

卷 1 2024 年普通高等学校招生全国统一考试(全国新课标卷)

化学

本试卷满分 100 分，建议用时 50 分钟。

刷卷提示：本卷为新教材老高考理综试卷，题号遵循原卷，化学题目已全部提供。本卷题目均符合新高考考查要求。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 分，共 42 分。在每小题给出的 4 个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 文房四宝是中华传统文化的瑰宝。下列有关叙述错误的是

- A. 羊毛可用于制毛笔，主要成分为蛋白质
- B. 松木可用于制墨，墨的主要成分是单质碳
- C. 竹子可用于造纸，纸的主要成分是纤维素
- D. 大理石可用于制砚台，主要成分为硅酸盐

【答案】D

【解析】

【详解】A. 动物的毛、皮、角等的主要成分都是蛋白质，羊毛的主要成分为蛋白质，A 正确；

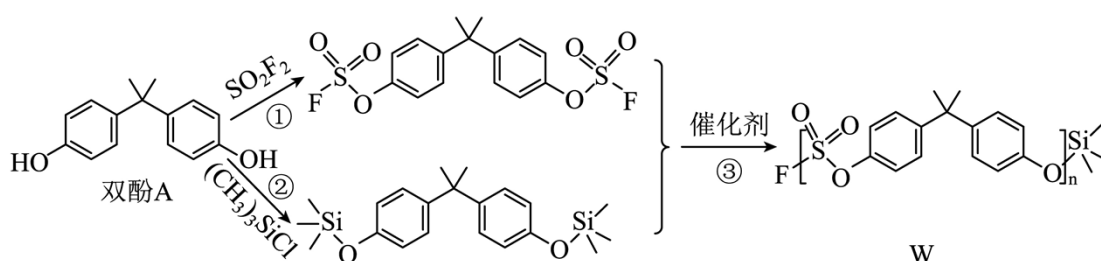
B. 墨的主要成分是炭黑，炭黑是碳元素的一种单质，碳的单质在常温下的化学性质很稳定，不易与其他物质发生化学反应，故用墨汁书写的字画历经千年仍不褪色，B 正确；

C. 竹子可用于造纸，竹子的主要成分是纤维素，用其造的纸的主要成分也是纤维素，C 正确；

D. 大理石可用于制砚台，大理石主要成分为碳酸钙，不是硅酸盐，D 错误；

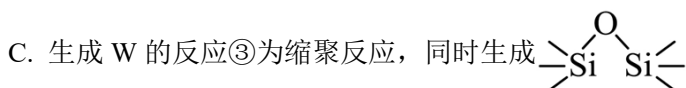
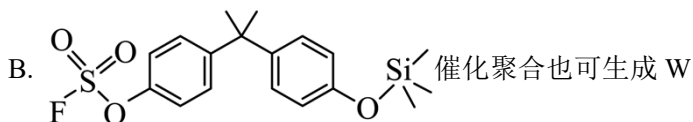
故选 D。

2. 一种点击化学方法合成聚硫酸酯(W)的路线如下所示：



下列说法正确的是

- A. 双酚 A 是苯酚的同系物，可与甲醛发生聚合反应



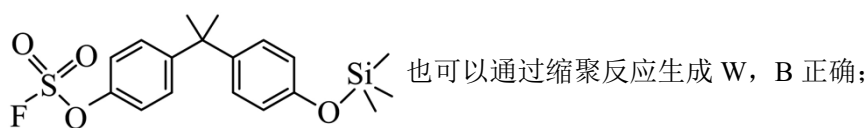
D. 在碱性条件下，W 比聚苯乙烯更难降解

【答案】B

【解析】

【详解】A. 同系物之间的官能团的种类与数目均相同，双酚 A 有 2 个羟基，故其不是苯酚的同系物，A 不正确；

B. 题干中两种有机物之间通过缩聚反应生成 W，根据题干中的反应机理可知，

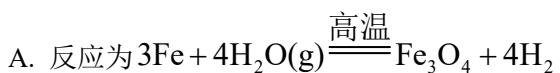
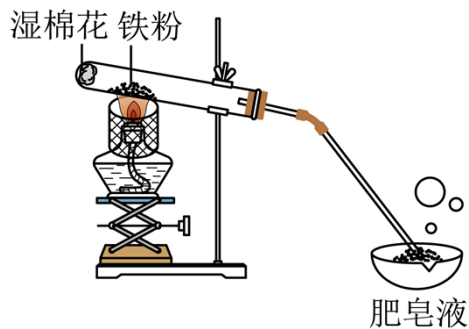


C. 生成 W 的反应③为缩聚反应，同时生成 $(\text{CH}_3)_3\text{SiF}$ ，C 不正确；

D. W 为聚硫酸酯，酯类物质在碱性条件下可以发生水解反应，因此，在碱性条件下，W 比聚苯乙烯易降解，D 不正确；

综上所述，本题选 B。

3. 实验室中利用下图装置验证铁与水蒸气反应。下列说法错误的是



B. 酒精灯移至湿棉花下方实验效果更好

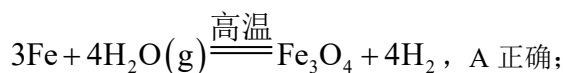
C. 用木柴点燃肥皂泡检验生成的氢气

D. 使用硬质玻璃试管盛装还原铁粉

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铁和水蒸气在高温下发生反应生成 Fe_3O_4 和 H_2 ，该反应的化学方程式为



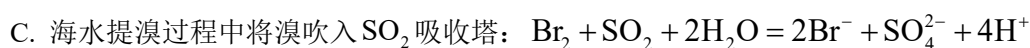
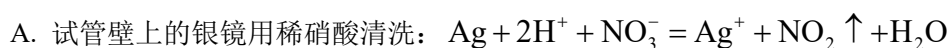
B. 酒精灯放在铁粉下方加热可以产生高温，且不影响水的蒸发，若移至湿棉花下方则难以产生高温，则实验效果不好，B 错误；

C. 用木柴点燃肥皂泡，若产生尖锐的爆鸣声，则可检验生成的气体为氢气，C 正确；

D. 由于该实验中的反应要在高温下发生，因此要使用硬质玻璃试管盛装还原铁粉，D 正确；

故选 B。

4. 对于下列过程中发生的化学反应，相应离子方程式正确的是



【答案】C

【解析】

【详解】A. 试管壁上的银镜用稀硝酸清洗，银溶于稀硝酸生成硝酸银和一氧化氮气体，该反应的离子方程式为 $3\text{Ag} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = 3\text{Ag}^+ + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，A 不正确；

B. 由于 PbS 的溶解度远远小于 FeS ，因此，工业废水中的 Pb^{2+} 用 FeS 去除，该反应的离子方程式为 $\text{Pb}^{2+} + \text{FeS} = \text{PbS} + \text{Fe}^{2+}$ ，B 不正确；

C. 海水提溴过程中将溴吹入 SO_2 吸收塔， SO_2 在水溶液中将 Br_2 还原为 Br^- ，该反应的离子方程式为 $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ ，C 正确；

D. 用草酸标准溶液测定高锰酸钾溶液的浓度， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 被氧化为 CO_2 ， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 属于弱酸，该反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ，D 不正确；

综上所述，本题选 C。

5. 我国科学家最近研究的一种无机盐 $\text{Y}_3[\text{Z}(\text{WX})_6]_2$ 纳米药物具有高效的细胞内亚铁离子捕获和抗氧化能力。W、X、Y、Z 的原子序数依次增加，且 W、X、Y 属于不同族的短周期元素。W 的外层电子数是其内层电子数的 2 倍，X 和 Y 的第一电离能都比左右相邻元素的高。Z 的 M 层未成对电子数为 4。下列叙述错误的是

- A. W、X、Y、Z 四种元素的单质中 Z 的熔点最高
- B. 在 X 的简单氢化物中 X 原子轨道杂化类型为 sp^3
- C. Y 的氢氧化物难溶于 NaCl 溶液，可以溶于 NH_4Cl 溶液
- D. $Y_3[Z(WX)_6]_2$ 中 WX^- 提供电子对与 Z^{3+} 形成配位键

【答案】A

【解析】

【分析】W、X、Y、Z 的原子序数依次增加，且 W、X、Y 属于不同族的短周期元素。W 的外层电子数是其内层电子数的 2 倍，则 W 为 C 元素；每个周期的 IIA 和 VA 的元素的电离能都比左右相邻元素的高，由于配合物 $Y_3[Z(WX)_6]_2$ 中 Y 在外界，Y 可形成简单阳离子，则 Y 属于金属元素，故 X 和 Y 分别为 N 和 Mg；Z 的 M 层未成对电子数为 4，则其 3d 轨道上有 4 个不成对电子，其价电子排布式为 $3d^6 4s^2$ ，Z 为 Fe 元素， $Y_3[Z(WX)_6]_2$ 为 $Mg_3[Fe(CN)_6]_2$ 。

【详解】A. W、X、Y、Z 四种元素的单质中，N 元素的单质形成分子晶体，Mg 和 Fe 均形成金属晶体，C 元素既可以形成金刚石又可以形成石墨，石墨的熔点最高，A 不正确；

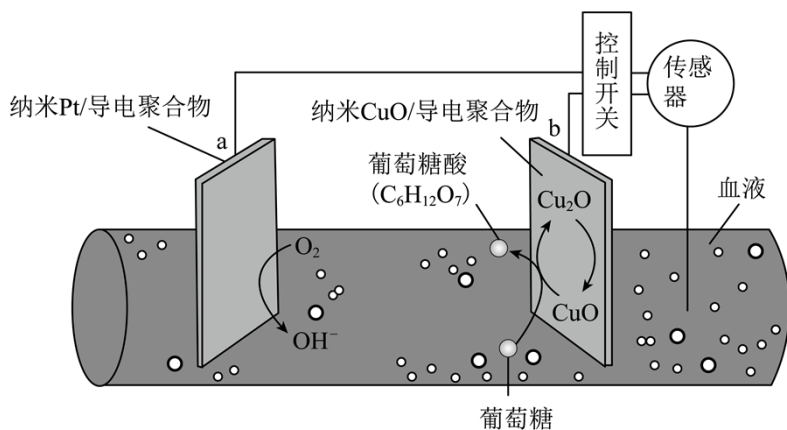
B. 在 X 的简单氢化物是 NH_3 ，其中 C 原子轨道杂化类型为 sp^3 ，B 正确；

C. Y 的氢氧化物是 $Mg(OH)_2$ ，其属于中强碱，其难溶于水，难溶于 NaCl 溶液，但是，由于 NH_4Cl 电离产生的 NH_4^+ 可以破坏 $Mg(OH)_2$ 的沉淀溶解平衡，因此 $Mg(OH)_2$ 可以溶于 NH_4Cl 溶液，C 正确；

D. $Mg_3[Fe(CN)_6]_2$ 中 CN^- 提供电子对与 Fe^{3+} 形成配位键，D 正确；

综上所述，本题选 A。

6. 一种可植入体内的微型电池工作原理如图所示，通过 CuO 催化消耗血糖发电，从而控制血糖浓度。当传感器检测到血糖浓度高于标准，电池启动。血糖浓度下降至标准，电池停止工作。(血糖浓度以葡萄糖浓度计)



电池工作时，下列叙述错误的是

- A. 电池总反应为 $2C_6H_{12}O_6 + O_2 = 2C_6H_{12}O_7$
- B. b 电极上 CuO 通过 Cu(II)和 Cu(I)相互转变起催化作用
- C. 消耗 18mg 葡萄糖，理论上 a 电极有 0.4mmol 电子流入
- D. 两电极间血液中的 Na^+ 在电场驱动下的迁移方向为 $b \rightarrow a$

【答案】C

【解析】

【分析】由题中信息可知，b 电极为负极，发生反应 $Cu_2O - 2e^- + 2OH^- = 2CuO + H_2O$ ，然后再发生 $C_6H_{12}O_6 + 2CuO = C_6H_{12}O_7 + Cu_2O$ ；a 电极为正极，发生反应 $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ ，在这个过程中发生的总反应为 $2C_6H_{12}O_6 + O_2 = 2C_6H_{12}O_7$ 。

【详解】A. 由题中信息可知，当电池开始工作时，a 电极为电池正极，血液中的 O_2 在 a 电极上得电子生成 OH^- ，电极反应式为 $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ ；b 电极为电池负极， Cu_2O 在 b 电极上失电子转化成 CuO ，电极反应式为 $Cu_2O - 2e^- + 2OH^- = 2CuO + H_2O$ ，然后葡萄糖被 CuO 氧化为葡萄糖酸， CuO 被还原为 Cu_2O ，则电池总反应为 $2C_6H_{12}O_6 + O_2 = 2C_6H_{12}O_7$ ，A 正确；

B. b 电极上 CuO 将葡萄糖被 CuO 氧化为葡萄糖酸后被还原为 Cu_2O ， Cu_2O 在 b 电极上失电子转化成 CuO ，在这个过程中 CuO 的质量和化学性质保持不变，因此， CuO 通过 Cu(II)和 Cu(I)相互转变起催化作用，B 正确；

C. 根据反应 $2C_6H_{12}O_6 + O_2 = 2C_6H_{12}O_7$ 可知，1 mol $C_6H_{12}O_6$ 参加反应时转移 2 mol 电子，

18mg $C_6H_{12}O_6$ 的物质的量为 0.1 mmol，则消耗 18 mg 葡萄糖时，理论上 a 电极有 0.2 mmol 电子流入，C

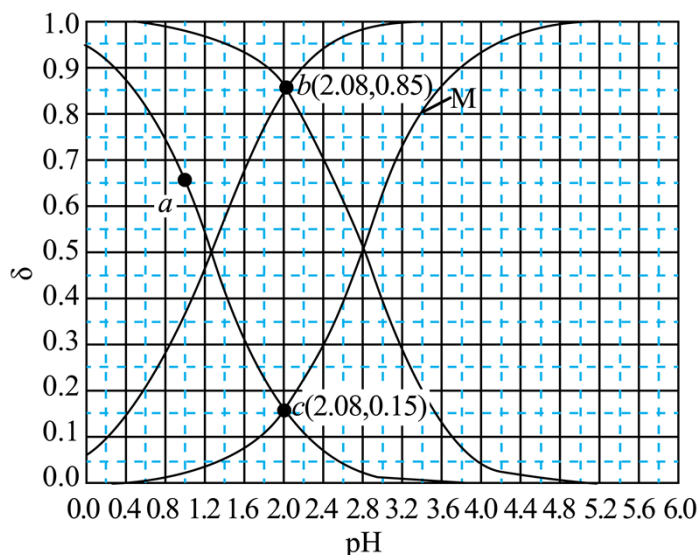
错误；

D. 原电池中阳离子从负极移向正极迁移，故 Na^+ 迁移方向为 $\text{b} \rightarrow \text{a}$ ，D 正确。

综上所述，本题选 C。

7. 常温下 CH_2ClCOOH 和 CHCl_2COOH 的两种溶液中，分布系数 δ 与 pH 的变化关系如图所示。[比

$$\text{如：} \delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-) = \frac{c(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-)}{c(\text{CH}_2\text{ClCOOH}) + c(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-)}$$



下列叙述正确的是

- A. 曲线 M 表示 $\delta(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) \sim \text{pH}$ 的变化关系
- B. 若酸的初始浓度为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 a 点对应的溶液中有 $c(\text{H}^+) = c(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$
- C. CH_2ClCOOH 的电离常数 $K_a = 10^{-1.3}$
- D. $\text{pH} = 2.08$ 时， $\frac{\text{电离度} \alpha(\text{CH}_2\text{ClCOOH})}{\text{电离度} \alpha(\text{CHCl}_2\text{COOH})} = \frac{0.15}{0.85}$

【答案】D

【解析】

【分析】随着 pH 的增大， CH_2ClCOOH 、 CHCl_2COOH 浓度减小， $\text{CH}_2\text{ClCOO}^-$ 、 $\text{CHCl}_2\text{COO}^-$ 浓度增大， $-\text{Cl}$ 为吸电子基团， CHCl_2COOH 的酸性强于 CH_2ClCOOH ，即 $K_a(\text{CHCl}_2\text{COOH}) > K_a(\text{CH}_2\text{ClCOOH})$ ， $\delta(\text{酸分子}) = \delta(\text{酸根离子}) = 0.5$ 时的 pH 分别约为 1.3、2.8，则两种酸的电离常数分别为 $K_a(\text{CHCl}_2\text{COOH}) \approx 10^{-1.3}$ ， $K_a(\text{CH}_2\text{ClCOOH}) \approx 10^{-2.8}$ ，由此分析解题。

【详解】A. 根据分析，曲线 M 表示 $\delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-) \sim \text{pH}$ 的变化关系，A 错误；

B. 根据 $K_a(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = \frac{c(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{CHCl}_2\text{COOH})}$ ，初始 $c_0(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，若溶

液中溶质只有 CHCl_2COOH ，则

$c(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) = c(\text{H}^+) \approx \sqrt{K_a(\text{CHCl}_2\text{COOH})c_0(\text{CHCl}_2\text{COOH})} = 10^{-1.15} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，但 a 点对应的

$c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，说明此时溶液中加入了酸性更强的酸，根据电荷守恒，

$c(\text{H}^+) > c(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$ ，B 错误；

C. 根据分析， CH_2ClCOOH 的电离常数 $K_a = 10^{-2.8}$ ，C 错误；

D. 电离度 $\alpha = \frac{n_{\text{电离}}}{n_{\text{始}}}$ ， $n_{\text{始}} = n_{\text{电离}} + n_{\text{未电离}}$ ，则 $\alpha(\text{CH}_2\text{ClCOOH}) = \delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-)$ ，

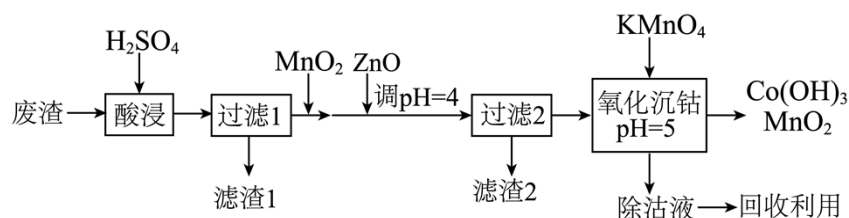
$\alpha(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = \delta(\text{CHCl}_2\text{COO}^-)$ ， $\text{pH} = 2.08$ 时， $\delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-) = 0.15$ ，

$\delta(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) = 0.85$ ，D 正确；

故答案选 D。

二、非选择题：本题共 4 小题，共 58 分。

8. 钴及其化合物在制造合金、磁性材料、催化剂及陶瓷釉等方面有着广泛应用。一种从湿法炼锌产生的废渣(主要含 Co、Zn、Pb、Fe 的单质或氧化物)中富集回收得到含锰高钴成品的工艺如下：



已知溶液中相关离子开始沉淀和沉淀完全($c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)时的 pH:

	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Co^{3+}	Co^{2+}	Zn^{2+}
开始沉淀的 pH	1.5	6.9	—	7.4	6.2
沉淀完全的 pH	2.8	8.4	1.1	9.4	8.2

回答下列问题：

(1) “酸浸”前废渣需粉碎处理，目的是_____；“滤渣 1”中金属元素主要为_____。

(2) “过滤 1”后的溶液中加入 MnO_2 的作用是_____。取少量反应后的溶液，加入化学试剂_____检验_____，若出现蓝色沉淀，需补加 MnO_2 。

(3) “氧化沉钴”中氧化还原反应的离子方程式为_____、_____。

(4) “除钴液”中主要的盐有_____ (写化学式)，残留的 Co^{3+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

【答案】(1) ①. 增大固液接触面积，加快酸浸速率，提高浸取效率 ②. Pb

(2) ①. 将溶液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，以便在后续调 pH 时除去 Fe 元素 ②. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液
③. Fe^{2+}

(3) ①. $3\text{Co}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} = 3\text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 5\text{H}^+$ ②.

$3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 5\text{MnO}_2 \downarrow + 4\text{H}^+$

(4) ①. ZnSO_4 、 K_2SO_4 ②. $10^{-16.7}$

【解析】

【分析】由题中信息可知，用硫酸处理含有 Co、Zn、Pb、Fe 的单质或氧化物的废渣，得到含有 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子的溶液，Pb 的单质或氧化物与硫酸反应生成难溶的 PbSO_4 ，则“滤渣 1”为“酸浸”时生成的 PbSO_4 ；向滤液中加入 MnO_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，然后加入 ZnO 调节 pH=4 使 Fe^{3+} 完全转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，则“滤渣 II”的主要成分为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，滤液中的金属离子主要是 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Mn^{2+} ；最后“氧化沉钴”，加入强氧化剂 KMnO_4 ，将溶液中 Co^{2+} 氧化为 Co^{3+} ，在 pH=5 时 Co^{3+} 形成 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 沉淀，而 KMnO_4 则被还原为 MnO_2 ， KMnO_4 还会与溶液中的 Mn^{2+} 发生归中反应生成 MnO_2 ，得到 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 和 MnO_2 的混合物，“除钴液”主要含有 ZnSO_4 、 K_2SO_4 ，据此解答。

【小问 1 详解】

在原料预处理过程中，粉碎固体原料能增大固体与液体的接触面积，从而加快酸浸的反应速率，提高浸取效率；由分析可知，“滤渣 1”的主要成分为 PbSO_4 ，则“滤渣 1”中金属元素主要为 Pb；

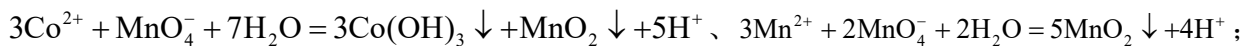
【小问 2 详解】

酸浸液中含有 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子。由题表中数据可知，当 Fe^{3+} 完全沉淀时，

Co^{2+} 未开始沉淀，而当 Fe^{2+} 完全沉淀时， Co^{2+} 已有一部分沉淀，因此为了除去溶液中的 Fe 元素且 Co^{2+} 不沉淀，应先将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，然后调节溶液的 pH 使 Fe^{3+} 完全水解转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀，因此， MnO_2 的作用是将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，以便在后续调 pH 时除去 Fe 元素。常用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液检验 Fe^{2+} ，若生成蓝色沉淀，则说明溶液中仍存在 Fe^{2+} ，需补加 MnO_2 ；

【小问 3 详解】

由分析可知，该过程发生两个氧化还原反应，根据分析中两个反应的反应物、产物与反应环境(pH = 5)，结合得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒可写出两个离子方程式：



【小问 4 详解】

最终得到的“除钴液”中含有的金属离子主要是最初“酸浸”时与加入 ZnO 调 pH 时引入的 Zn^{2+} 、加入 KMnO_4 “氧化沉钴”时引入的 K^+ ，而阴离子是在酸浸时引入的 SO_4^{2-} ，因此其中主要的盐有 ZnSO_4 和 K_2SO_4 。当溶液 pH = 1.1 时 $c(\text{H}^+) = 10^{-1.1} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， Co^{3+} 恰好完全沉淀，此时溶液中

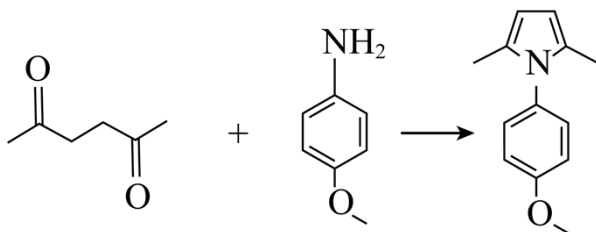
$$c(\text{Co}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 则 } c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-12.9} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 则}$$

$K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_3] = 1.0 \times 10^{-5} \times (10^{-12.9})^3 = 10^{-43.7}$ 。“除钴液”的 pH = 5，即 $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则

$$c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-9} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 此时溶液中}$$

$$c(\text{Co}^{3+}) = \frac{K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-43.7}}{(10^{-9})^3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-16.7} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

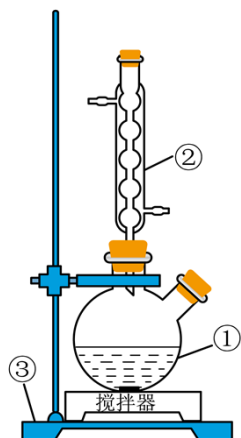
9. 吡咯类化合物在导电聚合物、化学传感器及药物制剂上有着广泛应用。一种合成 1-(4-甲氧基苯基)-2,5-二甲基吡咯(用吡咯 X 表示)的反应和方法如下：



己-2, 5-二酮 4-甲氧基苯胺 吡咯 X

实验装置如图所示，将 100 mmol 己-2, 5-二酮(熔点：-5.5℃，密度：0.737g·cm⁻³)与 100 mmol 4-甲氧基

苯胺(熔点: 57°C)放入①中, 搅拌。



待反应完成后, 加入 50%的乙醇溶液, 析出浅棕色固体。加热至 65°C, 至固体溶解, 加入脱色剂, 回流 20 min, 趁热过滤。滤液静置至室温, 冰水浴冷却, 有大量白色固体析出。经过滤、洗涤、干燥得到产品。

回答下列问题:

- (1) 量取己-2, 5-二酮应使用的仪器为_____ (填名称)。
- (2) 仪器①用铁夹固定在③上, ③的名称是_____ ; 仪器②的名称是_____。
- (3) “搅拌”的作用是_____。
- (4) “加热”方式为_____。
- (5) 使用的“脱色剂”是_____。
- (6) “趁热过滤”的目的是_____ ; 用_____ 洗涤白色固体。
- (7) 若需进一步提纯产品, 可采用的方法是_____。

【答案】(1) 酸式滴定管

- (2) ①. 铁架台 ②. 球形冷凝管
- (3) 使固液充分接触, 加快反应速率
- (4) 水浴加热 (5) 活性炭
- (6) ①. 防止产品结晶损失, 提高产率 ②. 50%的乙醇溶液
- (7) 重结晶

【解析】

【分析】将 100 mmol 己-2, 5-二酮(熔点: -5.5°C, 密度: $0.737\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)与 100 mmol 4-甲氧基苯胺(熔点: 57°C)放入两颈烧瓶中, 利用球形冷凝管进行冷凝回流提高原料利用率, 通过搅拌来提高反应速率, 反应完成后, 加入 50%的乙醇溶液, 析出浅棕色固体(即含杂质的产品), 加热至 65°C, 至固体溶解, 加入脱色剂(脱色剂为不溶于水和乙醇等溶剂的固体, 如: 活性炭), 回流 20min, 趁热过滤, 使产品尽可能多地

进入滤液，滤液静置至室温，冰水浴冷却，有大量白色固体析出，经过滤、洗涤、干燥得到产品。

【小问 1 详解】

己-2, 5-二酮的摩尔质量为 $114\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，根据题中所给数据可知，所需己-2, 5-二酮的体积为

$$\frac{100\times 10^{-3}\text{mol}\times 114\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}{0.737\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}}\approx 15.47\text{cm}^3=15.47\text{mL}$$
，又因为酮类对橡胶有腐蚀性，所以选用酸式滴定

管。

【小问 2 详解】

③为铁架台；仪器②用于冷凝回流，为球形冷凝管。

【小问 3 详解】

己-2, 5-二酮的熔点为 -5.5°C ，常温下为液体，4-甲氧基苯胺的熔点为 57°C ，常温下为固体，搅拌可使固液反应物充分接触，加快反应速率。

【小问 4 详解】

由题给信息“加热至 65°C ”可知，应用水浴加热，这样便于控制温度，且受热更均匀。

【小问 5 详解】

“脱色剂”的作用是吸附反应过程中产生的有色物质，结合题中信息，加入脱色剂后回流，趁热过滤，保留滤液，即脱色剂为不溶于水和乙醇等溶剂的固体，所以可以选用活性炭作脱色剂。

【小问 6 详解】

由题给信息可知，产品吡咯 X 为白色固体，加热至 65°C 可溶解在 50% 的乙醇溶液中，所以需趁热过滤，使产品尽可能多地进入滤液，防止产品结晶损失，提高产率；由加入 50% 的乙醇溶液，析出浅棕色固体（即含杂质的产品）可知，常温下产品不溶于 50% 的乙醇溶液，所以为减少溶解损失，洗涤时可用 50% 的乙醇溶液。

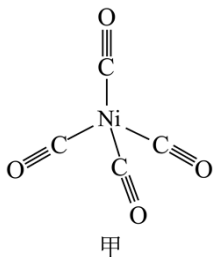
【小问 7 详解】

由产品的分离提纯过程可知，若需进一步提纯，可采用的方法为重结晶。

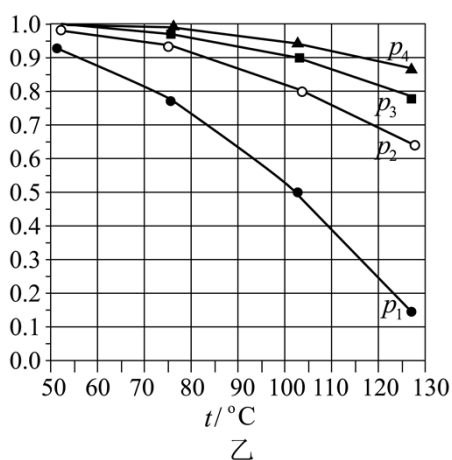
10. $\text{Ni}(\text{CO})_4$ （四羰合镍，沸点 43°C ）可用于制备高纯镍，也是有机化合物羰基化反应的催化剂。回答下列问题：

（1）Ni 基态原子价电子的轨道表示式为_____。镍的晶胞结构类型与铜的相同，晶胞体积为 a^3 ，镍原子半径为_____。

（2） $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 结构如图甲所示，其中含有 σ 键的数目为_____， $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 晶体的类型为_____。



(3) 在总压分别为 0.10、0.50、1.0、2.0MPa 下, Ni(s)和 CO(g)反应达平衡时, Ni(CO)₄ 体积分数 x 与温度的关系如图乙所示。反应 Ni(s)+4CO(g)=Ni(CO)₄(g) 的 ΔH _____ 0(填“大于”或“小于”)。从热力学角度考虑, _____ 有利于 Ni(CO)₄ 的生成(写出两点)。 p₃、100°C 时 CO 的平衡转化率 α= _____, 该温度下平衡常数 K_p= _____ (MPa)⁻³。



(4) 对于同位素交换反应 Ni(C¹⁶O)₄ + C¹⁸O → Ni(C¹⁶O)₃C¹⁸O + C¹⁶O, 20°C 时反应物浓度随时间的变化关系为 c_t[Ni(C¹⁶O)₄] = c₀[Ni(C¹⁶O)₄]e^{-kt} (k 为反应速率常数), 则 Ni(C¹⁶O)₄ 反应一半所需时间 t_{1/2} = _____ (用 k 表示)。

【答案】(1) ①.

3d					4s
↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓

 ②. $\frac{\sqrt{2}}{4}a$

(2) ①. 8 ②. 分子晶体

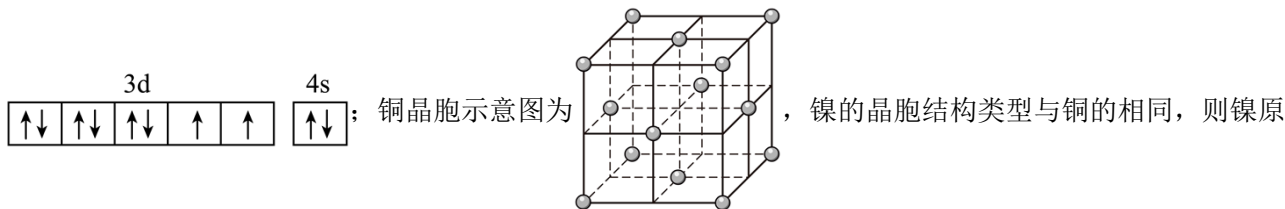
(3) ①. 小于 ②. 降低温度、增大压强 ③. 97.3% ④. 9000

(4) $\frac{\ln 2}{k}$

【解析】

【小问 1 详解】

Ni 为 28 号元素, 其基态原子的核外电子排布式为 [Ar]3d⁸4s², 则其价电子轨道表示式为



子半径为晶胞面对角线长度的 $\frac{1}{4}$, 因为晶胞体积为 a^3 , 所以晶胞棱长为 a , 面对角线长度为 $\sqrt{2}a$, 则镍

原子半径为 $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ 。

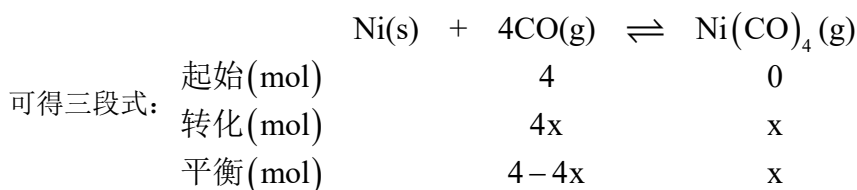
【小问 2 详解】

单键均为 σ 键, 双键含有 1 个 σ 键和 1 个 π 键, 三键含有 1 个 σ 键 2 个 π 键, 由 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的结构可知, 4 个配体 CO 与中心原子 Ni 形成的 4 个配位键均为 σ 键, 而每个配体 CO 中含有 1 个 σ 键 2 个 π 键, 因此 1 个 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 分子中含有 8 个 σ 键。 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的沸点很低, 结合其结构可知该物质由分子构成, 因此其晶体类型为分子晶体。

【小问 3 详解】

随着温度升高, 平衡时 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的体积分数减小, 说明温度升高平衡逆移, 因此该反应的 $\Delta H < 0$; 该反应的正反应是气体总分子数减小的放热反应, 因此降低温度和增大压强均有利于 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的生成; 由上述分析知, 温度相同时, 增大压强平衡正向移动, 对应的平衡体系中 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的体积分数增大, 则压

强: $p_4 > p_3 > p_2 > p_1$, 即 p_3 对应的压强是 1.0MPa。由题图乙可知, p_3 、100°C 条件下达到平衡时, CO 和 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的物质的量分数分别为 0.1、0.9, 设初始投入的 CO 为 4mol, 反应生成的 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 为 x mol,



, 反应后总物质的量为: $(4-3x)$ mol, 根据阿伏加德罗定律, 其他条件相同时, 气体的体积分数即为其物质的量分数, 因此有 $\frac{x}{4-3x} = 0.9$, 解得 $x = \frac{36}{37}$, 因此达到平衡时 $n_{\text{转化}}(\text{CO}) = 4 \times \frac{36}{37}$ mol, CO 的平衡

转化率 $\alpha = \frac{4 \times \frac{36}{37} \text{ mol}}{4 \text{ mol}} \times 100\% \approx 97.3\%$; 气体的分压=总压强×该气体的物质的量分数, 则该温度下的压

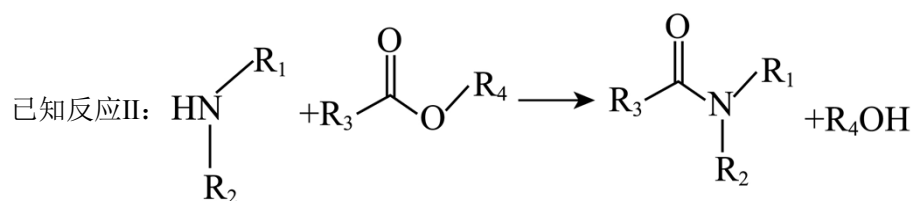
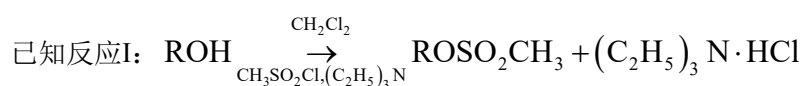
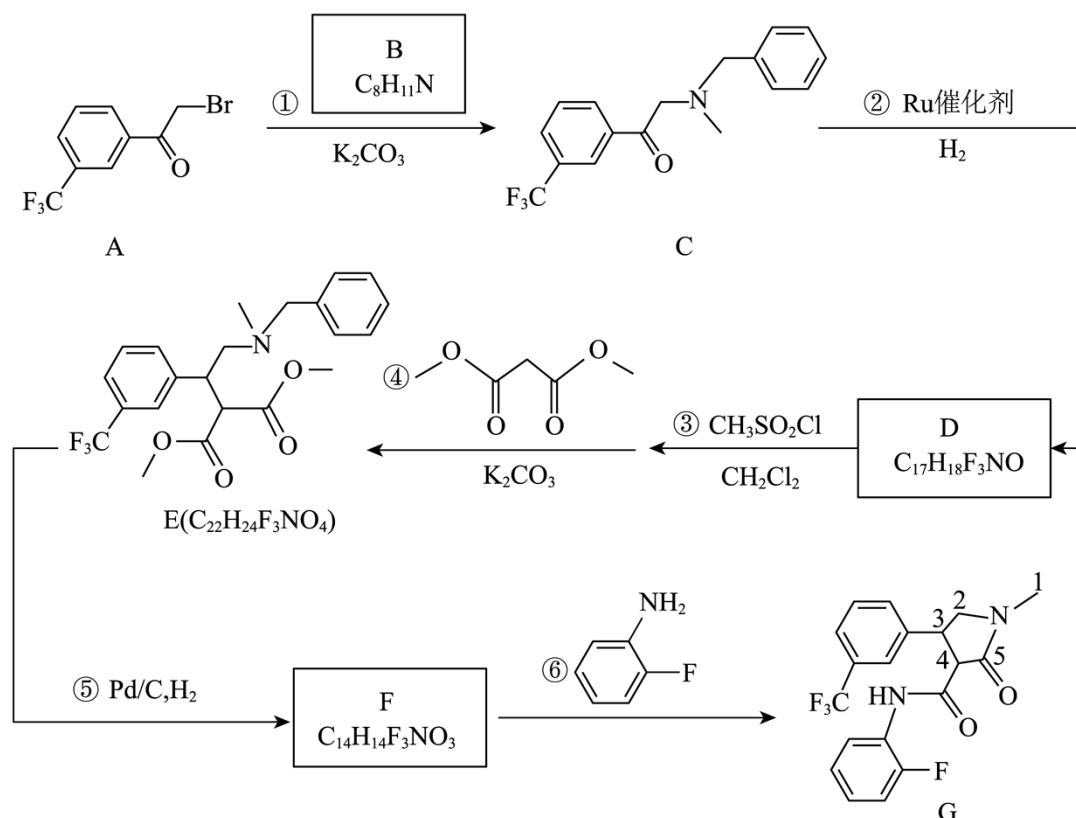
$$\text{强平衡常数 } K_p = \frac{p[\text{Ni}(\text{CO})_4]}{p^4(\text{CO})} = \frac{0.9 \times p_3}{(0.1 \times p_3)^4} = \frac{0.9 \times 1.0 \text{ MPa}}{(0.1 \times 1.0 \text{ MPa})^4} = 9000 (\text{MPa})^{-3}。$$

【小问 4 详解】

由题给关系式可得 $e^{-kt} = \frac{c_t [\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}{c_0 [\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}$, 当 $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4$ 反应一半时 $\frac{c_t [\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}{c_0 [\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]} = \frac{1}{2}$, 即

$$e^{-kt_{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{2}, \quad -kt_{\frac{1}{2}} = \ln \frac{1}{2}, \quad kt_{\frac{1}{2}} = \ln 2, \quad \text{则 } t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k}。$$

11. 四氟咯草胺(化合物 G)是一种新型除草剂, 可有效控制稻田杂草。G 的一条合成路线如下(略去部分试剂和条件, 忽略立体化学)。



R_1 为烃基或 H, R 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为烷基

回答下列问题:

(1) 反应①的反应类型为_____; 加入 K_2CO_3 的作用是_____。

(2) D 分子中采用 sp^3 杂化的碳原子数是_____。

(3) 对照已知反应I, 反应③不使用 $(C_2H_5)_3N$ 也能进行, 原因是_____。

(4) E 中含氧官能团名称是_____。

(5) F 的结构简式是_____；反应⑤分两步进行, 第一步产物的分子式为 $C_{15}H_{18}F_3NO_4$, 其结构简式是_____。

(6) G 中手性碳原子是_____(写出序号)。

(7) 化合物 H 是 B 的同分异构体, 具有苯环结构, 核磁共振氢谱中显示为四组峰, 且可以发生已知反应 II. 则 H 的可能结构是_____。

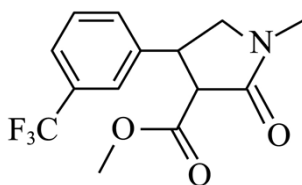
【答案】(1) ①. 取代反应 ②. 与生成的 HBr 反应, 促进反应正向进行

(2) 5 (3) D 分子中同时存在—OH 和 $\begin{array}{c} | \\ -N- \end{array}$

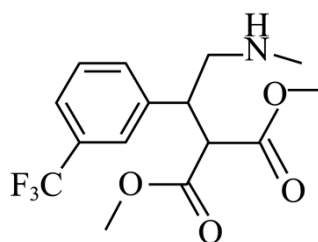
(4) 酯基

(5)

①.

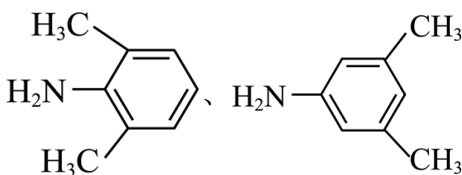


②.



(6) 3 和 4

(7)

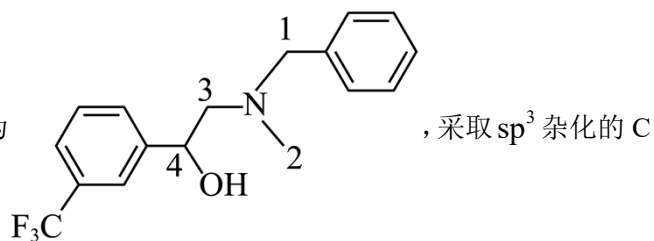


【解析】

【分析】结合 A、C 的结构简式和 B 的分子式可知, B 的结构简式为 $\begin{array}{c} | \\ -NH- \end{array}$, A 中—Br 与 B 中 $\begin{array}{c} | \\ -NH- \end{array}$

发生取代反应, 生成 C 和小分子 HBr, 加入的 K_2CO_3 与生成的 HBr 发生反应, 促进反应正向进行; 由反应③的反应条件可知, 反应③发生已知反应 I, 则 D 中应含有—OH, 再结合 C 的结构简式、D 的分子式可知,

C→D 发生的是羰基的加氢还原反应, D 的结构简式为



, 采取 sp^3 杂化的 C

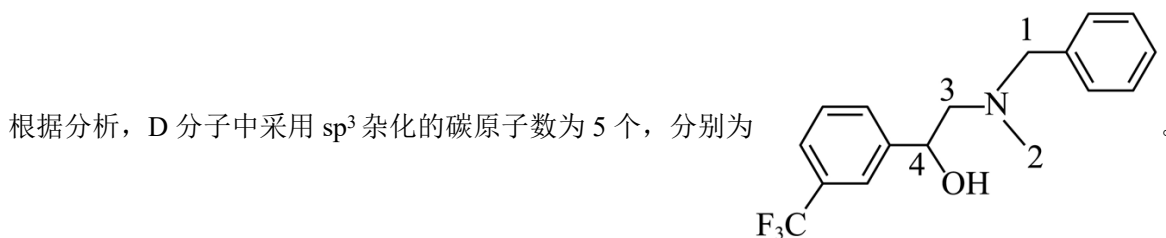
原子为图中数字标注的 C 原子, 有 5 个; D 的分子中存在—OH 和 $\begin{array}{c} | \\ -N- \end{array}$, 依次发生反应③(类似已知反应 I)、反应④(取代反应)生成 E, E 中含氧官能团为酯基; 根据 E、G 的结构简式和反应⑤、反应⑥的反应试



【小问 1 详解】

根据分析，反应①的反应类型为取代反应，反应中加入 K_2CO_3 的作用为与生成的 HBr 反应，促进反应正向进行。

【小问 2 详解】



【小问 3 详解】

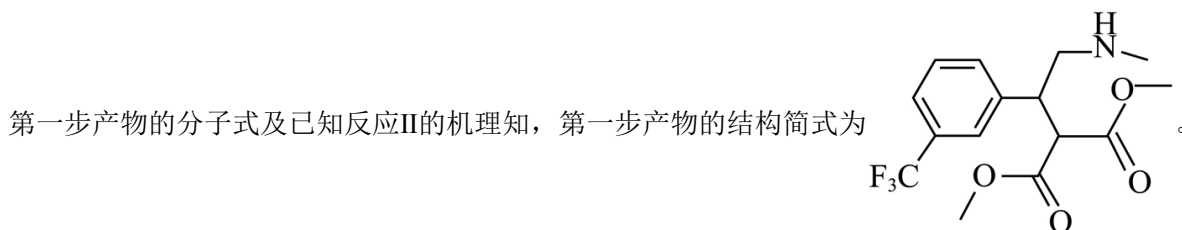
已知反应I为 $-OH$ 与 CH_3SO_2Cl 发生取代反应，生成的小分子 HCl 与 $\begin{array}{c} | \\ -N- \end{array}$ 结合生成铵盐。由 D 的结构简式可知，D 分子中同时存在 $-OH$ 和 $\begin{array}{c} | \\ -N- \end{array}$ ，故反应③不使用 $(C_2H_5)_3N$ 也能进行。

【小问 4 详解】

由 E 的结构简式可知，E 中含氧官能团的名称为酯基。

【小问 5 详解】

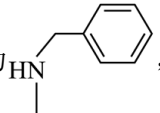
已知反应⑤分两步进行，结合 F 的结构简式知， $E \rightarrow F$ 过程中，第二步为第一步产物发生已知反应II，结合



【小问 6 详解】

手性碳原子指连有四个不同的原子或原子团的饱和碳原子，由 G 的结构简式知，其中手性碳原子为 3 和 4 号碳原子。

【小问 7 详解】

由思路分析可知，B 的结构简式为 ，其同分异构体 H 能发生已知反应II，说明其具有 $\begin{array}{c} | \\ -NH \end{array}$ 或 $-NH_2$ 结构；具有苯环结构，核磁共振氢谱中显示有 4 组峰，说明结构对称，则其可能的结构简式有

