

注意事项:

1. 本试卷分为单项选择题和非选择题两部分, 试卷满分 100 分, 考试时间 75 分钟。
2. 将选择题答案填涂在答题卡的对应位置上, 非选择题的答案写在答题卡的指定栏目内。

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 O 16 S 32 Fe 56 As 75

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。

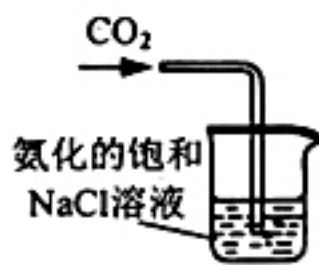
1. 我国努力发展芯片产业, 推进科技自立自强。制造芯片所用的单晶硅属于
 - A. 单质
 - B. 盐
 - C. 氧化物
 - D. 混合物
2. 尿素[CO(NH₂)₂]是一种重要的化工产品, 可通过反应 $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{高压}} \text{H}_2\text{O} + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 合成。下列有关说法正确的是
 - A. CO₂ 是极性分子
 - B. NH₃ 的电子式为 $\begin{array}{c} \text{H}:\text{N}:\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
 - C. 中子数为 10 的氧原子可表示为 $^{10}_8\text{O}$
 - D. 1mol CO(NH₂)₂ 中含 7mol σ 键
3. 实验室模拟侯氏制碱法制备 Na₂CO₃, 下列装置与原理均正确的是



A. 制取 NH₃



B. 制取 CO₂



C. 吸收 CO₂



D. 灼烧 NaHCO₃ 制备 Na₂CO₃

4. Na、Mg、Al 均为第三周期元素。下列说法正确的是
 - A. 离子半径: $r(\text{Na}^+) < r(\text{Mg}^{2+}) < r(\text{Al}^{3+})$
 - B. 第一电离能: $I_1(\text{Na}) > I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Al})$
 - C. 还原性: $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$
 - D. 碱性: $\text{NaOH} < \text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{Al}(\text{OH})_3$

阅读下列材料, 完成 5~7 题:

硼单质及其化合物有重要的应用。硼晶体熔点为 2076℃, 可形成多种卤化物。BF₃ 可与 NH₃ 反应生成 NH₃BF₃。BCl₃ 可与 H₂ 反应生成乙硼烷 B₂H₆ (标准燃烧热为 2165 kJ·mol⁻¹), 其分子中一个硼与周围的四个氢形成正四面体, 结构式为 $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{B} & - \text{B} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$, 具有还原性。乙硼烷易水解生成 H₃BO₃

与 H₂, H₃BO₃ 是一种一元弱酸, 可作吸水剂。乙硼烷可与 NH₃ 反应生成氨硼烷 (BH₃NH₃), 其在一定条件下可以脱氢, 最终得到 BN。乙硼烷也可与 NaH 反应生成 NaBH₄, 是一种常用的还原剂。

5. 下列说法正确的是

- A. 硼晶体为分子晶体
- B. 基态硼原子的核外电子排布式为 1s²2s²2p¹
- C. BF₃ 与 B₂H₆ 中心原子均为 sp² 杂化
- D. NaBH₄ 晶体中存在离子键、共价键、氢键

6. 下列化学反应表示正确的是

- A. 乙硼烷的制备: $2\text{BCl}_3 + 6\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{HCl}$
 B. 乙硼烷的水解: $\text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{H}_2\uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{BO}_3^-$
 C. 乙硼烷的燃烧: $\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -2165 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
 D. 乙硼烷酸性条件下还原乙酸:
 $3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{OH}^-$

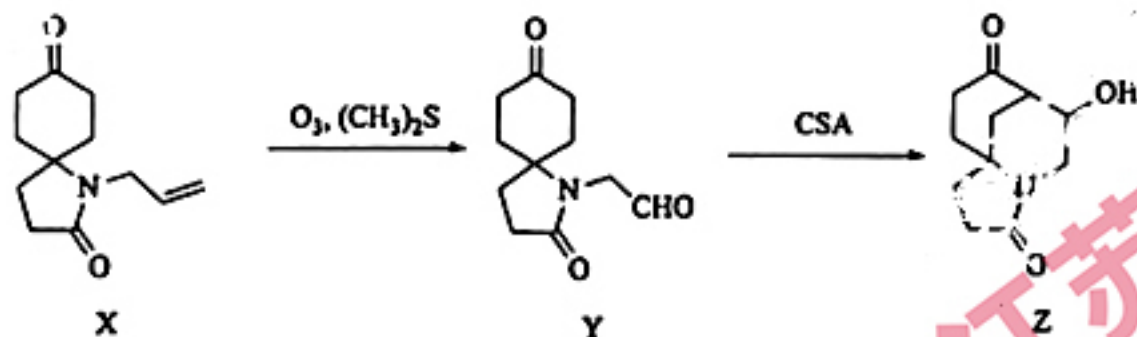
7. 下列物质的结构、性质、用途之间不具有对应关系的是

- A. B 电负性小于 H, NaBH_4 可用作还原剂
 B. H_2BO_3 有弱酸性, 可用作吸水剂
 C. BF_3 中 B 有空轨道, 易与 NH_3 形成 NH_3BF_3
 D. BH_3NH_3 可以脱氢, 可用作储氢材料

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. 实验室检验 NH_4^+ 的存在: $\text{NH}_4^+ \xrightarrow[\Delta]{\text{OH}^-} \text{NH}_3$
 B. 工业制硝酸过程中的物质转化: $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2, \text{催化剂}} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$
 C. 铁与足量的稀硝酸反应: $3\text{Fe} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) \rightleftharpoons 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
 D. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应: $2\text{NO}_x + 2x\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2x\text{CO}_2$

9. 有机物 Z 是一种强效免疫剂的合成中间体, 其合成路线如下:



下列说法正确的是

- A. X 存在顺反异构体
 B. Z 中含氧官能团只有酮羰基和羟基
 C. X、Y、Z 均可发生水解反应和加成反应
 D. 可以用新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液检验 Y 中残留的 X

10. 利用 CO_2 和 H_2 组成原电池, 在 Pt 电极的催化下可以生成甲烷, 总反应方程式为:

$\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。装置中正负极之间采用质子交换膜分隔, 在电极上 CO_2 先转化为 $^*\text{CO}$ 吸附在催化剂表面, 随后生成甲烷, 部分机理如题 10 图所示。下列说法正确的是

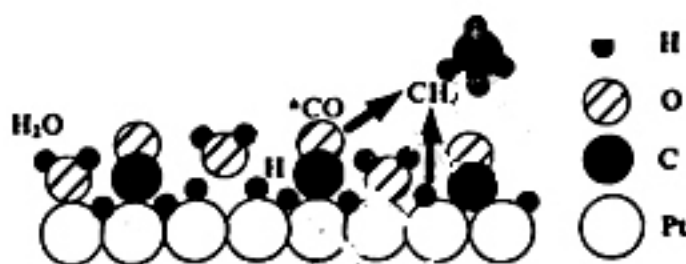


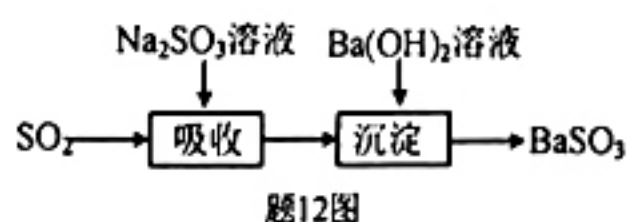
图 10

- A. 总反应方程式的平衡常数表达式为 $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$
 B. 正极获得 CO 的电极反应式: $2\text{H}^+ + \text{CO}_2 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
 C. 气体中 CO_2 的浓度越高, 越利于甲烷的生成
 D. 在催化剂表面生成 CH_4 的方程式: $^*\text{CO} + 6\text{H} \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

11. 室温下, 探究 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液的性质, 下列实验方案能达到探究目的的是

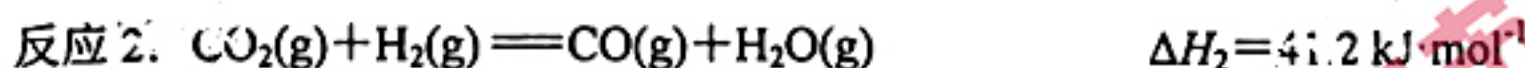
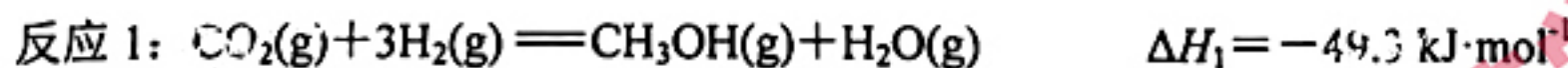
选项	探究目的	实验方案
A	Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 分解	向 $2 \text{ mL } 5\% \text{H}_2\text{O}_2$ 溶液中滴加几滴 FeSO_4 溶液, 观察气泡产生情况
B	溶液中是否含有 Fe^{3+}	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加几滴新制氯水, 再滴加 KSCN 溶液, 观察溶液颜色变化
C	Fe^{2+} 是否水解	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加 2-3 滴酚酞试液, 观察溶液颜色变化
D	Fe^{2+} 是否有还原性	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加几滴酸性 KMnO_4 溶液, 观察溶液颜色变化

12. 室温下, 用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液吸收废气中的 SO_2 , 并获得 BaSO_3 的过程如题 12 图所示。忽略吸收废气所引起的溶液体积变化和 H_2O 的挥发, 溶液中含硫物种的浓度



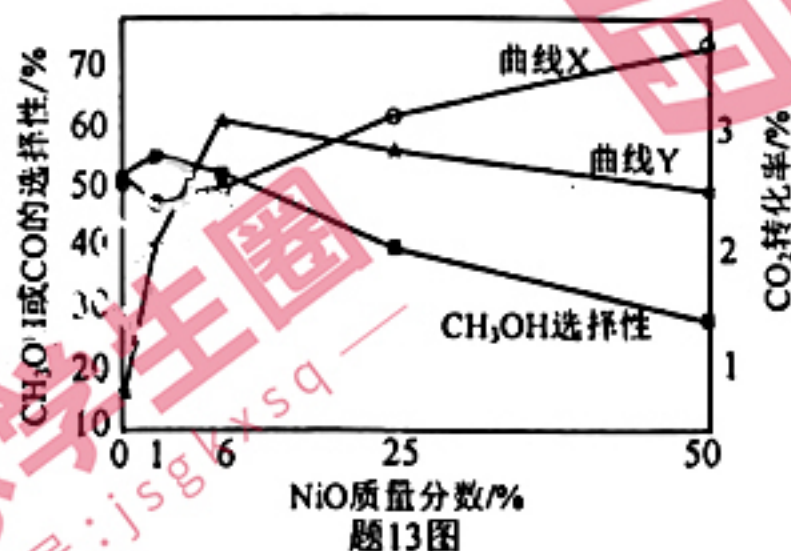
$c_{\text{S}} = c(\text{H}_2\text{SO}_3) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-})$ 。已知: $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.54 \times 10^{-2}$, $K_{\text{a2}}(\text{HSO}_3^-) = 1.02 \times 10^{-7}$ 。下列说法正确的是

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液吸收 SO_2 至 $\text{pH}=7$ 的溶液: $c(\text{HSO}_3^-) < c(\text{SO}_3^{2-})$
- B. 吸收 SO_2 后 $c_{\text{S}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液: $c(\text{H}^+) + c(\text{SO}_3^{2-}) = c(\text{OH}^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)$
- C. 沉淀后的上层清液: $c(\text{Ba}^{2+}) > \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_3)}{c(\text{SO}_3^{2-})}$
- D. 沉淀后的上层清液久置: $2c(\text{Ba}^{2+}) + c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-)$
13. $\text{NiO-In}_2\text{O}_3$ 可协同催化 CO_2 的氢化, 体系中涉及以下两个反应:



将一定比例的 CO_2 、 H_2 以一定流速通过催化剂, 在一定温度下反应, CO_2 的转化率、 CH_3OH 或 CO 的选择性 $[\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{OH} \text{ 或 } \text{CO})}{n_{\text{转化}}(\text{CO}_2)} \times 100\%]$ 与催化剂中 NiO 的质量分数的关系如题 13 图所示。

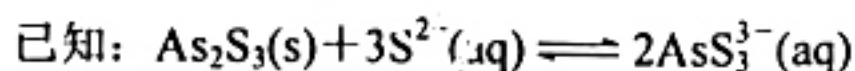
下列说法正确的是



- A. 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = 90.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 曲线 Y 表示 CO_2 的转化率随催化剂中 NiO 的质量分数的变化
- C. 其他条件不变, 催化剂中 NiO 的质量分数为 1% 时, CH_3OH 的产率最高
- D. 其他条件不变, NiO 的质量分数从 25% 增加到 50%, CH_3OH 的平衡选择性降低

二、非选择题，共4题，共61分。

14. (15分) 工业上利用 FeS 和 NaClO 等物质处理含砷酸性废水[砷主要以亚砷酸(H_3AsO_3 ，三元弱酸)形式存在]，步骤如下。



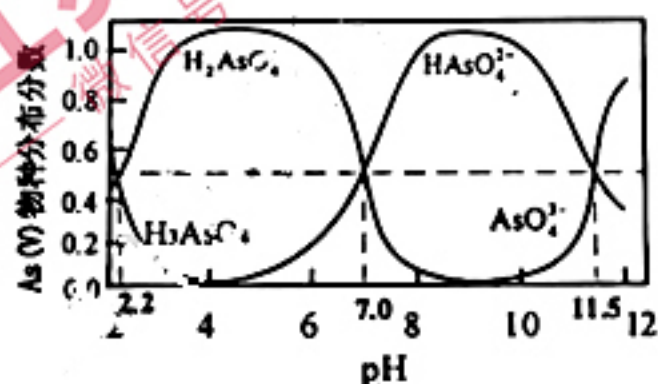
(1) 沉砷、碱浸。向该含砷酸性废水中加入 FeS，将 H_3AsO_3 转化为 As_2S_3 沉淀。过滤后向滤渣中加入足量 NaOH 溶液，发生反应 $As_2S_3 + 6NaOH = Na_3AsO_3 + Na_3AsS_3 + 3H_2O$ 。

① 沉砷过程的离子方程式为 ▲。

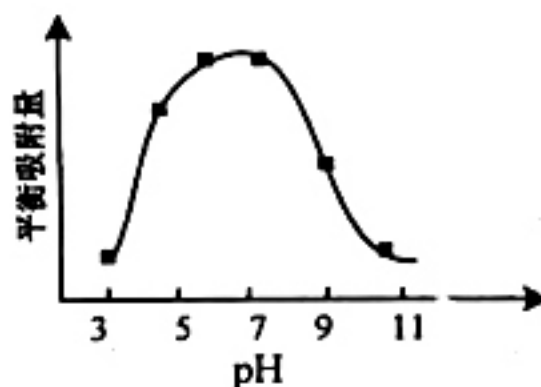
② 沉砷过程中不能用 Na_2S 代替 FeS，请从平衡移动的角度解释原因 ▲。

(2) 氧化脱硫：碱浸后的滤液中加入 NaClO。写出 NaClO 氧化 Na_3AsS_3 生成硫单质和 Na_3AsO_4 的化学方程式： ▲。

(3) 酸化、吸附：在氧化脱硫后的滤液中调节 pH，加入某吸附剂。已知 As(V) 在不同 pH 下的存在形式如题 14 图-1 所示。常温下， $pH > 7.1$ 时，吸附剂表面带负电，pH 越大，吸附剂表面带的负电荷越多； $pH < 7.1$ 时，吸附剂表面带正电，pH 越小，吸附剂表面带的正电荷越多。当溶液 pH 介于 3~5 之间时，吸附剂对五价砷的平衡吸附量随 pH 的升高而增大(如题 14 图-2 所示)，分析其原因 ▲。



题 14 图-1



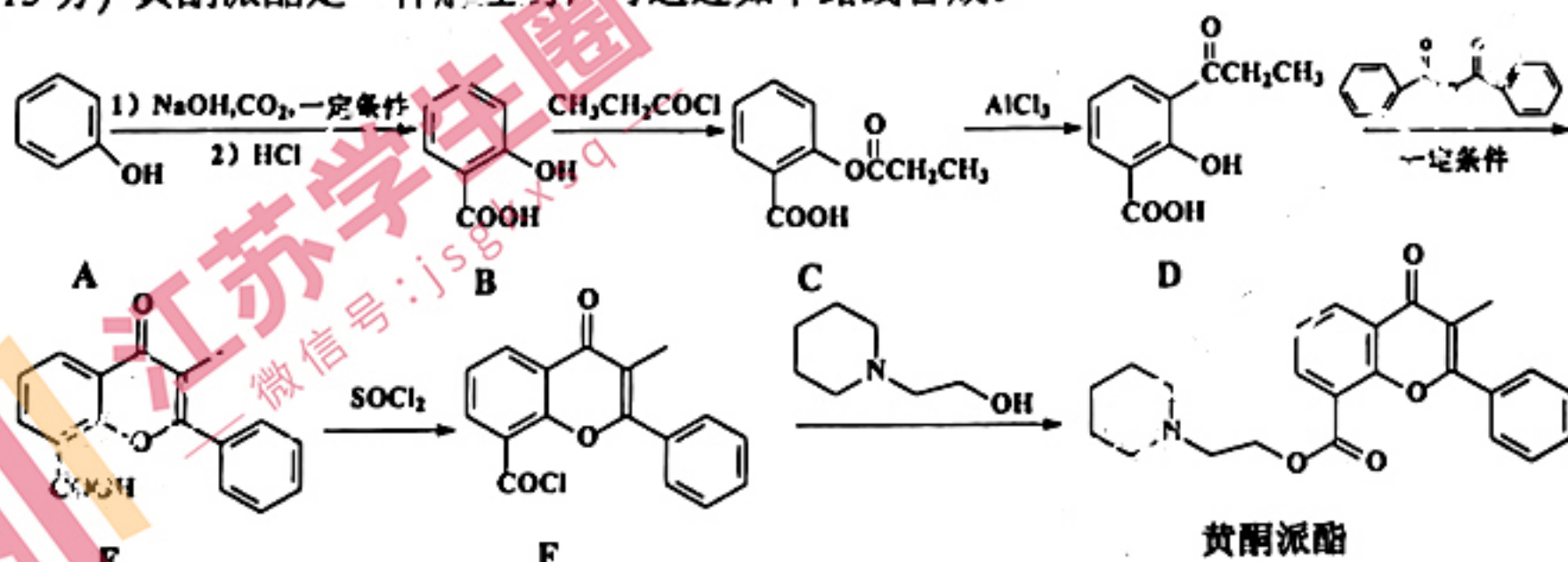
题 14 图-2

(4) 废水中 As 的含量不超过 $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 方可达到排放标准。为了测定处理后废水中 As 的含量，先将 As 全部转化为 $[AsMo_{12}O_{40}]^{3-}$ (转化过程中溶液体积不变)，随后移取 50.00 mL 上述溶液，用 $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CP^+Cl^- 溶液(CP^+ 是一种有机阳离子)滴定，产物为 $(CP)_3[AsMo_{12}O_{40}]$ 。实验测得到达滴定终点时所需 $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CP^+Cl^- 溶液的体积 $V(\text{mL})$ 与参与反应的 CP^+ 的物质的量 $n(\text{mol})$ 之间满足以下关系式：

$$V = 1.175 \times 10^3 n + 0.030$$

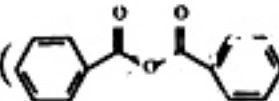
若滴定消耗 705.03 mL $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CP^+Cl^- 溶液，试计算该废水中的 As 含量是否符合排放标准(写出计算过程) ▲

15. (15分) 黄酮派酯是一种解痉药，可通过如下路线合成。



(1) C 中 sp^2 与 sp^3 杂化的碳原子数的比值是 $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

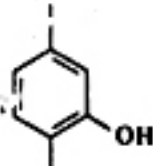
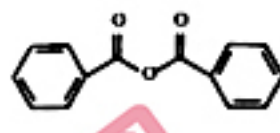
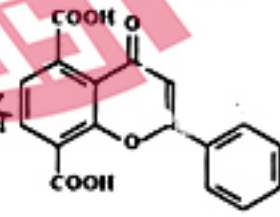
(2) C \rightarrow D 的反应类型是 $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

(3) 已知苯甲酸酐()可以与羟基化合物生成酯, D \rightarrow E 经历了 D \rightarrow X \rightarrow E 的过程, 中间体 X 的化学式为 $C_{17}H_{14}O_5$, 分子中共有 3 个六元环。写出 X 的结构简式: $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

(4) 写出同时满足下列条件的 D 的一种同分异构体的结构简式: $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

① 属于芳香族化合物

② 碱性水解后酸化得到两种产物, 且两种产物的核磁共振氢谱中均只有 2 个峰

(5) 写出以 、 CH_3COCl 、 为原料制备  的合成路线图(无机试剂和有机溶剂任用, 合成流程图示例见本题题干)

合成流程图示例见本题题干)

16. (15 分) 锗是一种重要的半导体材料, 中国是世界上锗的主要生产国之一。工业上可用锌粉置换镓锗渣制备高纯度 GeO_2 , 相关流程包含浸出、沉锗、氯化、水解等步骤。

(1) 浸出: 可用草酸($HOOC-COCH$)作为浸出剂, 将 Ge 转化为配离子 $[Ge(OH)_2(C_2O_4)_2]^{2-}$, 转移到溶液中。

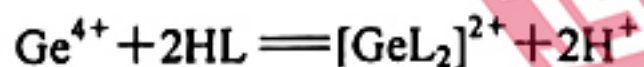
① $[Ge(OH)_2(C_2O_4)_2]^{2-}$ 中含有两个五元环, Ge 为六配位, 配位原子均为氧, 画出该离子的结构式: $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

② 使用草酸浸取的缺点之一在于矿渣中的其他金属阳离子易与草酸形成沉淀或配合物, 草酸的利用率降低。

已知 $25^\circ C$, $K_{a1}(H_2C_2O_4)=6\times 10^{-2}$, $K_{a2}(HC_2O_4^-)=6.4\times 10^{-5}$, $K_{sp}(CuC_2O_4)=4.4\times 10^{-10}$, 则反应 $H_2C_2O_4+Cu^{2+}\rightleftharpoons CuC_2O_4+2H^+$ 的平衡常数 K 的数值为 $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

③ 以热的浓硫酸作为氧化剂, 可将 $H_2[Ge(OH)_2(C_2O_4)_2]$ 彻底氧化, 将锗元素转化为 Ge^{4+} 进入溶液, 反应的化学方程式为 $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

(2) 丹宁酸沉锗: 丹宁酸是一种多酚(简记为 HL), 易与 Ge(IV) 配位得到 $[GeL_2]^{2+}$, $[GeL_2]^{2+}$ 最终转化为沉淀, 从而将溶液中的锗沉出, 配位反应可以表示为



若反应体系中存在较多 Fe^{3+} 不利于锗的沉淀, 原因是 $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$ 。

(3) GeO_2 粗品中常含有少量 As_2O_3 。为了提纯 GeO_2 , 可先将其转化为 $GeCl_4$, 再在 $0^\circ C$ 下水解 $GeCl_4$ 得到高纯 GeO_2 , 已知:

① GeO_2 与 As_2O_3 均为两性氧化物, 部分晶型的 GeO_2 难溶于盐酸;

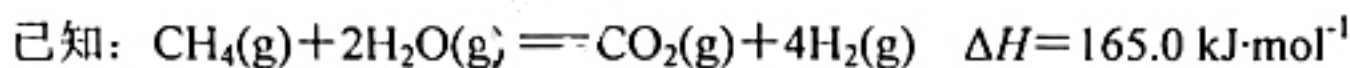
② $GeCl_4$ 常温下是液体, 沸点为 $84^\circ C$, 易与 $AsCl_3$ 共沸;

③ $AsCl_3$ 在 pH 为 0.4~0.6 时有还原性;

现有已知 As 含量的粗品 GeO_2 , 补充完整提纯的实验方案: 向粗品中分批加入 $4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 直至粗品完全溶解, $\underline{\quad\blacktriangle\quad}$, 过滤, 洗涤 2~3 次, 干燥。(实验中须使用的试剂: $10\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸、氯酸钠固体、蒸馏水)

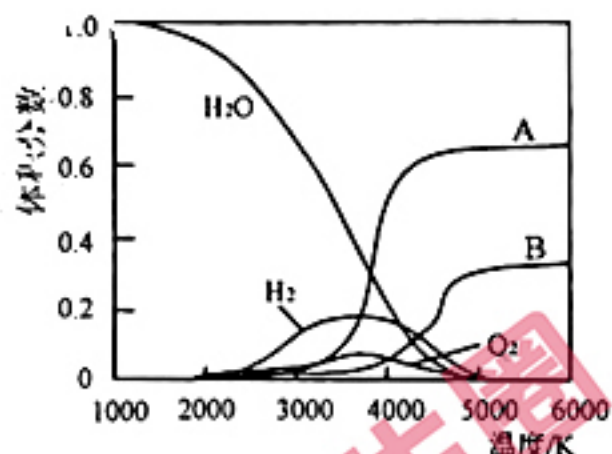
17. (16分) 氢气是一种清洁能源, 氢气的制取与储存是氢能源利用领域的研究热点。

(1) 以甲烷和 H_2O 为原料制取氢气是工业上常用的制氢方法。

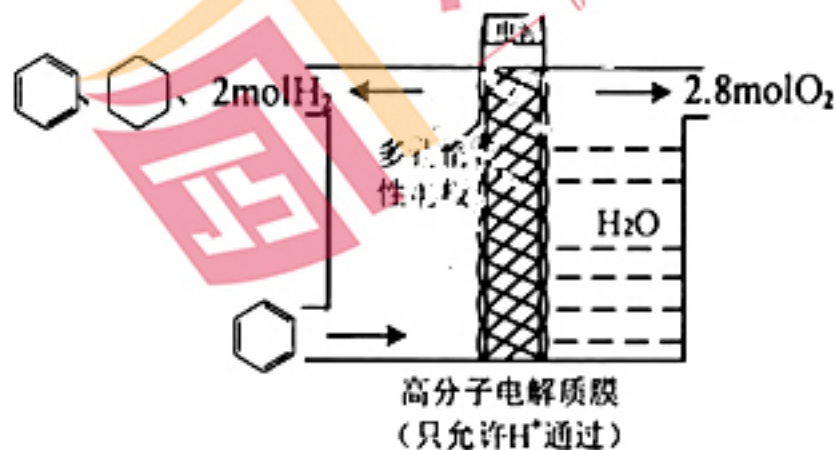


① 甲烷与 H_2O 制取氢气时, 常向反应器中通入一定比例空气, 其目的是 ▲。

② H_2O 的热分解也可得到 H_2 , 高温下水分解体系中各种微粒的体积分数与温度的关系如题 17 图-1 所示。图中 A、B 表示的微粒依次是 ▲。



题 17 图-1



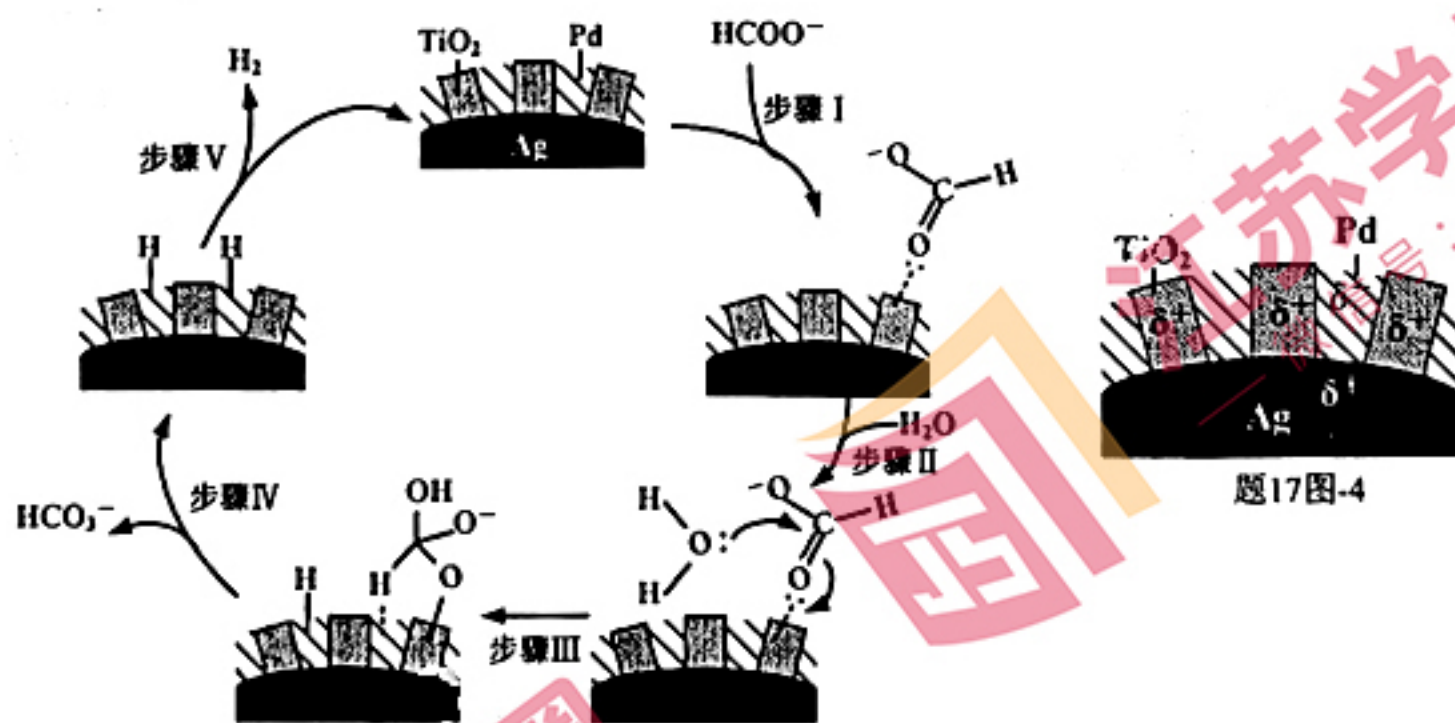
题 17 图-2

(2) 一定条件下, 利用题 17 图-2 所示装置实现 C_6H_6 的电化学储氢(忽略其它有机物的反应)。

① 写出由 C_6H_6 生成 C_6H_{10} 的电极反应式: ▲。

② 该装置的电流效率 $\eta =$ ▲。 ($\eta = \frac{\text{生成} C_6H_{10} \text{ 转移的电子数}}{\text{转移的电子总数}} \times 100\%$)

(3) $70 \sim 80^\circ\text{C}$, 利用 HCO_3^- 与 $HCOO^-$ 的相互转化实现 H_2 的储存与释放, 其释放 H_2 的一种机理如题 17 图-3 所示, 该过程中使用的 $Pd/Ag/TiO_2$ 复合催化剂的结构及各部分所带电荷如题 17 图-4 所示。



题 17 图-3

题 17 图-4

① 写出释氢反应的离子方程式: ▲。

② 根据元素电负性的变化规律, 步骤 II、III 可以描述为 ▲, 1 个氢氧键断裂后带正电的氢与催化剂表面带负电的 Pd 成键。

③ $70 \sim 80^\circ\text{C}$, 利用相同的催化剂, 调节压强能够实现上述释氢的逆转化, 达到储氢的目的。从能源利用、环境保护和物质转化角度分析, 该储氢与(2)中电化学储氢方法相比, 其优点有 ▲。