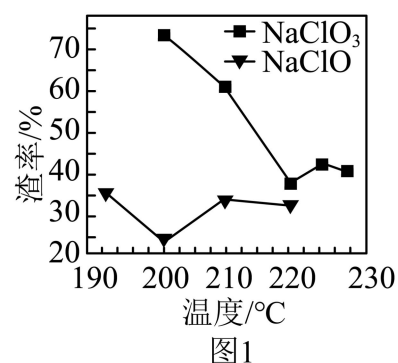
故 X 为 CH_3CHO ，C 中含有碳碳双键，可以被酸性高锰酸钾氧化，则试剂 Y 不能选用 KMnO_4 ，原因是 KMnO_4 能氧化碳碳双键。

18. 铂族金属钌 (Ru) 广泛用于航天航空、石油化学、信息传感工业、制药等高科技领域。以下工艺实现了电子废弃物中铂族金属钌 (Ru) 的回收利用，电子废弃物主要成分为 Ru、Co、Cr、Si 等物质。



已知：① $\lg 4 = 0.6$ ② $K_{sp}[\text{Cr}(\text{OH})_3] = 6.4 \times 10^{-31}$ ， $K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 1.8 \times 10^{-15}$ 。

(1) “氧化溶浸”步骤，两种氧化剂在不同温度下对渣率和钌浸出率的影响分别如图 1、图 2 所示，则最佳反应温度为_____，适宜选择的氧化剂为_____，反应的离子方程式为_____。



(2) “还原”步骤， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 的氧化产物为 CH_3COO^- ，则氧化剂和还原剂的物质的量之比为_____，滤液 2 中的主要成分有 NaCl 、 CH_3COONa 、_____。

(3) 蒸馏时，所用到的玻璃仪器有酒精灯、冷凝管、锥形瓶、温度计_____。

(4) 滤液 1 中含 Cr^{3+} 和 Co^{2+} 的浓度分别为 520mg/L 、 10.62mg/L ，“调节 pH”步骤 pH 的范围为_____。[已知：当 $c(\text{M}^{n+}) \leq 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时，可认为 M^{n+} 已经沉淀完全]

【答案】(1) ①. 200°C ②. NaClO ③. $\text{Ru} + 2\text{OH}^- + 3\text{ClO}^- = \text{RuO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

(2) ①. 2:1 ②. Na_2SiO_3

(3) 蒸馏烧瓶和牛角管

(4) $5.6 \leq \text{pH} < 8.5$

【解析】

【分析】电子废弃物主要成分为 Ru、Co、Cr、Si 等物质，酸溶后过滤得到含有 Cr^{3+} 和 Co^{2+} 的滤液 1，滤渣含有 Ru 和 Si，滤液 1 调节 pH 沉淀 Cr^{3+} 得到滤渣 1 为 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀，过滤后向滤液中加入 NH_4HCO_3 沉钴得到 CoCO_3 ，滤渣用 NaOH 和氧化剂反应，得到 Na_2SiO_3 和 Na_2RuO_4 ， Na_2RuO_4 用乙醇还原得到 $\text{Ru}(\text{OH})_4$ 沉淀和滤液 2，滤液 2 中有

NaCl、CH₃COONa 和 Na₂SiO₃，Ru(OH)₄ 再用 NaClO₃ 氧化，经过蒸馏得到 RuO₄，RuO₄ 具有氧化性，与盐酸反应得到 RuCl₃ 溶液和 Cl₂，气体 X 为 Cl₂，RuCl₃ 溶液结晶得到 RuCl₃ 晶体，以此解答。

【小问 1 详解】

“氧化溶浸”步骤，钌被氧化为 Na₂RuO₄，要求钌的浸出率高，渣率低，选择最佳温度为 200℃ 和 NaClO 做氧化剂；

ClO⁻ 被还原为 Cl⁻，Ru 被氧化为 RuO₄²⁻ 离子，反应的离子方程式为：Ru+2OH⁻+3ClO⁻=RuO₄²⁻+3Cl⁻+H₂O；

【小问 2 详解】

“氧化溶浸”的溶液中有 NaCl、Na₂RuO₄ 和 Na₂SiO₃，用乙醇还原 Na₂RuO₄，氧化剂为 Na₂RuO₄，还原剂为乙醇，得到 Ru(OH)₄ 沉淀和 CH₃COO⁻，根据得失电子守恒，氧化剂与还原剂的物质的量之比为：2:1；滤液 2 中有 NaCl、CH₃COONa 和 Na₂SiO₃；

【小问 3 详解】

蒸馏需要的仪器有酒精灯、冷凝管、锥形瓶、温度计、蒸馏烧瓶和牛角管等；

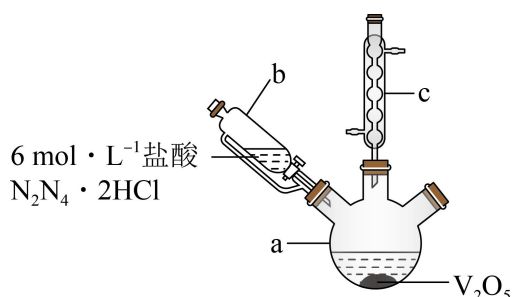
【小问 4 详解】

滤液 1 中含 Cr³⁺ 和 Co²⁺ 的浓度分别为 520mg/L、10.62mg/L，“调节 pH”让 Cr³⁺ 沉淀，Co²⁺ 不沉淀，Cr³⁺ 浓度为 10⁻⁵mol/L 时沉淀完全，K_{sp}[Cr(OH)₃]=c(Cr³⁺)×c³(OH⁻)=1×10⁻⁵×c³(OH⁻)=6.4×10⁻³¹，得出 c(OH⁻)=4×10⁻⁹mol/L，

c(H⁺)=2.5×10⁻⁶mol/L，pH=5.6，Co²⁺ 浓度为 10.62mg/L= $\frac{10.62 \times 10^{-3} \text{ g}}{59 \text{ g/mol}}$ =1.8×10⁻⁴mol/L，Co²⁺ 开始沉淀时，

K_{sp}[Co(OH)₂]=c(Co²⁺)×c²(OH⁻)=1.8×10⁻⁴×c²(OH⁻)=1.8×10⁻¹⁵，得出 c(OH⁻)=1×10^{-5.5}mol/L，c(H⁺)=1×10^{-8.5}mol/L，pH=8.5，故 pH 范围为：5.6≤pH<8.5；

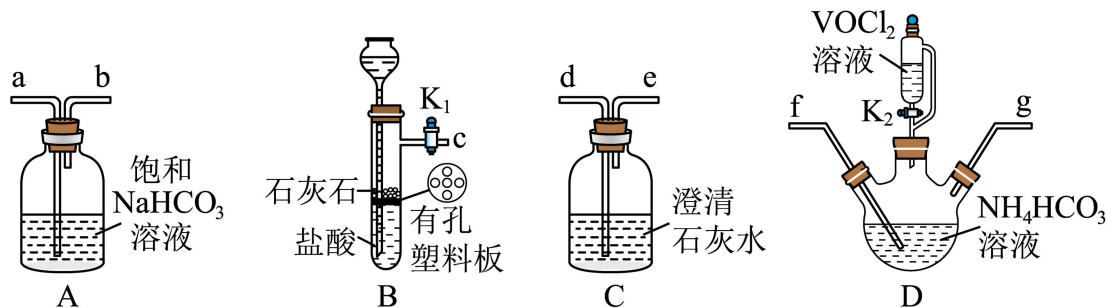
19. 氧钒（IV）碱式碳酸铵是制备热敏材料 VO₂ 的原料，其化学式为 (NH₄)₅[(VO)₆(CO₃)₄(OH)₉]·10H₂O，制备的实验流程如下：



已知：VO²⁺ 在酸性条件下易被氧化。

(1) 步骤 1 的反应装置如图所示（夹持及加热装置略去，下同）。仪器 b 的名称为____，N₂H₄·2HCl 的作用是____。

(2) 步骤 2 可在如下装置中进行：



①接口的连接顺序为 $c \rightarrow$ _____。

②连接好装置，_____，加入试剂，关闭 K_2 、打开 K_1 ，一段时间后，关闭 K_1 、打开 K_2 ，充分反应。

③实验结束，利用饱和 NH_4HCO_3 溶液洗涤 D 中所得晶体，检验晶体已洗涤干净的操作是_____。

(3) 测定产品纯度

称取 $a\text{g}$ 样品用稀硫酸溶解后，加入 $V_1\text{mL } c_1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 酸性 KMnO_4 溶液将 VO^{2+} 转化成 VO_2^+ ，向反应后溶液中滴加 $c_2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaNO}_2$ 标准溶液，至剩余酸性 KMnO_4 溶液恰好完全反应

$\left[\text{NO}_2^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}\right]$ (未配平)，重复实验 3 次，平均消耗 NaNO_2 标准溶液 $V_2\text{ mL}$ 。

①粗产品中氧钒(IV)碱式碳酸铵(摩尔质量为 $M\text{g/mol}$) 的质量分数表达式为_____%(用含 M 、 a 、 c_1 、 V_1 、 c_2 、 V_2 的代数式表示)。

②若步骤 2 直接关闭 K_1 、打开 K_2 进行实验，则产品纯度_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

【答案】 (1) ①. 恒压滴液漏斗 ②. 还原 V_2O_5

(2) ①. $a \rightarrow b \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow (e)$ ②. 查装置气密性 ③. 取少量最后一次洗涤液于试管中，滴加稀硝酸使溶液呈酸性，再滴加 AgNO_3 溶液，若不产生白色沉淀，则证明晶体已洗涤干净

(3) ①. $\frac{(5c_1V_1 - 2c_2V_2)M}{60a}$ ②. 偏低

【解析】

【分析】 制取氧钒(IV)碱式碳酸铵 $(\text{NH}_4)_5[(\text{VO})_6(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_9]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 时，先利用 B 装置制取 CO_2 ，利用 A 装置除去 CO_2 中混有的 HCl ，将 CO_2 通入 D 装置，并与 VOCl_2 、 NH_4HCO_3 发生反应，制取 $(\text{NH}_4)_5[(\text{VO})_6(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_9]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ；利用 C 装置检验 CO_2 。

【小问 1 详解】

仪器 b 的名称为：恒压滴液漏斗； V_2O_5 作氧化剂，则 $\text{N}_2\text{H}_4\cdot 2\text{HCl}$ 表现出还原性，则 $\text{N}_2\text{H}_4\cdot 2\text{HCl}$ 作用是还原 V_2O_5 ；

【小问 2 详解】

①由分析可知，装置连接顺序是 $B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow C$ ，则接口的连接顺序为 $c \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow (e)$ ；

②连接好装置，装药品前需要检查装置气密性；

③实验结束，利用饱和 NH_4HCO_3 溶液洗涤 C 中所得晶体，晶体不含有氯离子则已洗涤干净，操作是：取少量最后一次洗涤液于试管中，滴加稀硝酸使溶液呈酸性，再滴加 AgNO_3 溶液，若不产生白色沉淀，则证明晶体已洗涤干净；

【小问 3 详解】

①由 $2\text{KMnO}_4 \sim 5\text{NO}_2^-$ ，可求出过量的 KMnO_4 的物质的量为 $\frac{2}{5} \times c_2 V_2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ；则与 VO^{2+} 反应的 KMnO_4 的物质的量为 $c_1 V_1 \times 10^{-3} \text{ mol} - \frac{2}{5} \times c_2 V_2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ；由关系式 $\text{KMnO}_4 \sim 5\text{VO}^{2+}$ ，可求出 VO^{2+} 的物质的量为

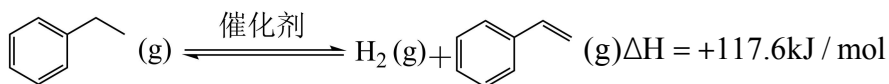
$5(c_1 V_1 \times 10^{-3} - \frac{2}{5} \times c_2 V_2 \times 10^{-3}) \text{ mol} = (5c_1 V_1 - 2c_2 V_2) \times 10^{-3} \text{ mol}$ ，所以样品中氧钒(IV)碱式碳酸铵(摩尔质量为 $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)的

质量分数为 $\frac{(5c_1 V_1 - 2c_2 V_2) \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{1}{6} \times M \text{ g/mol}}{ag} \times 100\% = \frac{(5c_1 V_1 - 2c_2 V_2) M}{60a} \%$ ；

②若步骤 2 直接关闭 K_1 、打开 K_2 进行实验，没有将空气排干净，则 VO^{2+} 会提前被氧化，导致酸性高锰酸钾氧化 VO^{2+} 的量偏少，需要消耗更多的 NaNO_2 标准液，即 V_2 偏大，根据公式可知，样品纯度偏低。

20. 苯乙烯是合成树脂、离子交换树脂及合成橡胶等的重要单体，常用乙苯为原料制备。

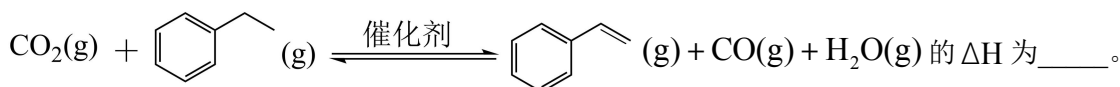
(1) 乙苯制备苯乙烯的原理如下：



①为提高乙苯的平衡转化率，应选择反应条件为_____（填序号）。

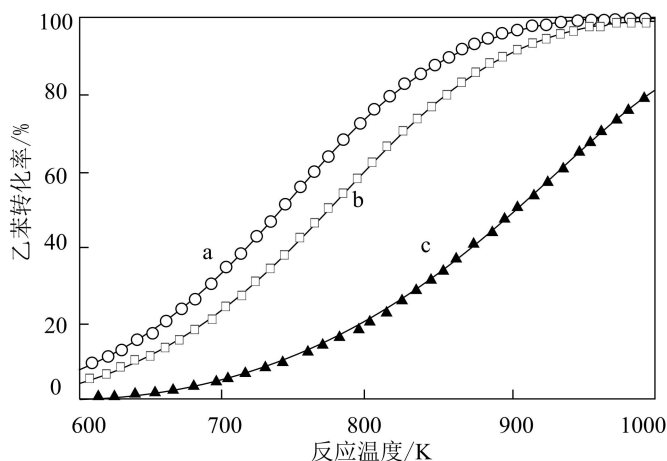
A. 低温、低压 B. 高温、高压 C. 高温、低压 D. 低温、高压

② 已知 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +41.2 \text{ kJ/mol}$ 。 则



(2) 在 0.1 MPa 下，有三种原料气配比：①只有乙苯；② $n(\text{乙苯}) : n(\text{CO}_2) = 1 : 9$ ；③ $n(\text{乙苯}) : n(\text{N}_2) = 1 : 9$ 。

测得乙苯的平衡转化率与温度的变化关系如图所示。



图中，表示原料气配比为只有乙苯的曲线是_____（填“a”或“b”或“c”），相同温度下，乙苯转化率曲线 a 大于曲线 c 的原因是_____。

（3）在 100.8 kPa 时，乙苯和 N_2 按照 $n(\text{乙苯}):n(N_2)=1:9$ 充入钨膜反应器（仅 H_2 能透过而移出），平衡时氢气的移出率为 90%，乙苯的平衡转化率为 80%，平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kPa}$ ，保持反应条件不变，继续通入一定量 N_2 ，乙苯的平衡转化率_____（填“增大”“减小”或“不变”）。

（4）乙苯制备苯乙烯时，会产生少量积碳，相同条件下使用水蒸气代替 N_2 ，可较长时间内保持催化剂的催化活性，其原因是_____。（用化学方程式来表示）

【答案】（1） ① C ②. +158.8 kJ/mol

（2） ①. c ②. 降低乙苯分压并消耗氢气，促进平衡向生成苯乙烯的方向移动

（3） ①. 3.2 ②. 增大

（4） $C + H_2O \xrightarrow{\text{高温}} CO + H_2$

【解析】

【小问 1 详解】

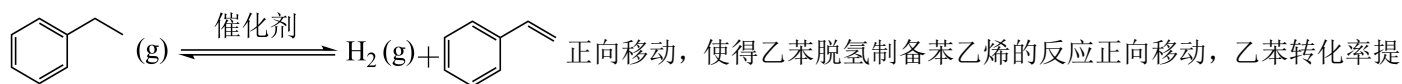
①该反应为气体分子数增大的吸热反应，则为提高乙苯的平衡转化率，应选择高温、低压条件才能使平衡正向移动，故选 C；

②将已知反应依次编号为①②，由盖斯定律可知，反应①+②可得二氧化碳和乙苯反应制备苯乙烯的反应，则反应 $\Delta H = (+117.6 \text{ kJ/mol}) + (+41.2 \text{ kJ/mol}) = +158.8 \text{ kJ/mol}$ ；

【小问 2 详解】

乙苯制备苯乙烯均是气体分子数增大的反应，恒压条件下，增加其他气体的用量，相当于减压，平衡正向移动，相应的乙苯转化率也就越高，故原料气配比为只有乙苯时，其转化率最低，曲线是 c；

相同温度下，乙苯的平衡转化率曲线 a 大于曲线 c，且 a 大于 b，则 a 表示 $n(\text{乙苯}):n(CO_2)=1:9$ ；原因是充入二氧化碳气体降低乙苯的分压并消耗乙苯制备苯乙烯反应生成的氢气，使得平衡



高；

【小问 3 详解】

设向反应器中充入 1mol 气态乙苯发生反应 $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，乙苯的平衡转化率为 80%，

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$		
	起始(mol)	1	0
平衡时氢气的移出率为 90%，可列三段式：	转化(mol)	$1 \times 80\%$	0.8
	平衡(mol)	0.2	0.8
			$0.8 - 0.8 \times 90\%$

时混合气体总物质的量为 $(0.2 + 0.8 + 0.08 + 9) \text{ mol} = 10.08 \text{ mol}$ ，则 $p(\text{H}_2) = \frac{0.08}{10.08} \times 100.8 \text{ kPa} = 0.8 \text{ kPa}$ 、

$p(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = \frac{0.8}{10.08} \times 100.8 \text{ kPa} = 8 \text{ kPa}$ 、 $p(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5) = \frac{0.2}{10.08} \times 100.8 \text{ kPa} = 2 \text{ kPa}$ ，平衡常数

$K_p = \frac{0.8 \times 8}{2} \text{ kPa} = 3.2 \text{ kPa}$ ；保持反应条件不变，继续通入一定量 N_2 ，乙苯的分压减小，平衡正向移动，乙苯的

平衡转化率增大；

【小问 4 详解】

乙苯制备苯乙烯时，会产生少量积碳，相同条件下使用水蒸气代替 N_2 ，可较长时间内保持催化剂的催化活性，说

明产生的积碳能和水蒸气反应，化学方程式为 $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO} + \text{H}_2$ 。