

2027 届高三毕业班教学质量检测

化学试题

本试卷共 6 页，满分 100 分，考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量：H 1 O 16 K 39 Fe 56

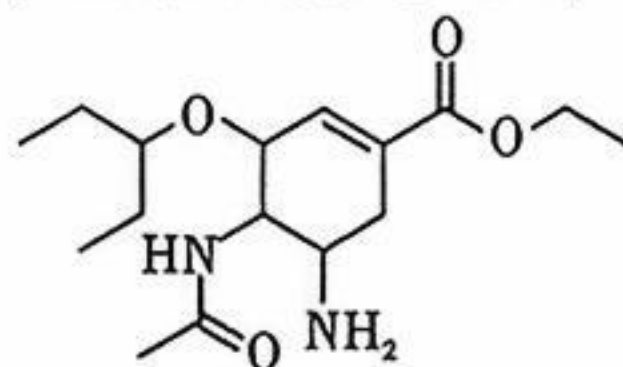
一、选择题：本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 福州大学鲍晓军团队研发出无氯丙烷脱氢铂基催化剂，用于丙烷制备丙烯。下列说法错误的是

A. 铂属于过渡元素
B. 丙烯属于不饱和烃
C. 由丙烯制塑料发生加聚反应
D. 催化剂能提高丙烯的平衡产率

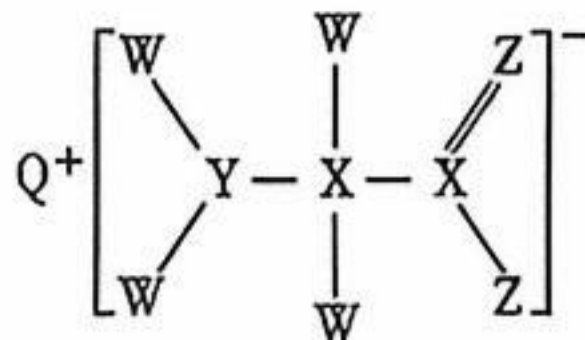
2. 奥司他韦具有抗病毒的生物学活性，是治疗流感的药物之一，结构如图所示。下列关于奥司他韦的说法正确的是

A. 所有原子处于同一平面
B. 含有 4 个手性碳原子
C. 既有酸性又有碱性
D. 能发生水解反应



3. 某食品添加剂的结构如图所示，W、X、Y、Z、Q 为原子序数依次增大的短周期主族元素。W 是原子半径最小的元素，X、Y、Z 为同周期相邻元素。下列说法正确的是

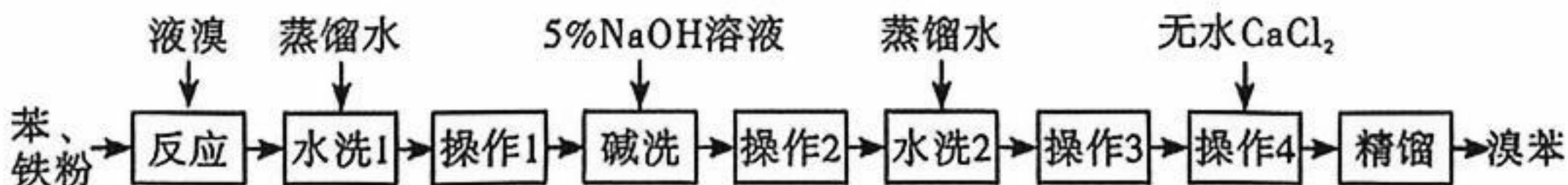
A. 简单离子的半径：Z > Q
B. 第一电离能：Z > Y
C. 键角：YW₃ > YW₄⁺
D. 最高价氧化物对应水化物的酸性：Y < X



4. 火法冶炼粗铜涉及反应 $2\text{Cu}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ 。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

A. 16 g O₂ 含有的质子数目为 $4 N_A$
B. 1 mol SO₂ 含有的 σ 键数目为 $2 N_A$
C. 1 mol Cu₂S 完全反应，转移的电子数目为 $8 N_A$
D. 1 L 0.10 mol · L⁻¹ CuSO₄ 溶液中含有的 Cu²⁺ 数目为 $0.10 N_A$

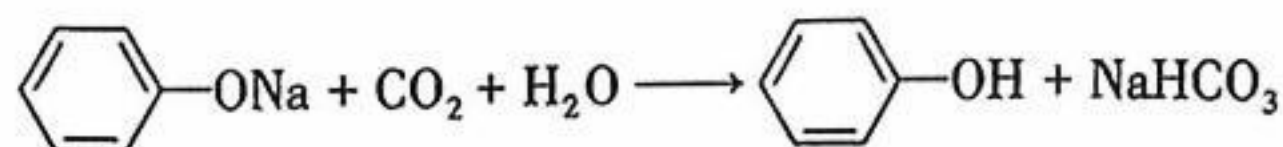
5. 溴苯是常用的有机合成原料，工业上制备溴苯的流程如图所示。下列说法正确的是



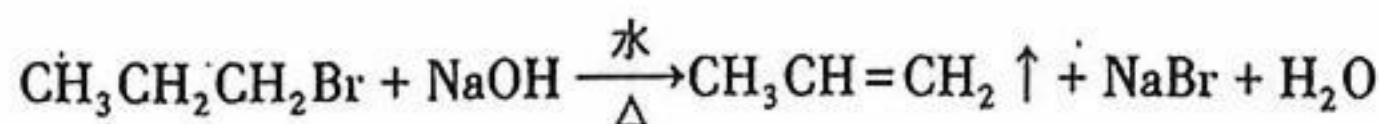
A. “水洗 1”的主要目的是除去剩余的苯
B. “操作 1”为萃取
C. “碱洗”的主要目的是将 Br₂ 转化为易溶于水的盐
D. 加入无水 CaCl₂ 的目的是防止精馏时暴沸

6. 下列化学方程式错误的是

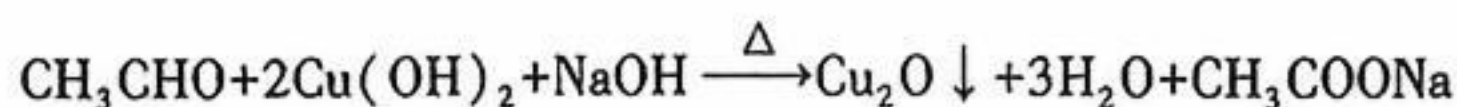
A. 向苯酚钠溶液中通入少量 CO_2 :



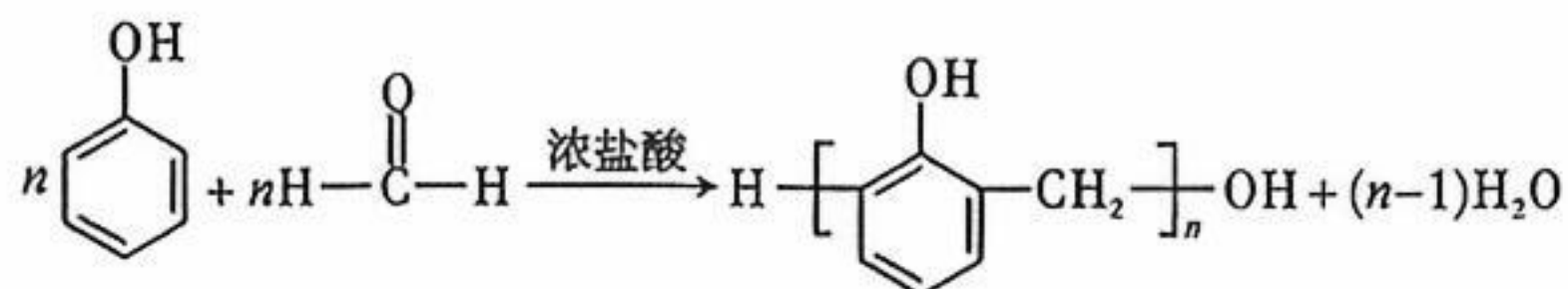
E. 1-溴丙烷与 NaOH 水溶液共热:



C. 乙醛与新制氢氧化铜悬浊液混合后加热至沸腾:



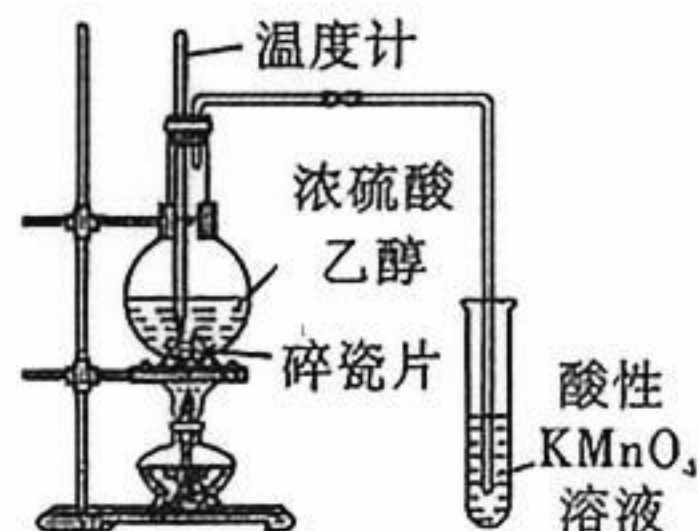
D. 线型酚醛树脂的制备:



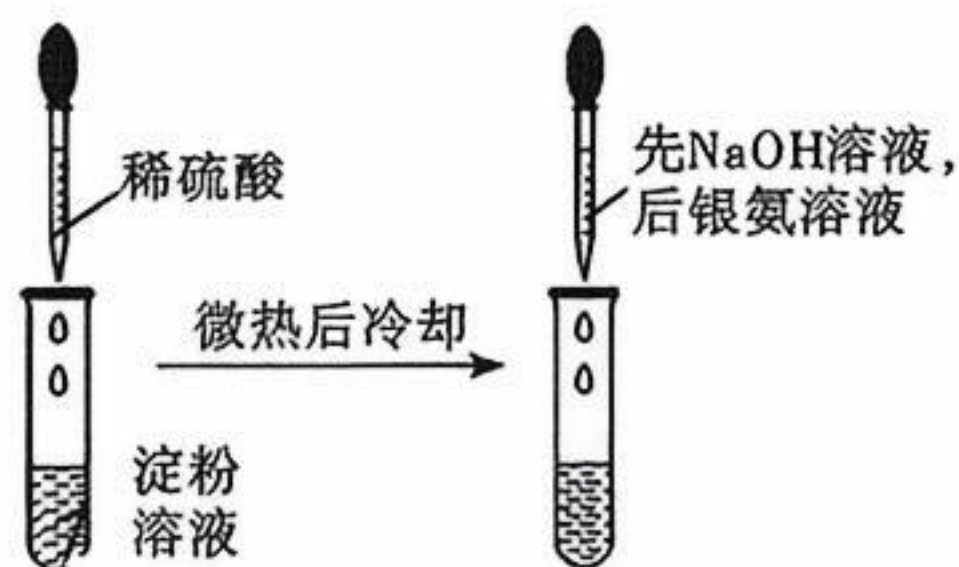
7. 下列实验设计合理的是



A. 制备并收集乙酸乙酯



B. 制取并检验乙烯



C. 检验淀粉是否完全水解



D. 制备硝基苯

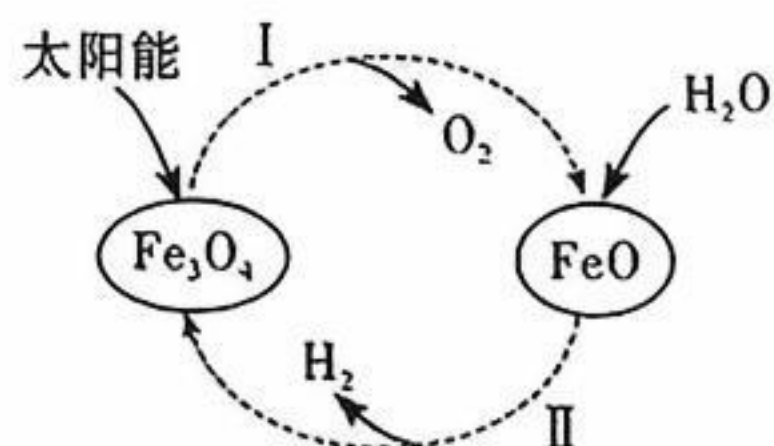
8. 一种利用太阳能和铁氧化物循环分解水制 H_2 的过程如图所示。下列说法错误的是

A. 铁元素位于元素周期表 d 区

B. 反应 I 中 Fe_3O_4 既是氧化剂又是还原剂

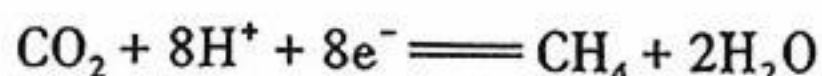
C. 反应 II 中生成 0.1 g H_2 时需消耗 7.2 g FeO

D. 该方法制 H_2 具有成本低、产物易分离等优点

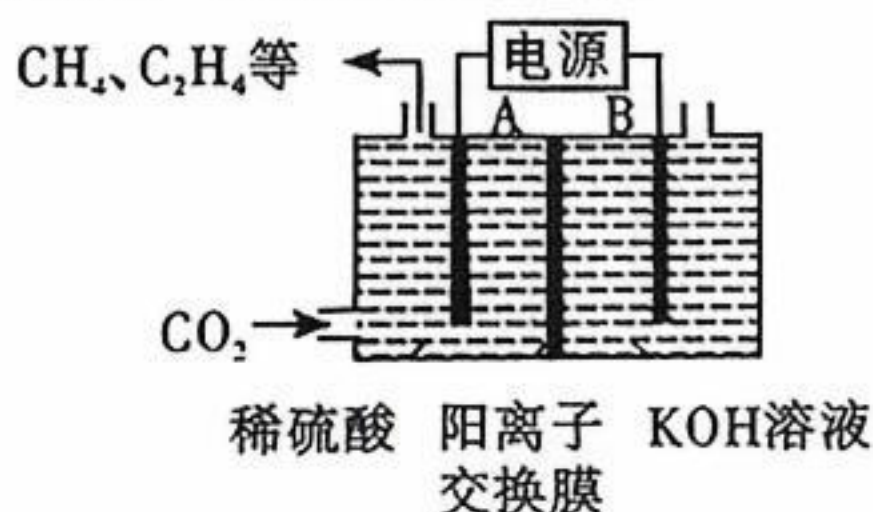


9. 采用电化学原理将 CO_2 转化为多种燃料的装置如图所示。下列说法正确的是

- A. 电极 A 与外接电源的正极相连
 B. 电子流向: $\text{B} \rightarrow \text{KOH 溶液} \rightarrow \text{稀硫酸} \rightarrow \text{A}$
 C. 生成 CH_4 的电极反应式:

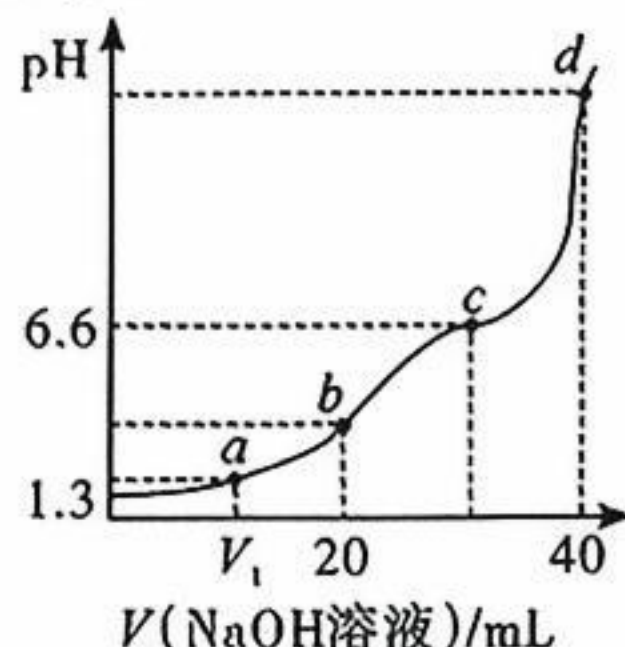


- D. 若 KOH 减少 5.6 g, 理论上电路中通过 0.2 mol 电子



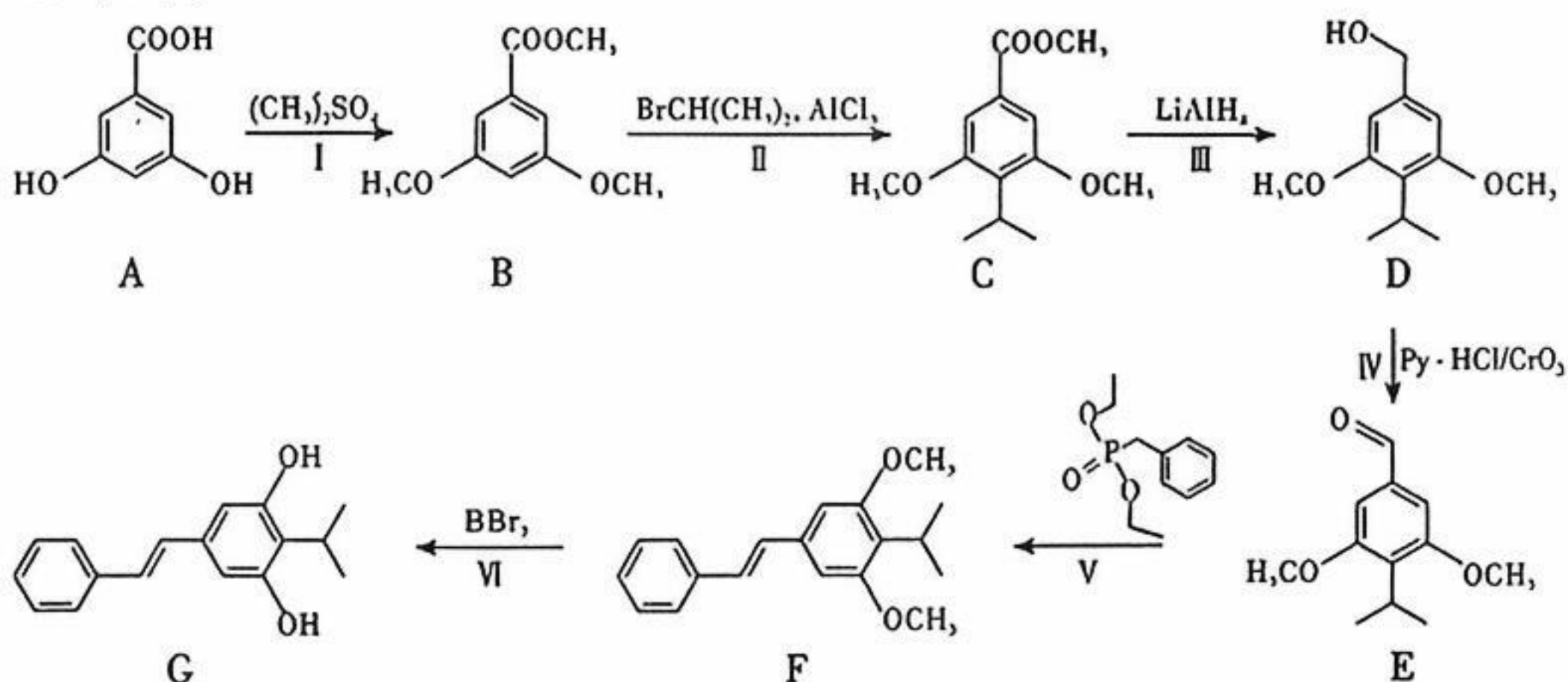
10. 25 $^{\circ}\text{C}$ 时, 某二元弱酸 (H_2A) 的 $K_{a1} = 10^{-1.3}$, $K_{a2} = 10^{-6.6}$ 。常温下, 用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液滴定 20 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{A}$ 溶液的滴定曲线如图所示。下列说法错误的是

- A. a 点: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) + c(\text{HA}^-)$
 B. 水的电离程度: $b > d$
 C. c 点: 溶液中 $c(\text{Na}^+) < 3c(\text{A}^{2-})$
 D. d 点: 溶液中有 $c(\text{Na}^+) > c(\text{A}^{2-}) > c(\text{HA}^-)$



二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 60 分。

11. (12 分) 药品 G 可用于治疗斑块状银屑病。G 的合成路线之一如下。



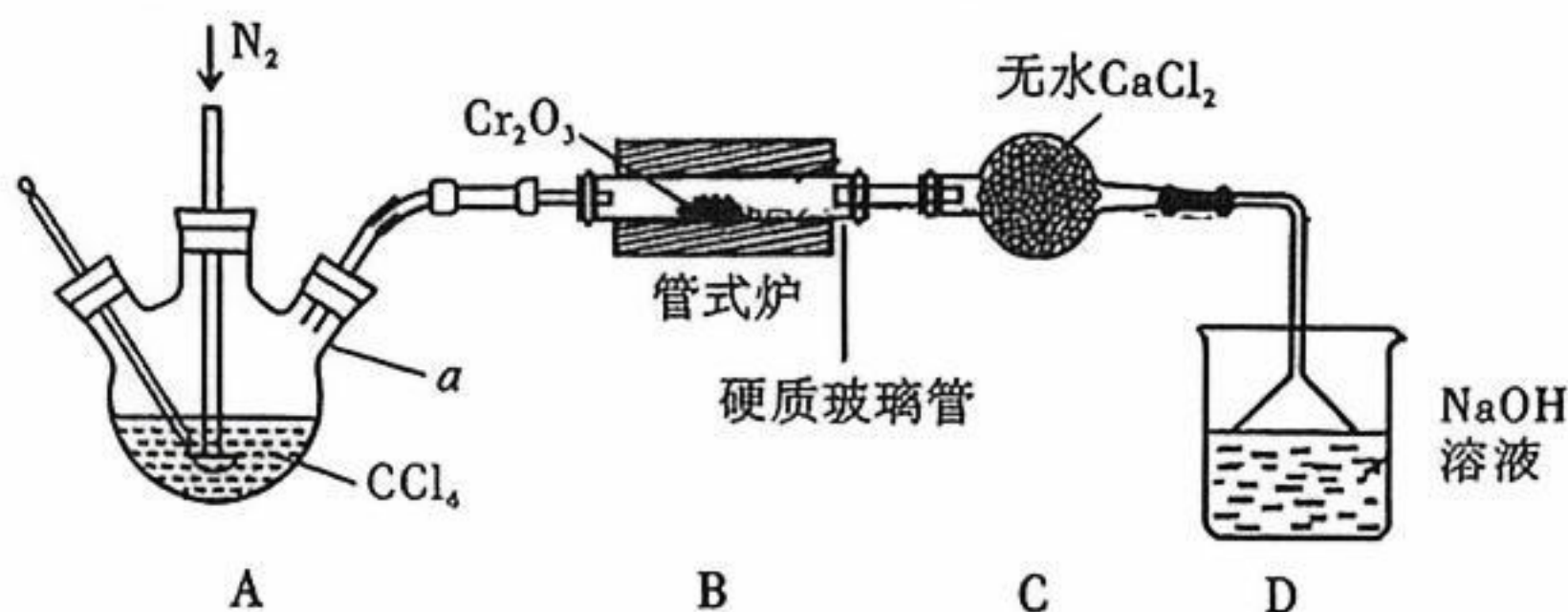
- I 的反应类型为_____。
- B 中官能团有_____ (写名称)。
- II 的化学方程式为_____。
- 常温下, 水溶性比较: C _____ D (填 “>” 或 “<”)。
- 由 D 转化为 E, 不可选用酸性 KMnO_4 溶液的原因是_____。
- BBr_3 的空间结构为_____。
- 1 mol G 与足量饱和溴水反应, 最多消耗 _____ mol Br_2 。
- Y 是 E 的同分异构体, 同时满足下述条件:
 - Y 的核磁共振氢谱有 4 组峰, 峰面积之比为 9 : 3 : 2 : 2。
 - Y 在稀硫酸条件下水解, 其产物之一 (分子式为 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$) 遇 FeCl_3 溶液显紫色。
 则 Y 的结构简式为_____。

12. (16分) 三氯化铬 (CrCl_3) 是制取有机铬化合物的原料。

实验一：用 Cr_2O_3 和 CCl_4 (沸点 76.8°C) 制备 CrCl_3 。实验装置如图 (夹持装置省略)，装置 B 中发生的反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{CCl}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CrCl}_3 + 3\text{COCl}_2$ 。

已知：① CrCl_3 固体易溶于水，高温下易被氧气氧化。

② COCl_2 为有毒气体，遇水生成 HCl 和 CO_2 。



(1) 仪器 a 的名称为_____。

(2) 实验中部分操作如下：

a. 继续通入 N_2 直至装置冷却。

b. 停止对 A 装置加热，关闭管式炉加热开关。

c. 连接氮气储气瓶通入 N_2 。

d. 打开管式炉加热至 600°C 左右，加热装置 A 至 $60-65^\circ\text{C}$ 并控温。

① 正确的操作顺序为：_____ $\rightarrow$ _____ $\rightarrow$ _____ $\rightarrow$ _____ (填标号)。

② 为形成平稳的 CCl_4 气流，对装置 A 加热的最佳方式为_____。

(3) 装置 D 中 NaOH 溶液 (足量) 的作用之一是吸收 COCl_2 ，该反应的离子方程式为_____。

实验二：测定产品中 CrCl_3 的质量分数。

I. 称取 a g CrCl_3 产品，在强碱性条件下，加入足量 30 % H_2O_2 溶液，小火加热使 CrCl_3 完全转化为 CrO_4^{2-} ，继续加热一段时间。

II. 冷却后，滴入适量的稀硫酸和浓磷酸酸化，使 CrO_4^{2-} 转化为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，再加蒸馏水稀释至 100 mL。

III. 取 25.00 mL 稀释后的溶液，用新配制的 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液滴定至终点，重复操作 2~3 次，平均消耗 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液 b mL。该过程涉及反应：

$$6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$$

(4) 步骤 I 中生成 CrO_4^{2-} 的离子方程式为_____。

(5) 产品中 CrCl_3 的质量分数为_____ $\times 100\%$ [$M(\text{CrCl}_3) = d \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，列出计算式]。

(6) 若所用 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液长期露置于空气中，将导致产品中 CrCl_3 质量分数的测定值_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

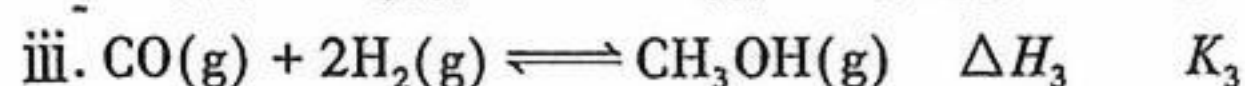
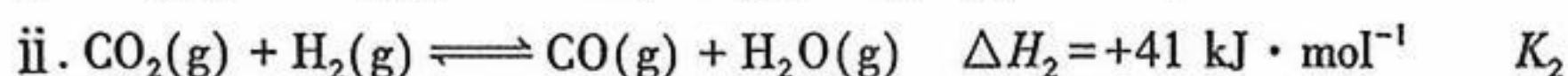
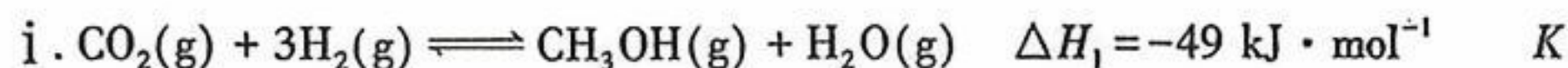
(7) X 射线晶体结构分析： $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体实际为 $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

① 中心原子 Cr 的配位数为_____。

② $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体中微粒间的作用力有_____ (填标号)。

a. 配位键 b. 离子键 c. 金属键 d. 非极性共价键 e. 极性共价键

13. (16 分) 甲醇 (CH_3OH) 是一种重要能源与化工原料。工业上以 Cu/ZnO 为催化剂制备甲醇，相关反应如下：

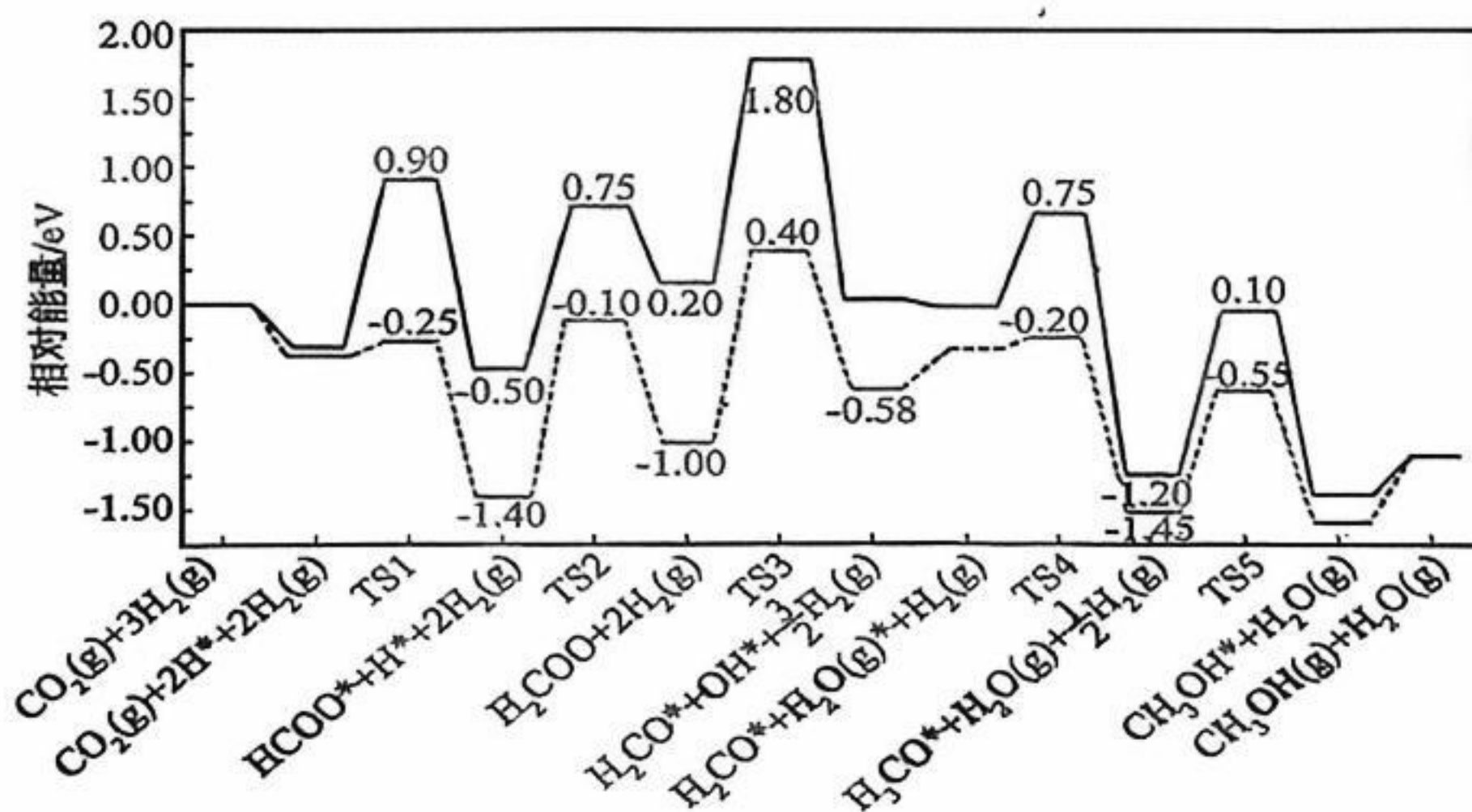


(1) 反应 i 在_____ (填“高温”“低温”或“任意温度”) 条件下能自发进行 (当 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 时，反应能自发进行)。

(2) 反应 ii 的正反应的活化能_____逆反应的活化能 (填“大于”或“小于”)。

(3) 反应 iii 的平衡常数 $K_3 =$ _____ (用 K_1 、 K_2 表示)。

(4) 反应 i 在有、无催化剂条件下的反应历程如图所示，其中吸附在催化剂表面上的物质用 * 标注，TS 为过渡态。



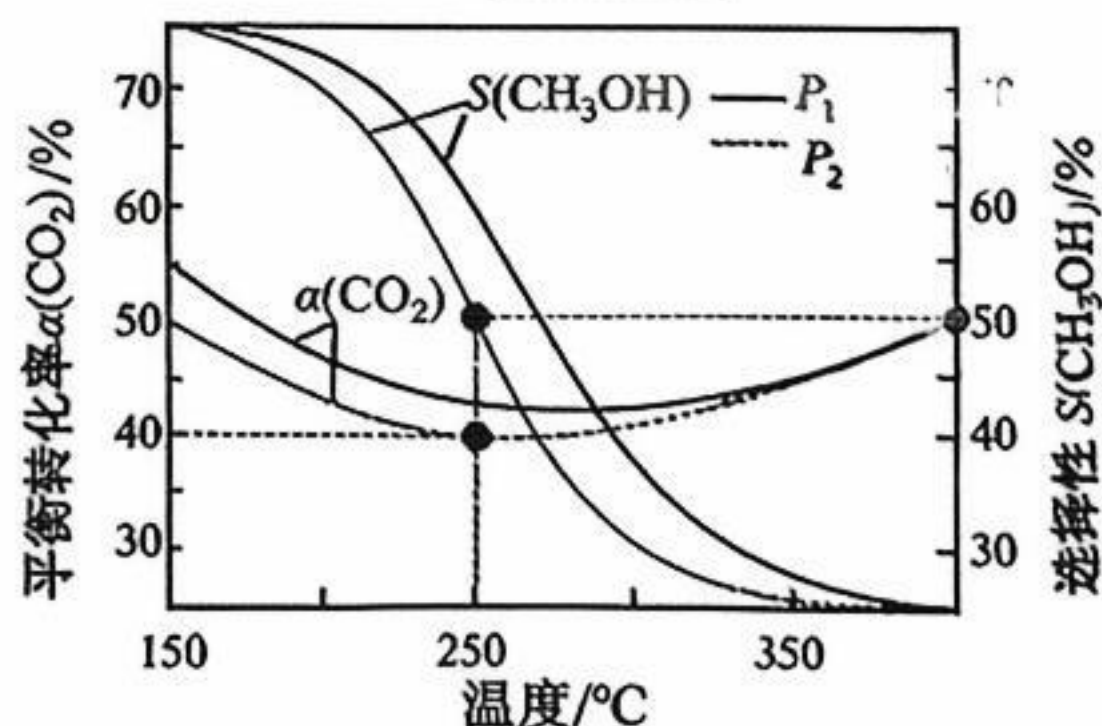
① 图中实线表示_____ (填“有”或“无”) 催化剂。

② 该反应在有催化剂存在条件下决速步骤的活化能降低_____ eV。

(5) 按 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{3}$ 的投料比，若只发生反应 i、ii，测得 CO_2 的平衡转化率 $\alpha(\text{CO}_2)$ 和 CH_3OH 的选择性 $S(\text{CH}_3\text{OH})$ 随温度、压强的变化如图所示。

选择性的定义：

$$S(\text{B}) = \frac{n(\text{生成 B 所用的 } \text{CO}_2)}{n(\text{转化的 } \text{CO}_2)} \times 100\%$$



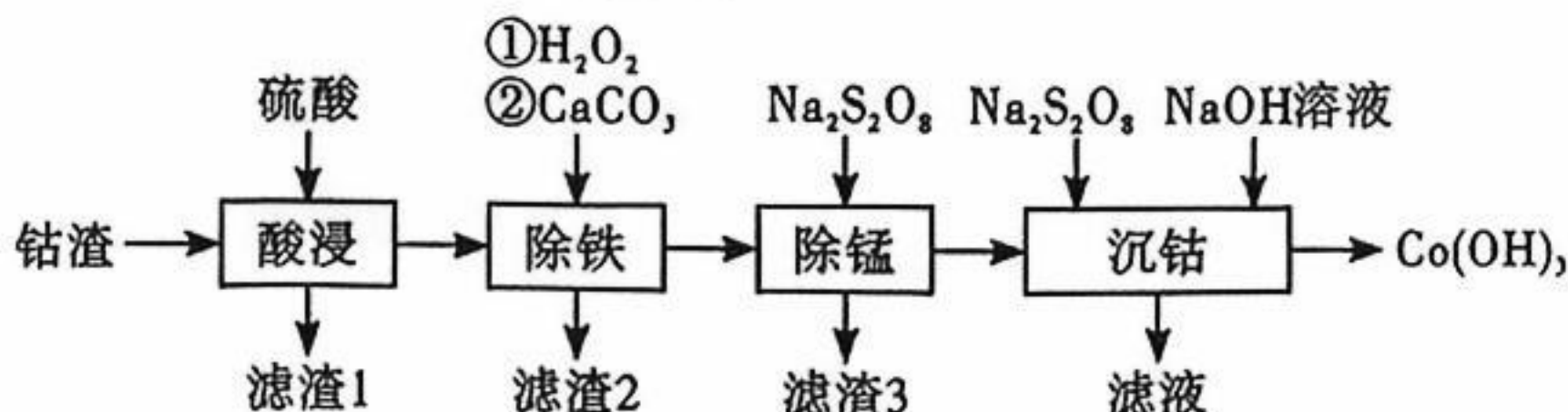
已知： K_p 为用气体分压表示的平衡常数，分压=物质的量分数×总压。

① P_1 、 P_2 的大小关系为： P_1 _____ P_2 (填“>”“<”或“=”)。

② 350℃以上时， P_1 和 P_2 条件下 CO_2 的平衡转化率几乎交于一点的原因是_____。

③ 250℃，压强为 P_2 时，反应 ii 的平衡常数 K_p = _____ (列出计算式)。

14. (16分) 钴在新能源、航空航天等领域具有重要用途。一种以湿法炼锌过程中产出的钴渣为原料，从中提取钴的流程如下。



已知：

① 酸浸液主要含有 Zn^{2+} 、 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mn^{2+} 等金属阳离子；

② 25℃，部分金属离子 $[c_0(\text{M}^{n+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}]$ 形成氢氧化物沉淀的 pH 范围如下：

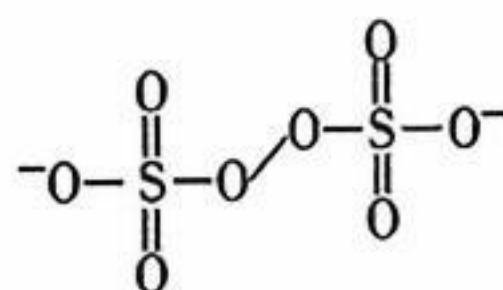
金属离子	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}
开始沉淀的 pH	6.2	1.5	6.3	8.1	7.6	6.9
完全沉淀的 pH	8.2	2.8	8.3	10.1	9.6	8.9

(1) “酸浸”时，可以提高浸出率的措施有_____ (任写一种)。

(2) “除铁”时， H_2O_2 与 Fe^{2+} 发生反应的离子方程式为_____。

(3) “除锰”时， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 Mn^{2+} 反应生成 MnO_2 和 SO_4^{2-} 。

过二硫酸根离子 ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) 结构如图所示。根据结构分析： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中 S 的化合价为_____ 价； $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 具有强氧化性的原因是_____。



(4) “沉钴”时，向“除锰”后的溶液中加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液并控制溶液 $\text{pH}=5.0$ ， Co^{2+} 以 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 形式沉淀，该反应的离子方程式为_____。

(5) 根据流程可知，还原性： Co^{2+} _____ Fe^{2+} (填“强于”或“弱于”)。

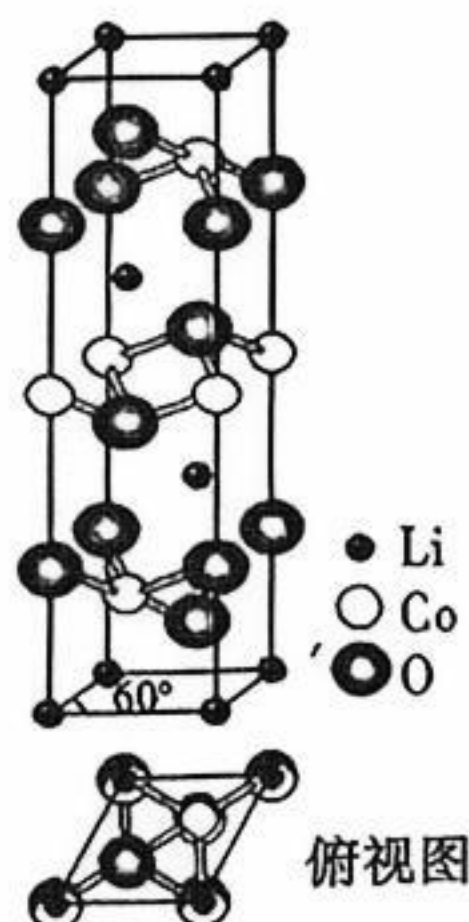
(6) 若调节“沉钴”后滤液的 $\text{pH}=7.5$ ，同时出现 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 和

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ 沉淀，此时溶液中 $\frac{c(\text{Zn}^{2+})}{c(\text{Ni}^{2+})}$ = _____。

(7) $\text{Co}(\text{OH})_3$ 热分解的产物 Co_3O_4 与 Li_2CO_3 混合烧结可制备锂离子电池正极材料钴酸锂，其晶胞结构如图所示。

① 基态 Co 原子价电子排布式为_____。

② 钴酸锂的化学式为_____。



2027 届高中毕业年级教学质量检测

化学试题答案解析

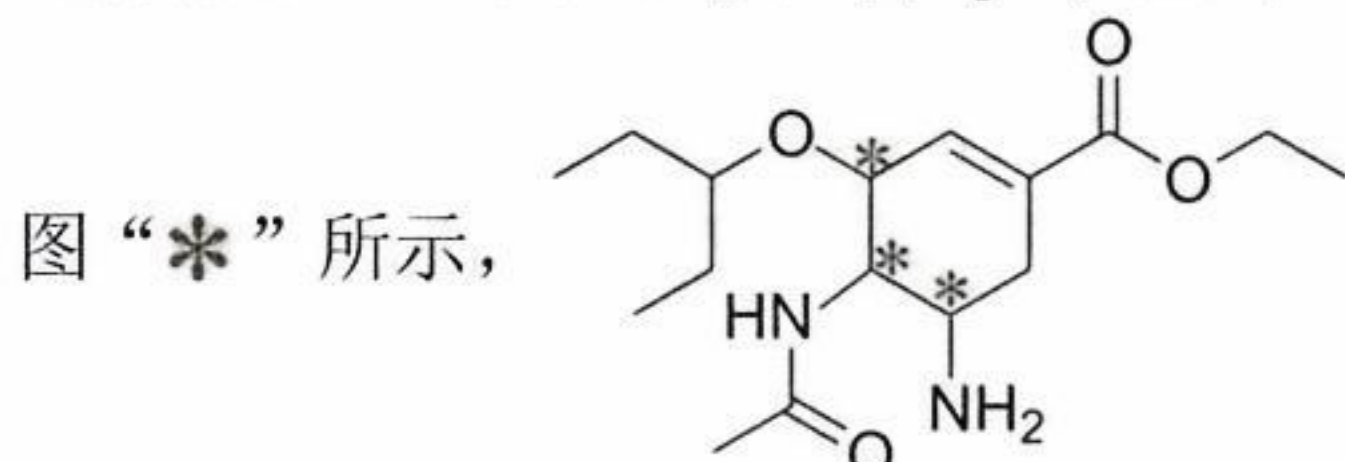
一. 选择题

1.D.

【解析】D: 催化剂不能使化学平衡发生移动。

2.D

【解析】A: 分子中存在着 sp^3 杂化的 C、N 原子, 所有原子不可能共面。B: 含有 3 个手性碳原子, 如



。C: 氨基($-NH_2$)显碱性, 不存在显酸性的酚羟基、羧基等官能

团。D: 结构中存在的酯基和酰胺基均能发生水解反应。

3.A

【解析】依题意可推知 W、X、Y、Z、Q 分别为 H、C、N、O、Na。A: O^{2-} 和 Na^+ 电子层数相同, 但核电荷数越大, 离子半径越小, 所以简单离子的半径: $O^{2-} > Na^+$ 。B: 基态氮原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 基态氧原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, N 的 2p 轨道半充满, 较稳定, 第一电离能 $N > O$ 。C: NH_3 和 NH_4^+ 中的氮原子均采用 sp^3 杂化, NH_3 含有一对孤电子对, 孤电子对与成键电子对之间的斥力大于成键电子对与成键电子对之间的斥力。D: 非金属性 $N > C$, 酸性 $HNO_3 > H_2CO_3$ 。

4.B

【解析】A: 16 g O_2 物质的量为 0.5 mol, 含有的质子数目为 $0.5 \times 8 \times 2 \times N_A = 8 N_A$ 。B: 1 个 SO_2 分子含有 2 个 σ 键。C: S 元素化合价由 -2 价升高到 +4 价, 1 个 S 失去 6 个电子, 1 mol Cu_2S 完全反应, 转移的电子数目为 $6 N_A$ 。D: $Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$, 故 1 L $0.10 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的 $CuSO_4$ 溶液中含有的 Cu^{2+} 数目小于 $0.10 N_A$ 。

5.C

【解析】该实验流程如下所示:



A: “水洗 1” 主要是除去易溶于水的 $FeBr_3$ 、 HBr 。B: 溴苯与水互不相溶, 静置会分层, 利用 “操作 1” (分液) 可分离有机层和水层。C: “碱洗” 的主要目的是将 Br_2 转化为易溶于水的 $NaBr$ 和 $NaBrO$, 再经过 “水洗 2” 除去。D: 分液后有机层用无水 $CaCl_2$ 的目的是吸水干燥溴苯, 此时有机层中主要含苯和溴苯, 最后经精馏得到溴苯。

6.B

【解析】A: $K_a: H_2CO_3 > \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} > HCO_3^-$, 向 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$ 溶液中通入少量 CO_2 , 生成 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 和 $NaHCO_3$ 。

B: 1-溴丙烷与 $NaOH$ 水溶液共热, 发生取代反应生成 $CH_3CH_2CH_2OH$, 化学方程式为:

$CH_3CH_2CH_2Br + NaOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3CH_2CH_2OH + NaBr$ 。C: CH_3CHO 与碱性 $Cu(OH)_2$ 悬浊液混合后加热被氧化成 CH_3COONa , $Cu(OH)_2$ 被还原成 Cu_2O 。

7.A

【解析】B: 乙醇发生消去反应的产物中混有挥发出来的乙醇和副反应生成的 SO_2 , 二者均能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色, 干扰乙烯的检验。C: 淀粉在稀硫酸作用下微热发生水解反应, 生成葡萄糖 (含醛基),

水解液冷却后先加入 NaOH 溶液中和至碱性后再加银氨溶液检验醛基，只能证明淀粉是否已经发生水解。若要检验淀粉是否完全水解，应该往水解液中加碘水检验是否有淀粉。D：制备硝基苯需要 50 ~60 °C 水浴加热，温度计的水银球应插入热水浴中以控制水浴温度。

8.C

【解析】B：从图中看出，Fe₃O₄ 在太阳能作用下生成 O₂ 和 FeO，Fe₃O₄ 中铁元素化合价降低，氧元素化合价升高。C：过程 II 的反应方程式为：3FeO + H₂O = H₂↑ + Fe₃O₄，生成 0.1 g H₂ 时需消耗 FeO 的质量为： $\frac{3 \times 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.1 \text{ g}}{2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10.8 \text{ g}$ 。D：该方法借助太阳能提供能量，且气体和固体容易分离，所以具有成本低、产物易分离等优点。

9.C

【解析】A：由 CO₂ 在电极 A 发生还原反应生成 CH₄、C₂H₄，可判断 A 为阴极，与电源负极相连。B：电子不能在溶液中传递。D：阳极 4OH⁻ - 4e⁻ = 2H₂O + O₂↑，K⁺ 通过阳离子交换膜移向左侧，根据电荷守恒，可推知阳极区 KOH 减少 5.6 g，则理论上电路中转移 0.1 mol 电子。

10.B

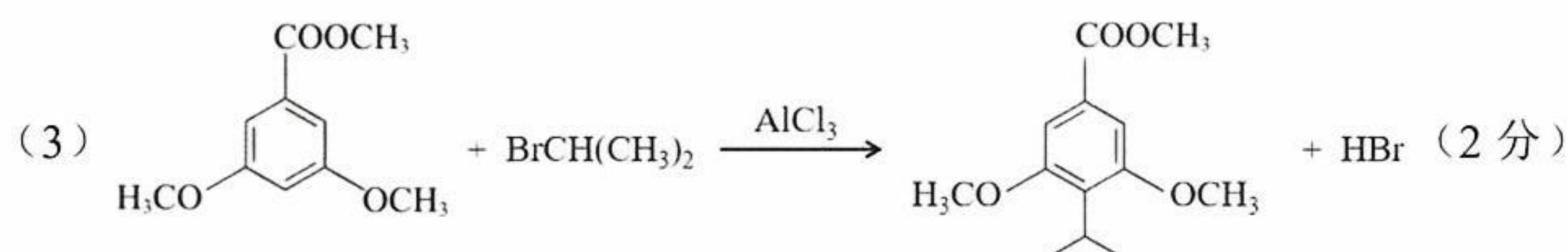
【解析】A：根据电荷守恒可得。B：b 点溶质为 NaHA，d 点溶质为 Na₂A，HA⁻ 以电离为主，抑制水的电离，A²⁻ 发生水解，促进水的电离，故水的电离程度为 b < d。C：c 点的 pH = 6.6，即 c(H⁺) = 10^{-6.6}，结合 $K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = 10^{-6.6}$ ，可推导出 c(A²⁻) = c(HA⁻)，代入电荷守恒式：c(Na⁺) + c(H⁺) = 2c(A²⁻) + c(OH⁻) + c(HA⁻)，可得 c(Na⁺) + c(H⁺) = 3c(A²⁻) + c(OH⁻)，由于 c 点 pH = 6.6，c(H⁺) > c(OH⁻)，移项可得 c(Na⁺) = 3c(A²⁻) + [c(OH⁻) - c(H⁺)] < 3c(A²⁻)。D：d 点溶质为 Na₂A，Na₂A = 2Na⁺ + A²⁻，A²⁻ + H₂O ⇌ HA⁻ + OH⁻，HA⁻ + H₂O ⇌ H₂A + OH⁻，Na⁺ 不水解，A²⁻ 水解是微弱的，因此 c(Na⁺) > c(A²⁻) > c(HA⁻)。

二. 非选择题

11. (12 分)

(1) 取代反应 (1 分)

(2) 酯基、醚键 (2 分)

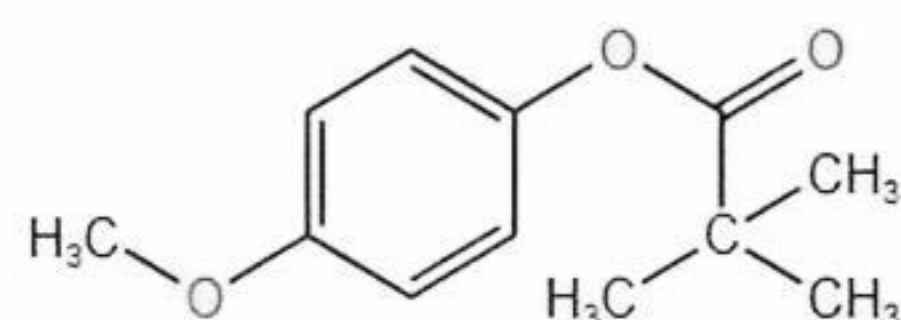


(4) < (1 分)

(5) KMnO₄ 会氧化醛基和异丙基 (或其他合理答案) (2 分)

(6) 平面三角形 (1 分)

(7) 3 (1 分)



(8)

(2 分)

【解析】

(3) 对比 B 和 C，发现 C 少了氢原子多了异丙基，可推断反应 II 是 B 与 BrCH(CH₃)₂ 发生取代反应。

(4) D 分子含羟基，与水分子形成分子间氢键，使其水溶性大于 C。

(6) 在 BBr₃ 分子中，B 原子采用 sp² 杂化。

(7) G 中苯环上酚羟基邻对位的氢原子会被溴原子取代，消耗 2 mol Br₂，碳碳双键与 Br₂ 发生加成反应消耗 1 mol Br₂。

(8) 由①可推知 Y 含有 4 种氢原子，其中有 4 个甲基且有 3 个甲基连在同一个碳原子上。由②可推知水解产物含有酚羟基，且酚羟基是通过酯基水解得到的。

12. (16 分)

(1) 三颈烧瓶 (1 分)

(2) ①c d b a (2 分) ②水浴加热 (1 分)

(3) $4\text{OH}^- + \text{COCl}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- + \text{CO}_3^{2-}$ (2 分)

(4) $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

(5) $\frac{\frac{1}{3} \times c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times b \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times d \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}}$ 或 $\frac{bcd}{750a}$ (2 分)

(6) 偏高 (2 分)

(7) ①6 (2 分) ②abe (2 分)

【解析】

(2) ①第 1 步: 连接氮气储气瓶通入 N_2 , 利用 N_2 排出体系内的空气。第 2 步: 加热装置 B 使其达到反应温度; 利用氮气流将挥发的 CCl_4 蒸气带入装置 B 中, 使之与 Cr_2O_3 反应。第 3 步: 当装置 B 反应结束后, 停止加热装置 A 中 CCl_4 ; 关闭管式炉加热开关, 停止对装置 B 加热。第 4 步: 继续通入 N_2 至冷却, 防止 CrCl_3 高温下被 O_2 氧化。同时将残留在装置中的 COCl_2 和 CCl_4 赶入装置 D 中, 防止其污染大气。

(3) COCl_2 与 NaOH 溶液反应过程可理解为 COCl_2 先与水反应生成 CO_2 和 HCl , 产物再与足量的 NaOH 溶液反应生成 NaCl 和 Na_2CO_3 。 COCl_2 是非电解质, 不能拆写成离子形式。

(4) H_2O_2 将 Cr^{3+} 氧化为 CrO_4^{2-} , H_2O_2 的还原产物为 H_2O ; 根据电荷守恒以及强碱性溶液 (题干条件), 方程式左边需加 OH^- 参与反应。

(5) 实验二主要涉及以下三个反应 $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$ 、
 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。关系式为:

$2\text{CrCl}_3 \sim 2\text{Cr}^{3+} \sim 6\text{Fe}^{2+}$ 。滴定过程消耗 $n(\text{Fe}^{2+}) = c \times b \times 10^{-3} \text{ mol}$, 则 $n(\text{Cr}^{3+}) = \frac{1}{3} c \times b \times 10^{-3} \text{ mol}$ 。并需

注意到待测液从 100 mL 取出 25.00 mL; 所以 CrCl_3 的质量分数:

$$\frac{m(\text{CrCl}_3)}{m(\text{产品})} \times 100\% = \frac{\frac{1}{3} \times c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times b \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times d \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{bcd}{750a} \times 100\%。$$

(6) 所用 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液长期露置于空气中, 标准液中部分 Fe^{2+} 被空气氧化为 Fe^{3+} , 使得滴定消耗标准液体积偏大, 则 CrCl_3 质量分数的测定值偏高。

(7) ①内界中心原子 Cr 的配体是 2 个 Cl^- 和 4 个 H_2O , 因此配位数为 6。② $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ 和 Cl^- 之间存在离子键; 内界 $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ 中 Cr^{3+} 与 Cl^- 和 H_2O 之间存在配位键; H_2O 分子内部存在极性共价键。

13. (16 分)

(1) 低温 (2 分)

(2) 大于 (2 分)

(3) $\frac{K_1}{K_2}$ (2 分)

(4) ①无 (2 分) ②0.20 eV (2 分)

(5) ① > (2 分)

②350 °C 以上反应 ii 占主导, 反应 ii 前后气体分子数不变, 压强变化对化学平衡无影响 (2 分)

③ $\frac{\frac{0.4}{3.6} P_2 \times \frac{0.2}{3.6} P_2}{\frac{2.2}{3.6} P_2 \times \frac{0.6}{3.6} P_2}$ 或 $\frac{\frac{0.4}{3.6} \times \frac{0.2}{3.6}}{\frac{2.2}{3.6} \times \frac{0.6}{3.6}}$ (2 分)

【解析】

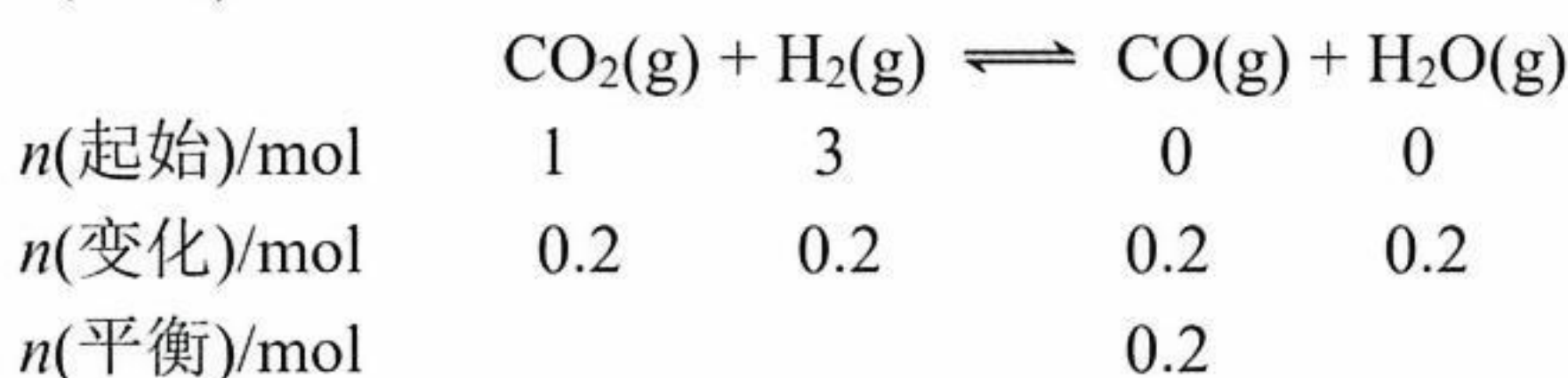
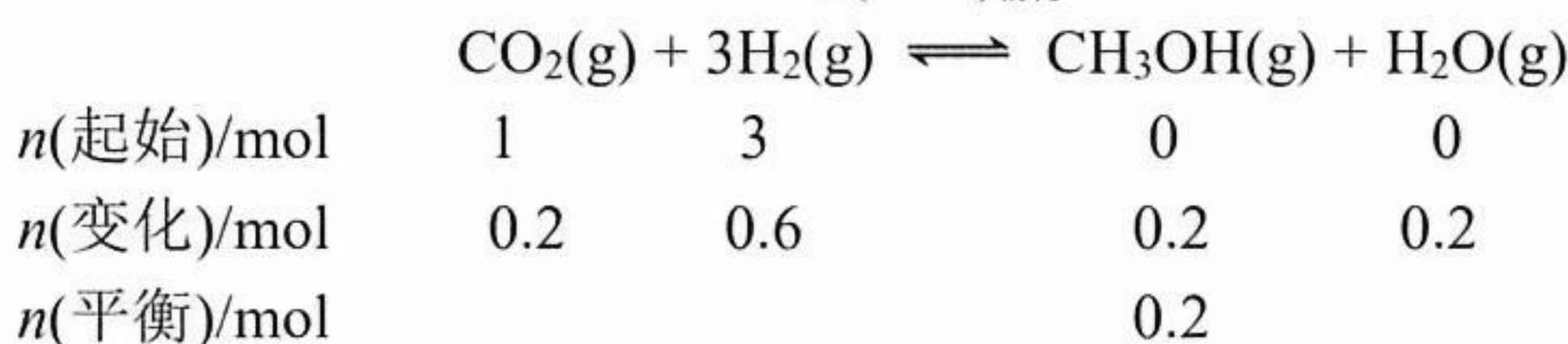
(1) 该反应 $\Delta H < 0$, 正反应气体分子数减少, $\Delta S < 0$; 低温下, $\Delta H - T\Delta S < 0$, 反应能自发进行。

(2) 反应 ii 的 $\Delta H_2 = +41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 为吸热反应, 故正反应的活化能 > 逆反应的活化能。

(3) 反应 iii 由反应 i 减去反应 ii 得到, 故反应 iii 的平衡常数 $K_3 = \frac{K_1}{K_2}$ 。

- (4) 催化剂降低反应所需活化能，故实线表示没有使用催化剂。过渡态物质的总能量与反应物总能量的差值为活化能，活化能越小反应越快，活化能越大反应越慢，决定总反应速率的是最慢反应；该反应在有催化剂存在条件下的决速步骤为： $\text{H}_2\text{COO} + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}^* + \text{OH}^* + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g})$ ，该步骤无催化剂时的活化能为 $(1.80 - 0.20) \text{ eV} = 1.60 \text{ eV}$ ，有催化剂时的活化能为 $0.4 - (-1.00) \text{ eV} = 1.40 \text{ eV}$ ，使用催化剂使该步骤的活化能降低 $1.60 \text{ eV} - 1.40 \text{ eV} = 0.20 \text{ eV}$ 。
- (5) ①生成甲醇的反应 i 为气体系数减小反应。其他条件相同时，增大压强，甲醇选择性增大。②随着温度升高，不同压强下的气体转化率趋近相同，是由于 350°C 以上反应 ii 占主导，压强变化对反应 ii 化学平衡无影响，不同条件下 CO_2 的平衡转化率几乎交于一点。

③ 250°C ，压强为 P_2 时， $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{3}$ 的投料比，只发生反应 i 和反应 ii 时， $\alpha(\text{CO}_2) = 40\%$ ， $S(\text{CH}_3\text{OH}) = 50\%$ 。设 CO_2 、 H_2 投料分别为 1 mol 、 3 mol ，反应 i 消耗的 CO_2 物质的量 $n_1(\text{CO}_2)_{\text{消耗}} = 1 \text{ mol} \times 40\% \times 50\% = 0.2 \text{ mol}$ ，反应 ii 消耗的 CO_2 物质的量 $n_2(\text{CO}_2)_{\text{消耗}} = 1 \text{ mol} \times 40\% \times 50\% = 0.2 \text{ mol}$ ，



平衡时 $n(\text{CO}_2) = (1 - 0.2 - 0.2) \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$ ， $n(\text{H}_2) = (3 - 0.6 - 0.2) \text{ mol} = 2.2 \text{ mol}$ ， $n(\text{H}_2\text{O}) = (0.2 + 0.2) \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$ ， $n(\text{总}) = (0.6 + 2.2 + 0.2 + 0.2 + 0.4) \text{ mol} = 3.6 \text{ mol}$ ，

$$\text{反应 ii 的平衡常数 } K_p = \frac{\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{总})}P_2 \times \frac{n(\text{CO})}{n(\text{总})}P_2}{\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{总})}P_2 \times \frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{总})}P_2} = \frac{\frac{0.4}{3.6}P_2 \times \frac{0.2}{3.6}P_2}{\frac{2.2}{3.6}P_2 \times \frac{0.6}{3.6}P_2} = \frac{\frac{0.4}{3.6} \times \frac{0.2}{3.6}}{\frac{2.2}{3.6} \times \frac{0.6}{3.6}}。$$

14. (16 分)

- (1) 搅拌（或适当升高温度或适当增大硫酸的浓度等）（1 分）
- (2) $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ （2 分）
- (3) +6（2 分） $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 结构中含过氧键，过氧键中氧元素的化合价为-1 价，具有强氧化性（2 分）
- (4) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{Co}^{2+} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Co}(\text{OH})_3\downarrow + 6\text{H}^+$ （2 分）
- (5) 弱于（2 分）
- (6) $10^{-1.4}$ （2 分）
- (7) ① $3\text{d}^74\text{s}^2$ （1 分） ② LiCoO_2 （2 分）

【解析】

- (2) 在酸性条件下， H_2O_2 将溶液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。
- (3) 电负性 $\text{O} > \text{S}$ ， $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 结构中 S 与 O 之间6对共用电子对偏向 O ，因此 S 元素为+6价； $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 结构中存在1个过氧键（ $-\text{O}-\text{O}-$ ），过氧键中 O 元素为-1价，具有强氧化性。
- (4) “沉钴”时， $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 将 Co^{2+} 氧化为 $\text{Co}(\text{OH})_3$ ，自身被还原为 SO_4^{2-} ，溶液 $\text{pH} = 5.0$ ，根据电荷守恒，生成物中应补 H^+ 。
- (5) “酸浸”后溶液中含 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 等，“除铁”时加入的 H_2O_2 只氧化 Fe^{2+} ，而 Co^{2+} 未被氧化，根据还原性强者优先原则，则 Co^{2+} 的还原性弱于 Fe^{2+} 。

$$(6) \text{结合表格中 pH 数据: } \frac{c(\text{Zn}^{2+})}{c(\text{Ni}^{2+})} = \frac{c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)} = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Zn}(\text{OH})_2]}{K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2]} = \frac{0.1 \times \left(\frac{10^{-14}}{10^{-6.2}}\right)^2}{0.1 \times \left(\frac{10^{-14}}{10^{-6.9}}\right)^2} = 10^{-1.4}。$$

- (7) ② 根据均摊法计算： Li 原子位于晶胞顶点和晶胞内部， Li 原子的数目为 $8 \times \frac{1}{8} + 2 = 3$ ； Co 原子位于晶胞棱心和晶胞内部， Co 原子的数目为 $4 \times \frac{1}{4} + 2 = 3$ ； O 原子位于晶胞棱上和晶胞内部， O 原子的个数为 $8 \times \frac{1}{4} + 4 = 6$ ，则钴酸锂的化学式为 LiCoO_2 。