

# 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

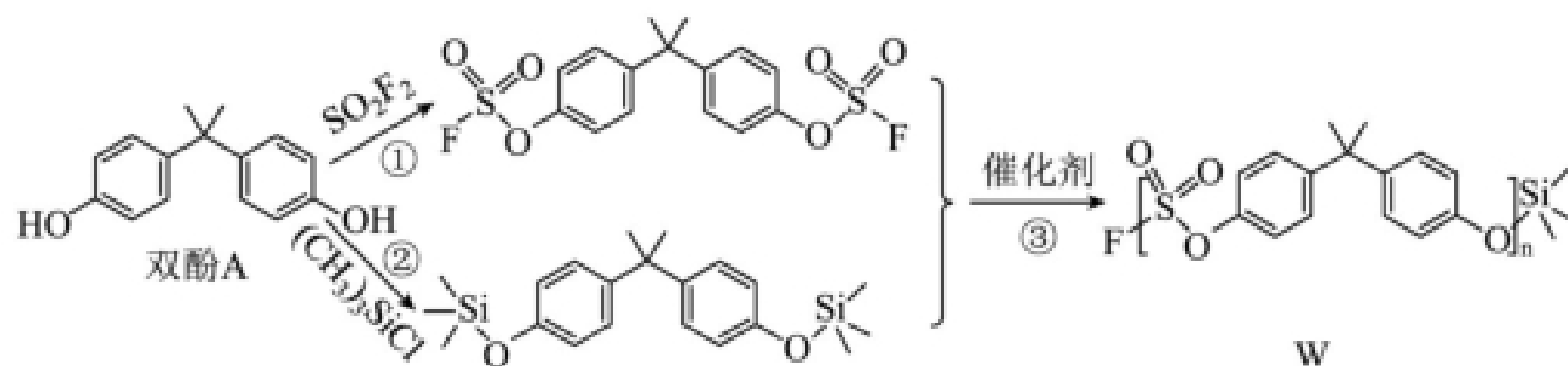
本试卷满分 100 分，建议用时 50 分钟。

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。

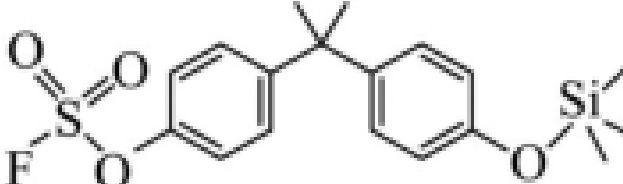
1. 文房四宝是中华优秀传统文化的瑰宝。下列有关叙述错误的是

- 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

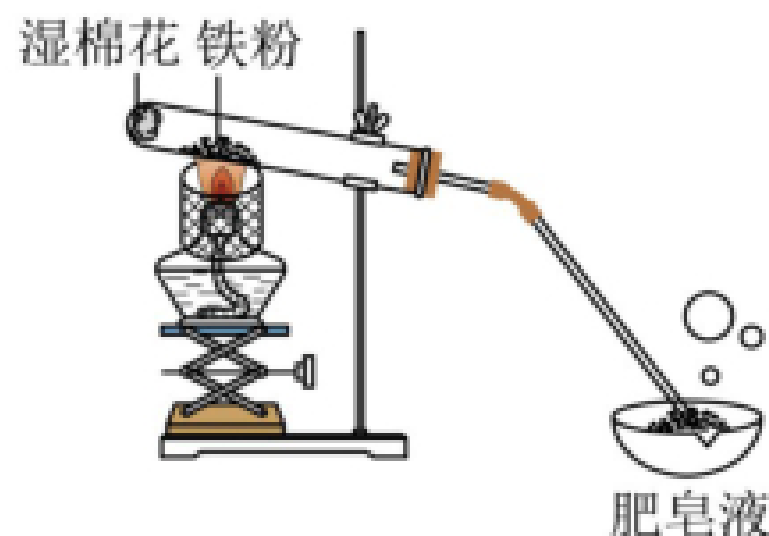
2. 一种点击化学方法合成聚硫酸酯(W)的路线如下所示：



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
- B.  催化聚合也可生成 W
- C. 生成 W 的反应③为缩聚反应，同时生成  $\text{—Si—O—Si—}$
- D. 碱性条件下，W 比聚苯乙烯更难降解

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



- A. 反应为  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$
- 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

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

A. 试管壁上的银镜用稀硝酸清洗： $\text{Ag} + 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = \text{Ag}^+ + \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

B. 工业废水中的  $\text{Pb}^{2+}$  用  $\text{FeS}$  去除： $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS} \downarrow$

C. 海水提溴过程中将溴吹入  $\text{SO}_2$  吸收塔： $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$

D. 用草酸标准溶液测定高锰酸钾溶液的浓度： $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

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

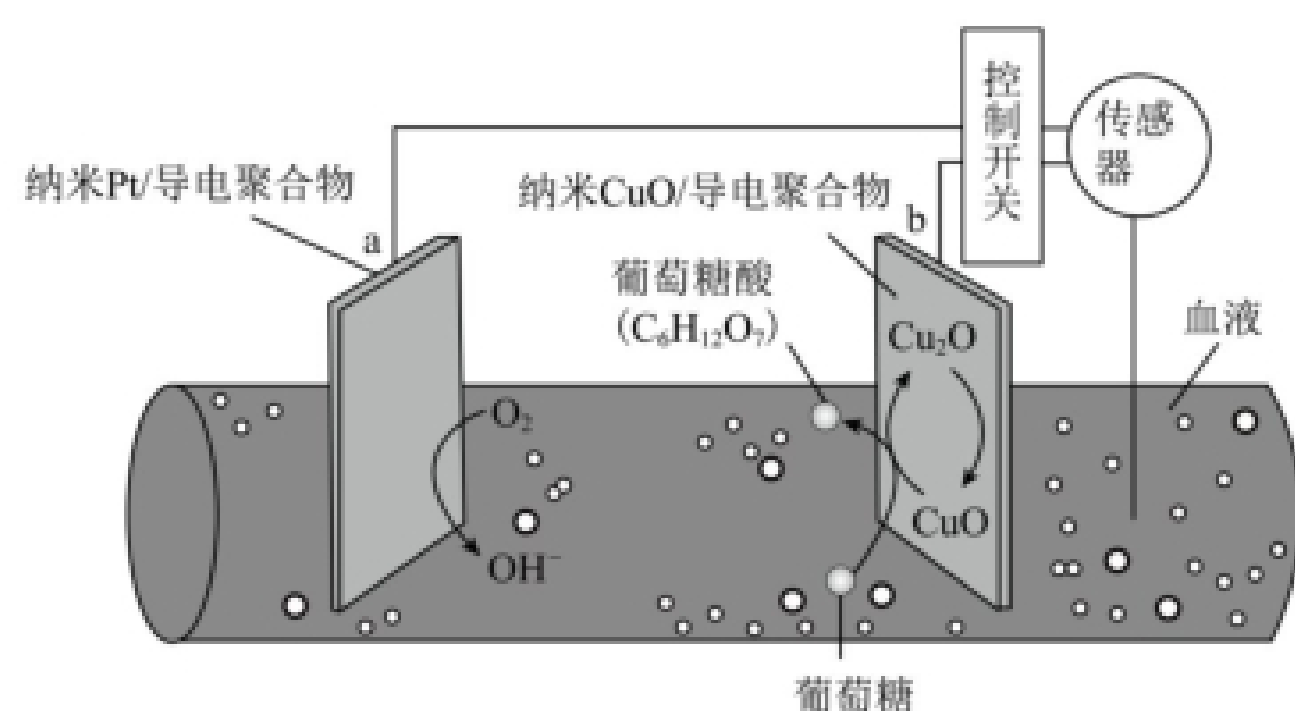
A. W、X、Y、Z 四种元素的单质中 Z 的熔点最高

B. 在 X 的简单氢化物中 X 原子轨道杂化类型为  $\text{sp}^3$

C. Y 的氢氧化物难溶于  $\text{NaCl}$  溶液，可以溶于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液

D.  $\text{Y}_3[\text{Z}(\text{WX})_6]_2$  中  $\text{WX}^-$  提供电子对与  $\text{Z}^{3+}$  形成配位键

6. 一种可植入体内的微型电池工作原理如图所示，通过  $\text{CuO}$  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  $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$

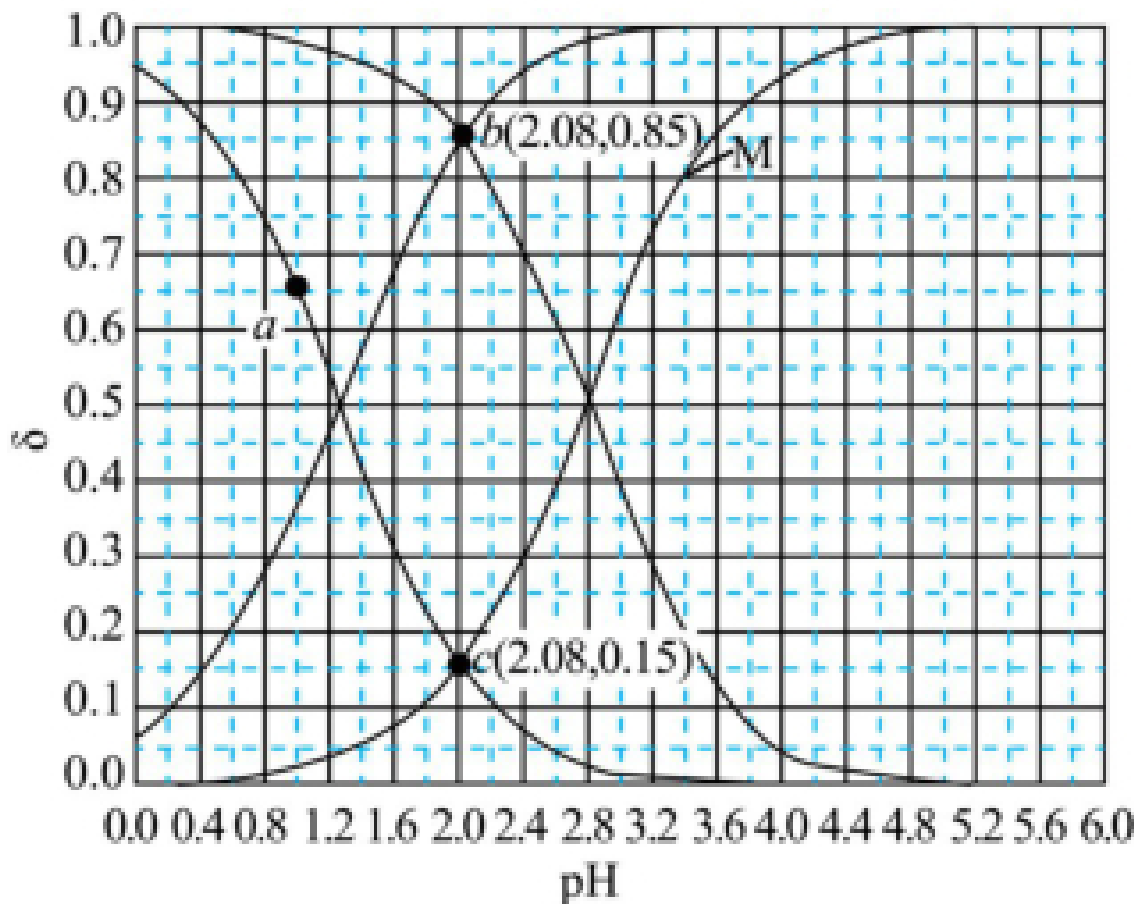
B. b 电极上  $\text{CuO}$  通过  $\text{Cu}(\text{II})$  和  $\text{Cu}(\text{I})$  相互转变起催化作用

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  $\text{Na}^+$  在电场驱动下的迁移方向为  $\text{b} \rightarrow \text{a}$

7. 常温下  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  和  $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  的两种溶液中，分布系数  $\delta$  与 pH 的变化关系如图所示。[比如：

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

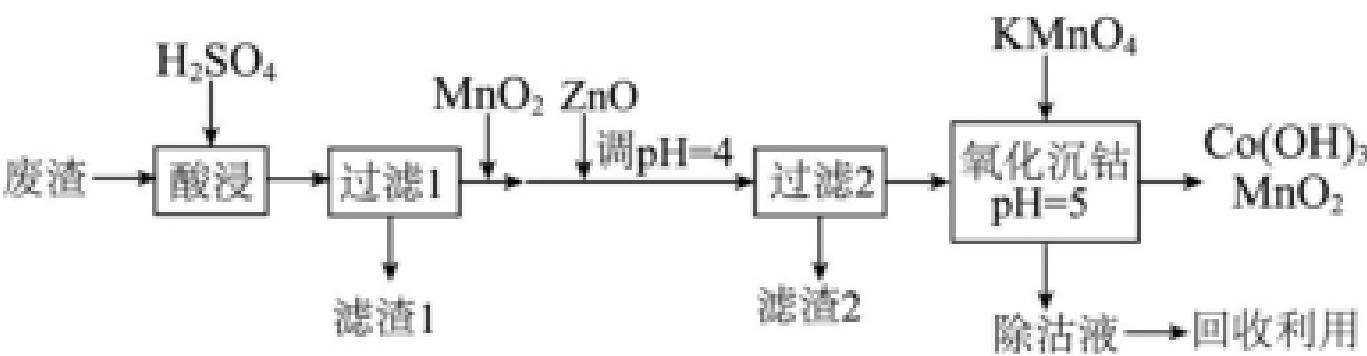


下列叙述正确的是

- 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.  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  的电离常数  $K_\text{a} = 10^{-1.3}$
- D.  $\text{pH} = 2.08$  时， $\frac{\text{电离度}\alpha(\text{CH}_2\text{ClCOOH})}{\text{电离度}\alpha(\text{CHCl}_2\text{COOH})} = \frac{0.15}{0.85}$

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:

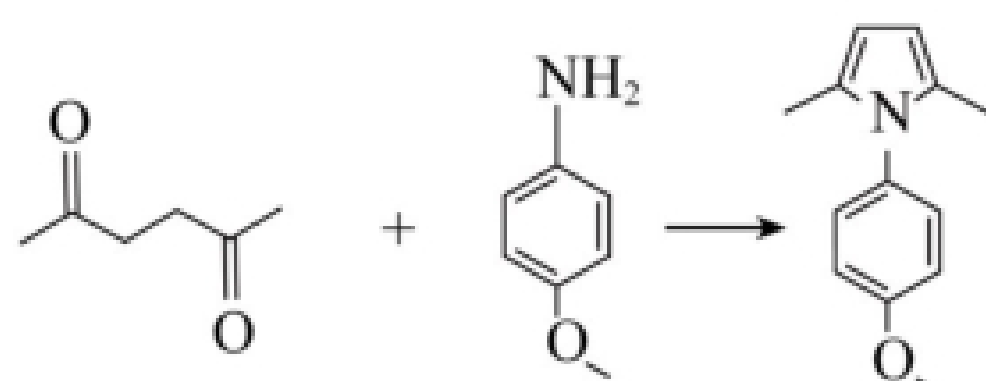
	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Co}^{3+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
开始沉淀的 pH	1.5	6.9	—	7.4	6.2
沉淀完全的	2.8	8.4	1.1	9.4	8.2

pH					
----	--	--	--	--	--

回答下列问题：

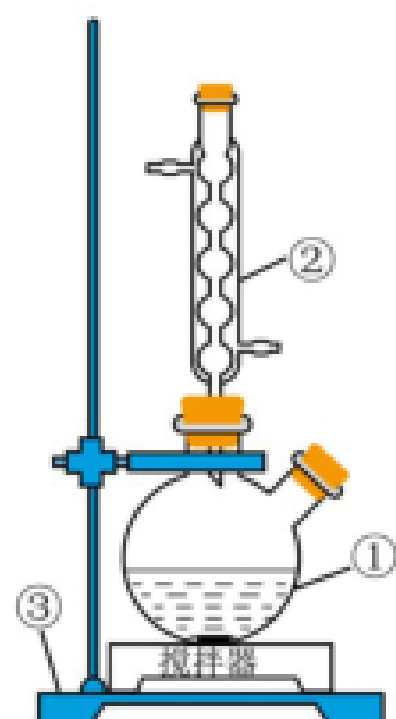
- (1) “酸浸”前废渣需粉碎处理，目的是\_\_\_\_\_；“滤渣 1”中金属元素主要为\_\_\_\_\_。
- (2) “过滤 1”后的溶液中加入  $\text{MnO}_2$  的作用是\_\_\_\_\_。取少量反应后的溶液，加入化学试剂\_\_\_\_\_检验\_\_\_\_\_，若出现蓝色沉淀，需补加  $\text{MnO}_2$ 。
- (3) “氧化沉钴”中氧化还原反应的离子方程式为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (4) “除钴液”中主要的盐有\_\_\_\_\_ (写化学式)，残留的  $\text{Co}^{3+}$  浓度为\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

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： $-5.5^\circ\text{C}$ ，密度： $0.737\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )与 100 mmol 4-甲氧基苯胺(熔点： $57^\circ\text{C}$ )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  $65^\circ\text{C}$ ，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。

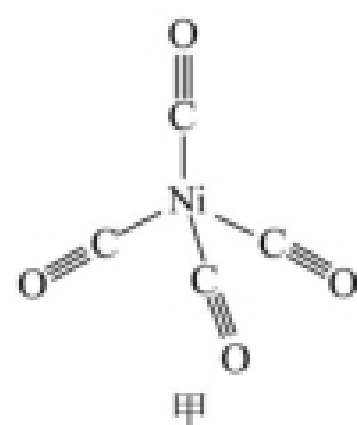
回答下列问题：

- (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\_\_\_\_\_。

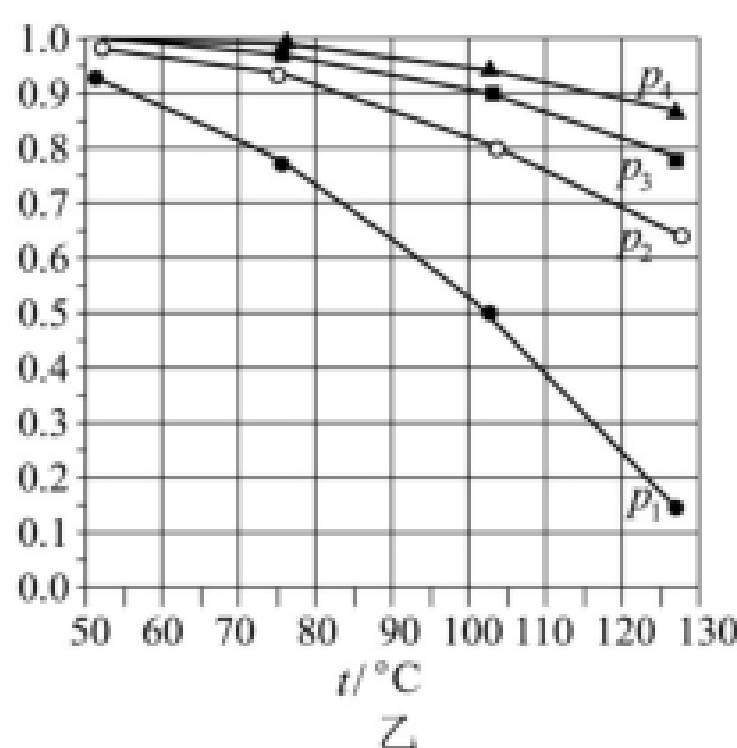
- (5) 使用的“脱色剂”是\_\_\_\_\_。
- (6) “趁热过滤”的目的是\_\_\_\_\_；用\_\_\_\_\_洗涤白色固体。
- (7) 若需进一步提纯产品，可采用的方法是\_\_\_\_\_。

10.  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  (四羰合镍, 沸点  $43^\circ\text{C}$ ) 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 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  $\sigma$  键的数目为\_\_\_\_\_,  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  晶体的类型为\_\_\_\_\_。

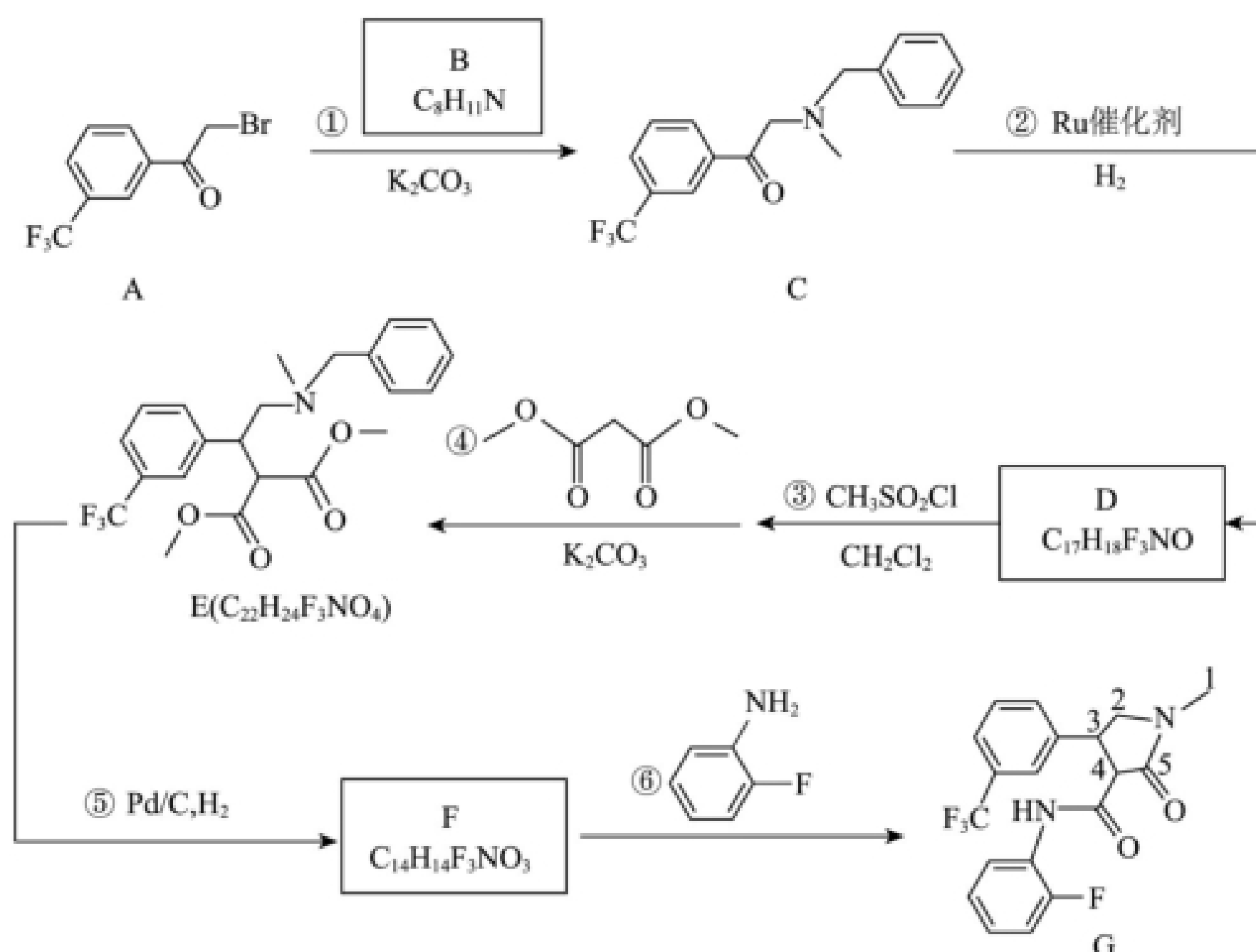


- (3) 在总压分别为 0.10、0.50、1.0、2.0MPa 下,  $\text{Ni}(\text{s})$  和  $\text{CO}(\text{g})$  反应达平衡时,  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  体积分数  $x$  与温度的关系如图乙所示。反应  $\text{Ni}(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) = \text{Ni}(\text{CO})_4(\text{g})$  的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0 (填“大于”或“小于”)。从热力学角度考虑, \_\_\_\_\_ 有利于  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  的生成 (写出两点)。  $p_3$ 、 $100^\circ\text{C}$  时 CO 的平衡转化率  $\alpha =$  \_\_\_\_\_, 该温度下平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_  $(\text{MPa})^{-3}$ 。

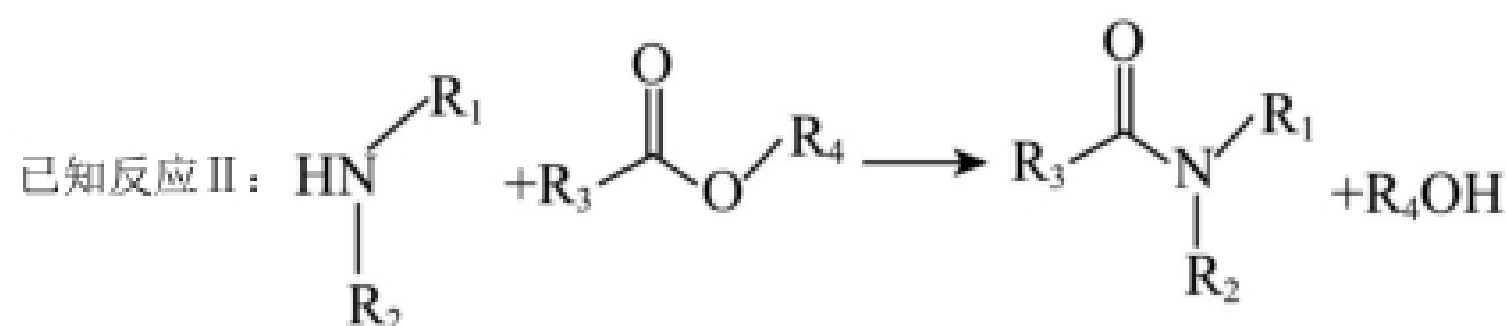


- (4) 对于同位素交换反应  $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4 + \text{C}^{18}\text{O} \rightarrow \text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_3\text{C}^{18}\text{O} + \text{C}^{16}\text{O}$ ,  $20^\circ\text{C}$  时反应物浓度随时间 变化关系为  $c_t[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4] = c_0[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]e^{-kt}$  ( $k$  为反应速率常数), 则  $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4$  反应一半所需时间  $t_{\frac{1}{2}} =$  \_\_\_\_\_ (用  $k$  表示)。

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)。



已知反应 I:  $\text{ROH} \xrightarrow[\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}, (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}]{\text{CH}_2\text{Cl}_2} \text{ROSO}_2\text{CH}_3 + (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{HCl}$



R<sub>1</sub> 为烃基或 H, R、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub> 为烃基

回答下列问题:

- 反应①的反应类型为\_\_\_\_\_；加入 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 的作用是\_\_\_\_\_。
- D 分子中采用 sp<sup>3</sup> 杂化的碳原子数是\_\_\_\_\_。
- 对照已知反应 I，反应③不使用 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N 也能进行，原因是\_\_\_\_\_。
- E 中含氧官能团名称是\_\_\_\_\_。
- 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<sub>15</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>NO<sub>4</sub>，其结构简式是\_\_\_\_\_。
- G 中手性碳原子是\_\_\_\_\_ (写出序号)。
- 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\_\_\_\_\_。

# 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

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. 文房四宝是中华优秀传统文化的瑰宝。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

【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；

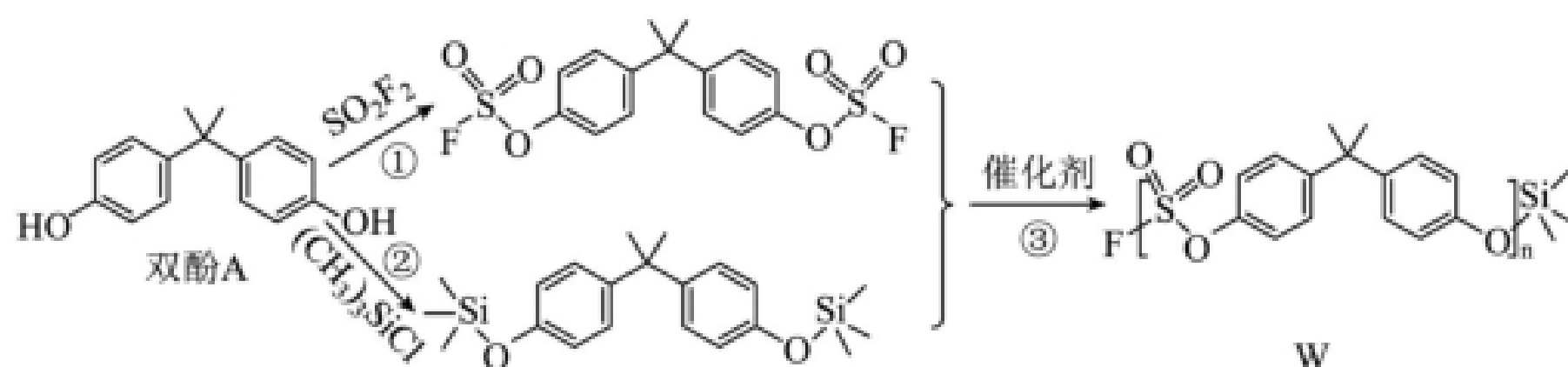
B. 墨 主要成分是炭黑，炭黑是碳元素的一种单质，碳的单质在常温下的化学性质很稳定，不易与其他物质发生化学反应，故用墨汁书写的字画历经千年仍不褪色，B 正确；

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

B. 催化聚合也可生成 W

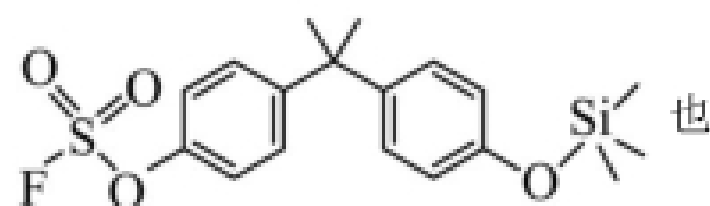
C. 生成 W 的反应③为缩聚反应，同时生成

D. 在碱性条件下，W 比聚苯乙烯更难降解

【答案】B

【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，



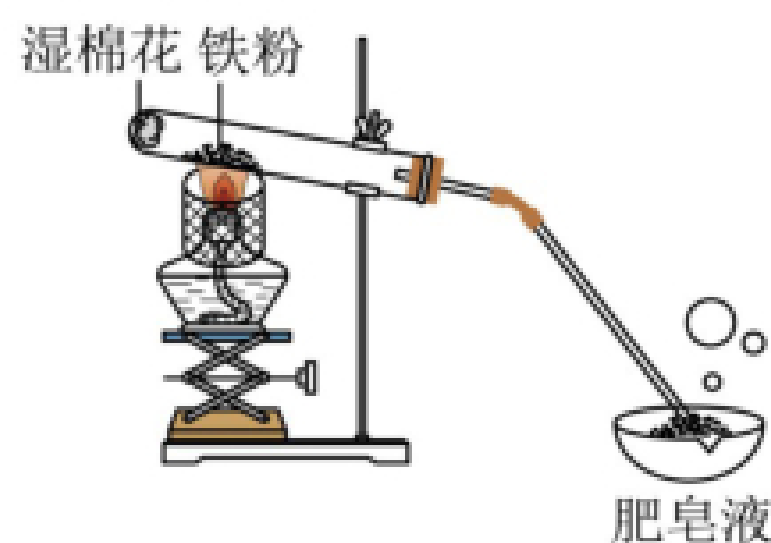
可以通过缩聚反应生成 W，B 正确；

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



A. 反应为  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$

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

【详解】A. 铁和水蒸气在高温下发生反应生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{H}_2$ ，该反应的化学方程式为

$3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ，A 正确；

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

A. 试管壁上的银镜用稀硝酸清洗： $\text{Ag} + 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = \text{Ag}^+ + \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

B. 工业废水中的  $\text{Pb}^{2+}$  用  $\text{FeS}$  去除： $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS} \downarrow$

C. 海水提溴过程中将溴吹入  $\text{SO}_2$  吸收塔： $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$



D. 用草酸标准溶液测定高锰酸钾溶液的浓度:  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

【答案】C

【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  $\text{PbS}$  的溶解度远远小于  $\text{FeS}$ , 因此, 工业废水中的  $\text{Pb}^{2+}$  用  $\text{FeS}$  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  $\text{SO}_2$  吸收塔,  $\text{SO}_2$  在水溶液中将  $\text{Br}_2$  还原为  $\text{Br}^-$ , 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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  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  $\text{sp}^3$

C. Y 的氢氧化物难溶于  $\text{NaCl}$  溶液, 可以溶于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液

D.  $\text{Y}_3[\text{Z}(\text{WX})_6]_2$  中  $\text{WX}^-$  提供电子对与  $\text{Z}^{3+}$  形成配位键

【答案】A

【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 II A 和 V A 的元素的第一电离能都比左右相邻元素的高, 由于配合物

$\text{Y}_3[\text{Z}(\text{WX})_6]_2$  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  $3\text{d}^6 4\text{s}^2$ , Z 为 Fe 元素,  $\text{Y}_3[\text{Z}(\text{WX})_6]_2$  为

$\text{Mg}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ 。

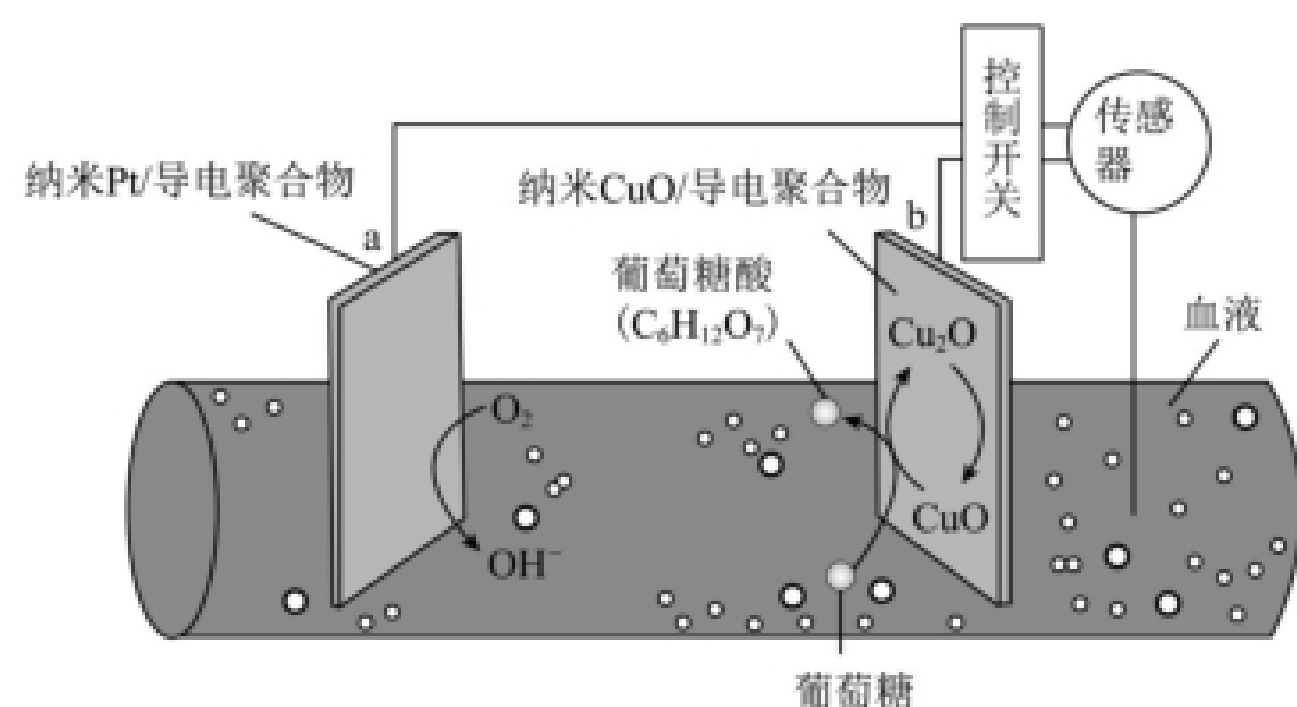
【详解】A. W、X、Y、Z 四种元素的单质中, N 元素的单质形成分子晶体, Mg 和 Fe 均形成金属晶体, C 元素既可以形成金刚石又可以形成石墨, 石墨的熔点最高, A 不正确;

B. 在 X 的简单氢化物是  $\text{NH}_3$ , 其中 C 原子轨道杂化类型为  $\text{sp}^3$ , B 正确;

- C. Y 的氢氧化物是  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，其属于中强碱，其难溶于水，难溶于  $\text{NaCl}$  溶液，但是，由于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  电离产生的  $\text{NH}_4^+$  可以破坏  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的沉淀溶解平衡，因此  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  可以溶于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液，C 正确；
- D.  $\text{Mg}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$  中  $\text{CN}^-$  提供电子对与  $\text{Fe}^{3+}$  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  $\text{CuO}$  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  $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$
- B. b 电极上  $\text{CuO}$  通过  $\text{Cu}(\text{II})$  和  $\text{Cu}(\text{I})$  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  $\text{Na}^+$  在电场驱动下的迁移方向为  $\text{b} \rightarrow \text{a}$

【答案】C

【分析】由题中信息可知，b 电极为负极，发生反应  $\text{Cu}_2\text{O} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ ，然后再发生  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{CuO} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + \text{Cu}_2\text{O}$ ；a 电极为正极，发生反应  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ，在这个过程中发生的总反应为  $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ 。

【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  $\text{O}_2$  在 a 电极上得电子生成  $\text{OH}^-$ ，电极反应式为  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ；b 电极为电池负极， $\text{Cu}_2\text{O}$  在 b 电极上失电子转化成  $\text{CuO}$ ，电极反应式为  $\text{Cu}_2\text{O} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ ，然后葡萄糖被  $\text{CuO}$  氧化为葡萄糖酸， $\text{CuO}$  被还原为  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，则电池总反应为  $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ ，A 正确；

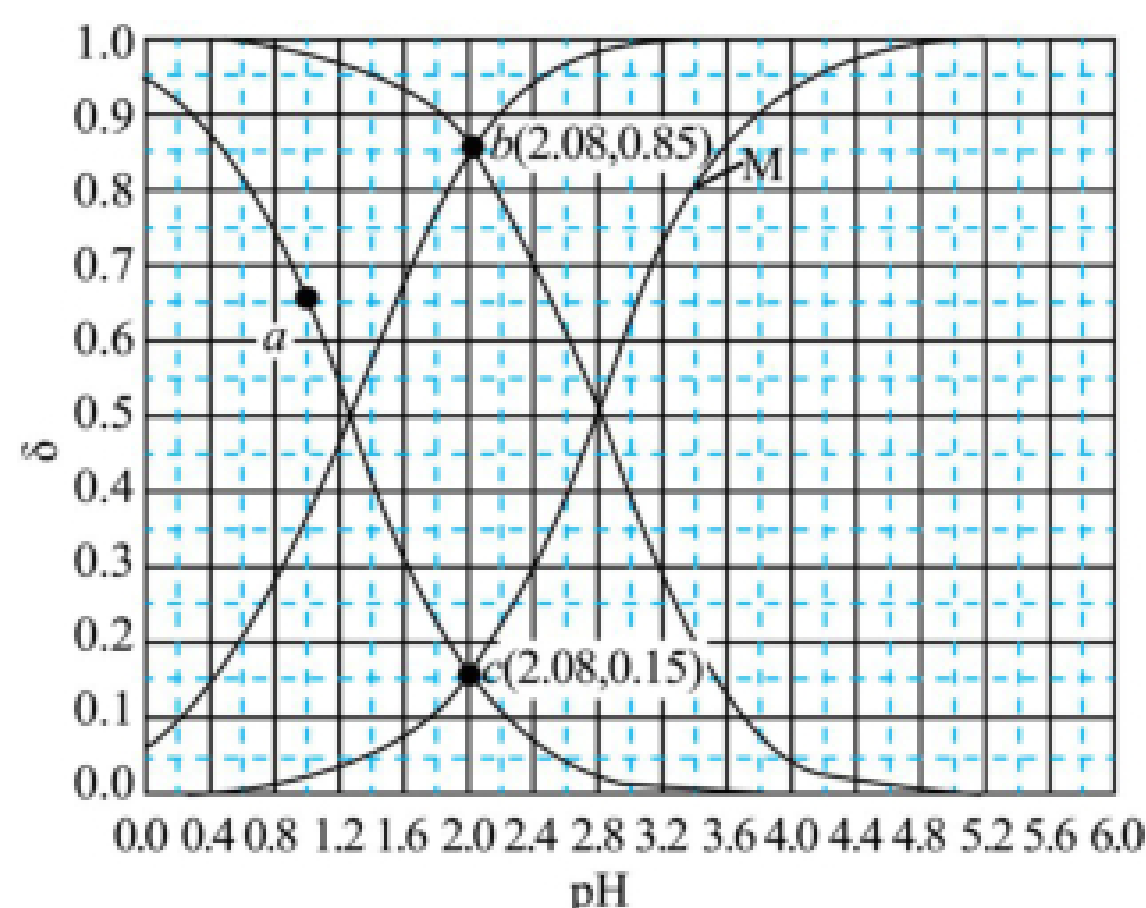
B. b 电极上  $\text{CuO}$  将葡萄糖被  $\text{CuO}$  氧化为葡萄糖酸后被还原为  $\text{Cu}_2\text{O}$ ， $\text{Cu}_2\text{O}$  在 b 电极上失电子转化成  $\text{CuO}$ ，在这个过程中  $\text{CuO}$  的质量和化学性质保持不变，因此， $\text{CuO}$  通过  $\text{Cu}(\text{II})$  和  $\text{Cu}(\text{I})$  相互转变起催化作用，B 正确；

- C. 根据反应  $2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$  可知,  $1\text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  参加反应时转移  $2\text{ mol}$  电子,  $18\text{mg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  的物质的量为  $0.1\text{ mmol}$ , 则消耗  $18\text{ mg}$  葡萄糖时, 理论上 a 电极有  $0.2\text{ mmol}$  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  $\text{Na}^+$  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  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  和  $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  的两种溶液中, 分布系数  $\delta$  与 pH 的变化关系如图所示。[比如:

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



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.  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  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

【分析】随着 pH 的增大,  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ 、 $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  浓度减小,  $\text{CH}_2\text{ClCOO}^-$ 、 $\text{CHCl}_2\text{COO}^-$  浓度增大, —Cl 为吸电子基团,  $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  的酸性强于  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ , 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  $\text{CHCl}_2\text{COOH}$ ，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， $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  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  $\alpha(\text{CH}_2\text{ClCOOH}) = \delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-)$ ，

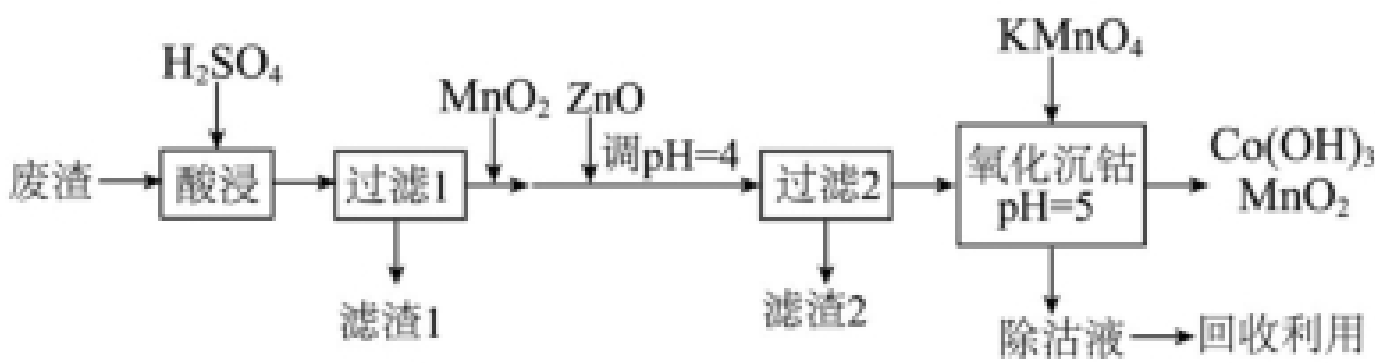
$\alpha(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = \delta(\text{CHCl}_2\text{COO}^-)$ ，pH = 2.08 时， $\delta(\text{CH}_2\text{ClCOO}^-) = 0.15$ ， $\delta(\text{CHCl}_2\text{COO}^-) = 0.85$ ，D

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:

	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Co}^{3+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
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  $\text{MnO}_2$  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  $\text{MnO}_2$ 。

(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  $\text{Co}^{3+}$  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  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，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.

$\text{Fe}^{2+}$

( 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.  $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$  ②.  $10^{-16.7}$

【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  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等离子的溶液，Pb 的单质或氧化物与硫酸反应生成难溶的  $\text{PbSO}_4$ ，则“滤渣 1”为“酸浸”时生成的  $\text{PbSO}_4$ ；向滤液中加入  $\text{MnO}_2$  将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，然后加入 ZnO 调节 pH=4 使  $\text{Fe}^{3+}$  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  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Mn}^{2+}$ ；最后“氧化沉钴”，加入强氧化剂  $\text{KMnO}_4$ ，将溶液中  $\text{Co}^{2+}$  氧化为  $\text{Co}^{3+}$ ，在 pH=5 时  $\text{Co}^{3+}$  形成  $\text{Co}(\text{OH})_3$  沉淀，而  $\text{KMnO}_4$  则被还原为  $\text{MnO}_2$ ， $\text{KMnO}_4$  还会与溶液中的  $\text{Mn}^{2+}$  发生归中反应生成  $\text{MnO}_2$ ，得到  $\text{Co}(\text{OH})_3$  和  $\text{MnO}_2$  的混合物，“除钴液”主要含有  $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ，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  $\text{PbSO}_4$ ，则“滤渣 1”中金属元素主要为 Pb；

【小问 2 详解】

酸浸液中含有  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等离子。由题表中数据可知，当  $\text{Fe}^{3+}$  完全沉淀时， $\text{Co}^{2+}$  未开始沉淀，而当  $\text{Fe}^{2+}$  完全沉淀时， $\text{Co}^{2+}$  已有一部分沉淀，因此为了除去溶液中的 Fe 元素且  $\text{Co}^{2+}$  不沉淀，应先将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，然后调节溶液的 pH 使  $\text{Fe}^{3+}$  完全水解转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀，因此， $\text{MnO}_2$  的作用是将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，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  $\text{Fe}^{2+}$ ，若生成蓝色沉淀，则说明溶液中仍存在  $\text{Fe}^{2+}$ ，需补加  $\text{MnO}_2$ ；

【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  $\text{Zn}^{2+}$ 、加入  $\text{KMnO}_4$  “氧

化沉钴”时引入的  $\text{K}^+$ ，而阴离子是在酸浸时引入的  $\text{SO}_4^{2-}$ ，因此其中主要的盐有  $\text{ZnSO}_4$  和  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。当溶液

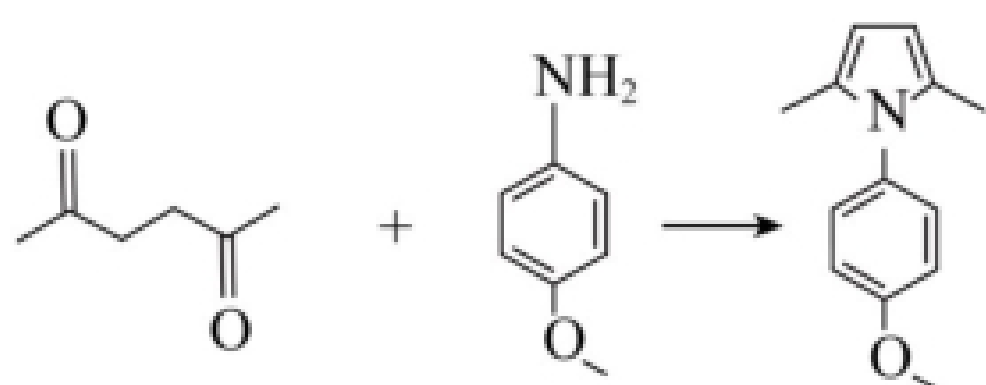
$\text{pH} = 1.1$  时  $c(\text{H}^+) = 10^{-1.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\text{Co}^{3+}$  恰好完全沉淀，此时溶液中  $c(\text{Co}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则

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

即  $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则  $c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，此时溶液中

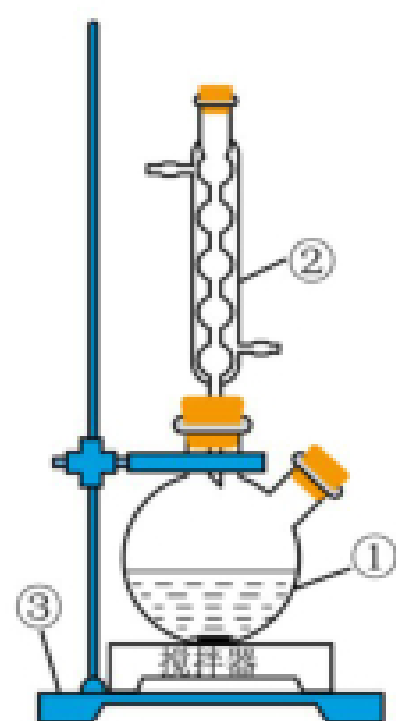
$$c(\text{Co}^{3+}) = \frac{K_{sp}[\text{Co}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-43.7}}{(10^{-9})^3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-16.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

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) 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： $-5.5^\circ\text{C}$ ，密度： $0.737 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )与 100 mmol 4-甲氧基苯胺(熔点： $57^\circ\text{C}$ )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  $65^\circ\text{C}$ ，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

**【分析】**将 100 mmol 己-2, 5-二酮(熔点:  $-5.5^{\circ}\text{C}$ , 密度:  $0.737\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )与 100 mmol 4-甲氧基苯胺(熔点:  $57^{\circ}\text{C}$ )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  $65^{\circ}\text{C}$ , 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

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

**【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  $-5.5^{\circ}\text{C}$ , 常温下为液体, 4-甲氧基苯胺的熔点为  $57^{\circ}\text{C}$ , 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  $65^{\circ}\text{C}$ ”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  $65^{\circ}\text{C}$  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。

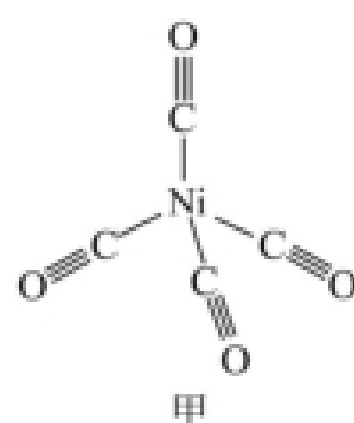
【小问 7 详解】

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。

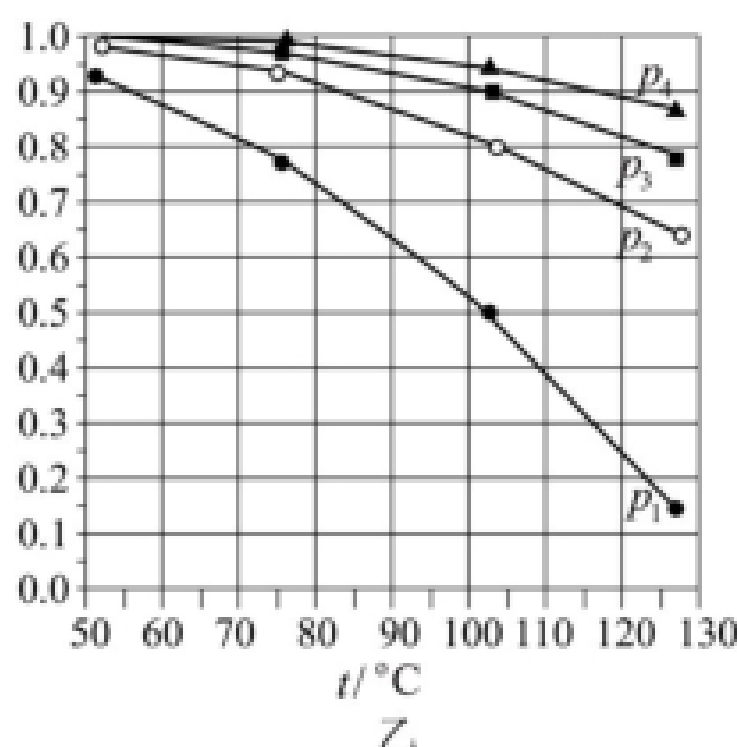
10.  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  (四羰合镍，沸点  $43^{\circ}\text{C}$ ) 可用于制备高纯镍，也是有机化合物羰基化反应的催化剂。回答下列问题：

(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  $\sigma$  键 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， $\text{Ni}(\text{s})$  和  $\text{CO}(\text{g})$  反应达平衡时， $\text{Ni}(\text{CO})_4$  体积分数  $x$  与温度的关系如图乙所示。反应  $\text{Ni}(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) = \text{Ni}(\text{CO})_4(\text{g})$  的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0 (填“大于”或“小于”)。从热力学角度考虑，\_\_\_\_\_ 有利于  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  的生成(写出两点)。  $p_3$ 、 $100^{\circ}\text{C}$  时 CO 的平衡转化率  $\alpha =$  \_\_\_\_\_，该温度下平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_  $(\text{MPa})^{-3}$ 。



(4) 对于同位素交换反应  $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4 + \text{C}^{18}\text{O} \rightarrow \text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_3\text{C}^{18}\text{O} + \text{C}^{16}\text{O}$ ， $20^{\circ}\text{C}$  时反应物浓度随时间的变化关系为  $c_t[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4] = c_0[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]e^{-kt}$  (k 为反应速率常数)，则  $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4$  反应一半所需时间  $t_{\frac{1}{2}} =$  \_\_\_\_\_ (用 k 表示)。



【答案】(1) ①. 

3d					4s
↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑↓

 ②.  $\frac{\sqrt{2}}{4}a$

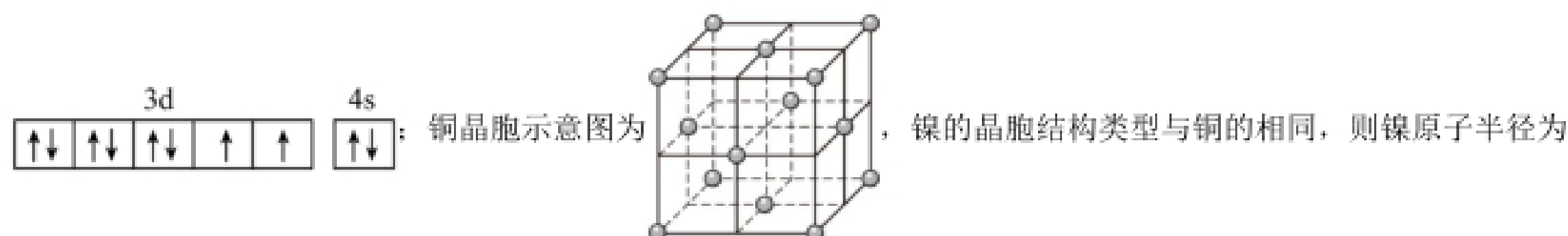
(2) ①. 8 ②. 分子晶体

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

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

【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  $[\text{Ar}]3d^8 4s^2$ ，则其价电子轨道表示式为



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

$$\frac{\sqrt{2}}{4}a。$$

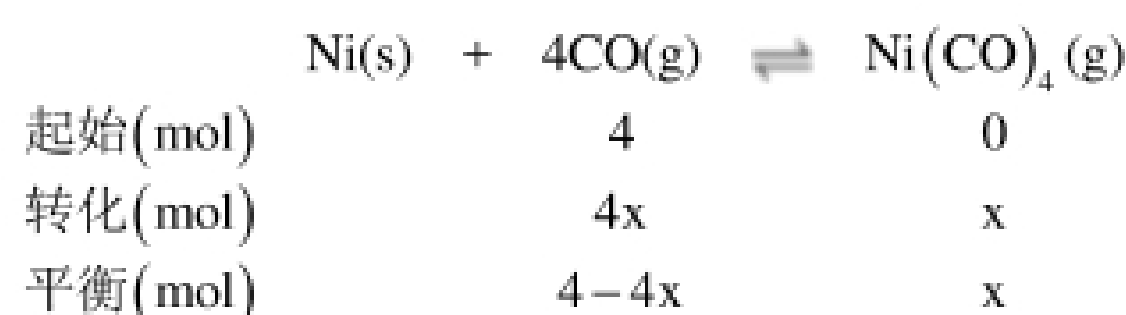
【小问 2 详解】

单键均为  $\sigma$  键，双键含有 1 个  $\sigma$  键和 1 个  $\pi$  键，三键含有 1 个  $\sigma$  键 2 个  $\pi$  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  $\sigma$  键，而每个配体 CO 中含有 1 个  $\sigma$  键 2 个  $\pi$  键，因此 1 个  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  分子中含有 8 个  $\sigma$  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， $p_3$ 、 $100^\circ\text{C}$  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 xmol，可得三段式：



，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  $n_{\text{转化}}(\text{CO}) = 4 \times \frac{36}{37} \text{ mol}$ , 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  $\times$  该气体的物质的量分数, 则该温度下的压强平衡常数

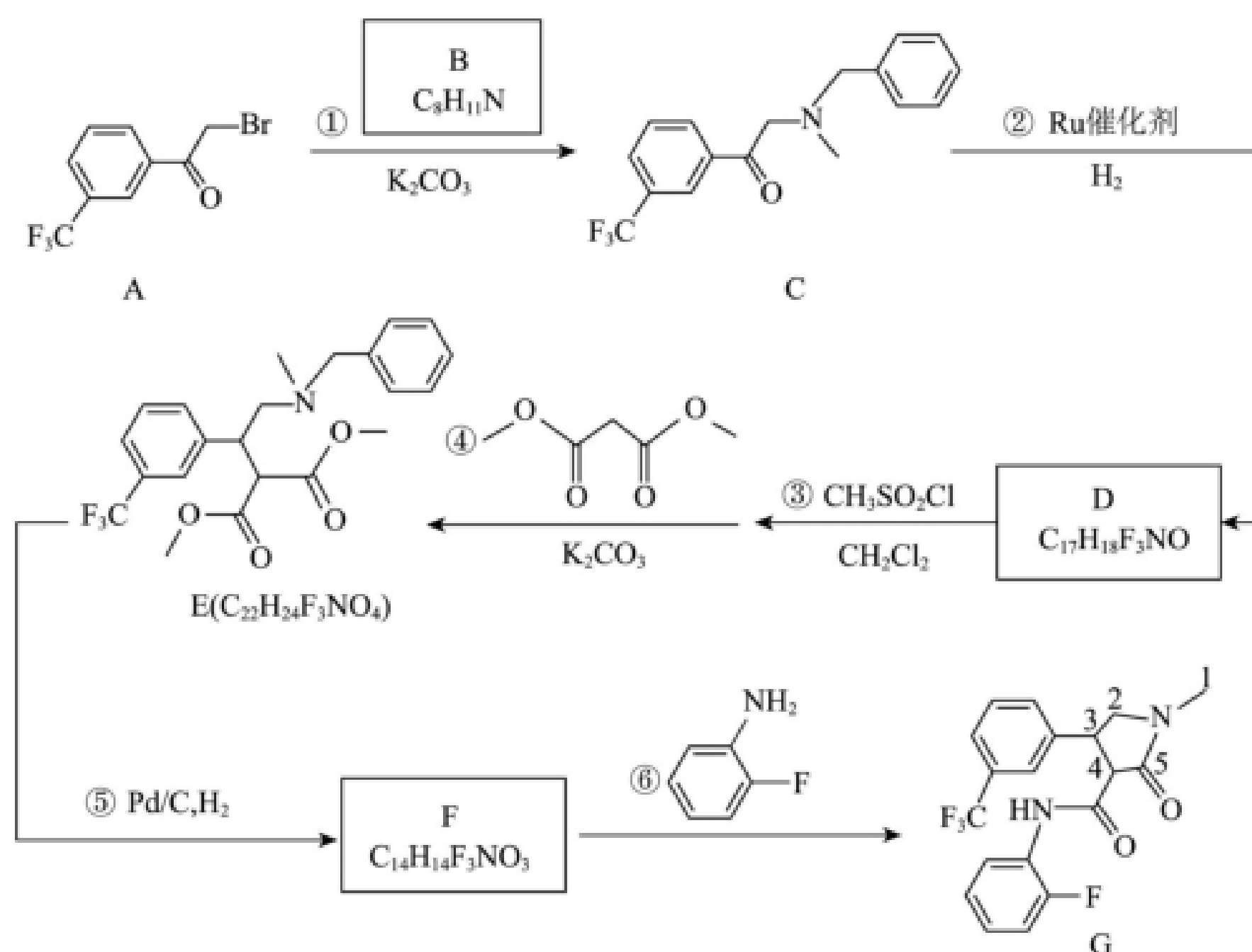
$$K_p = \frac{p[\text{Ni}(\text{CO})_4]}{p^4(\text{CO})} = \frac{0.9 \times p_3}{(0.1 \times p_3)^4} = \frac{0.9 \times 1.0 \text{ MPa}}{(0.1 \times 1.0 \text{ MPa})^4} = 9000 (\text{MPa})^{-3}。$$

【小问 4 详解】

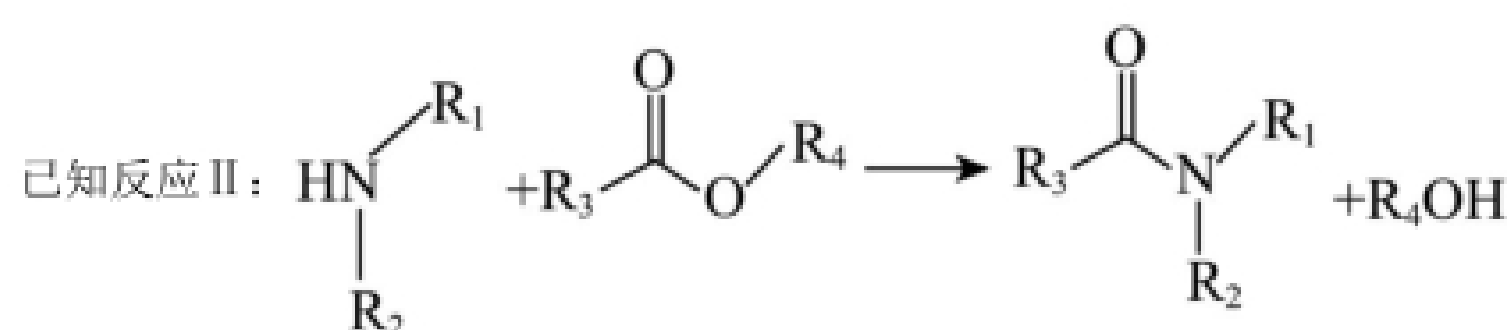
由题给关系式可得  $e^{-kt} = \frac{c_t[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}{c_0[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}$ , 当  $\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4$  反应一半时  $\frac{c_t[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]}{c_0[\text{Ni}(\text{C}^{16}\text{O})_4]} = \frac{1}{2}$ , 即  $e^{-\frac{kt_1}{2}} = \frac{1}{2}$ ,

$$-kt_1 = \ln \frac{1}{2}, \quad kt_1 = \ln 2, \quad \text{则 } t_1 = \frac{\ln 2}{k}。$$

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)。



已知反应 I:  $\text{ROH} \xrightarrow[\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}]{\text{CH}_2\text{Cl}_2} \text{ROSO}_2\text{CH}_3 + (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{HCl}$



$\text{R}_1$  为烃基或 H,  $\text{R}_2$ 、 $\text{R}_3$ 、 $\text{R}_4$  为烃基

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\_\_\_\_\_。

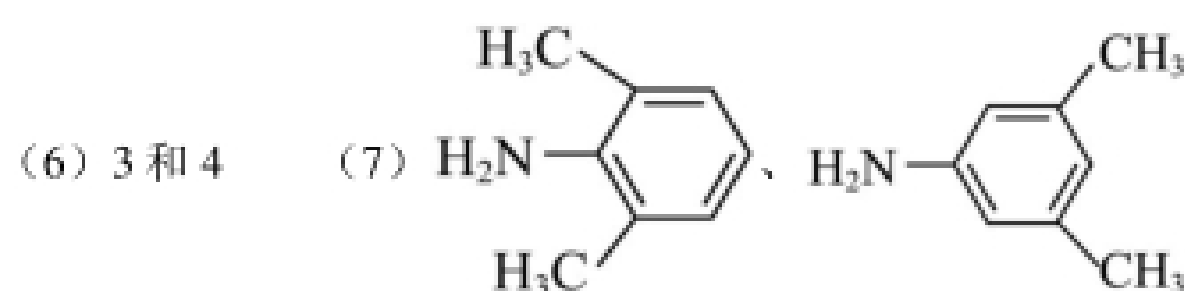
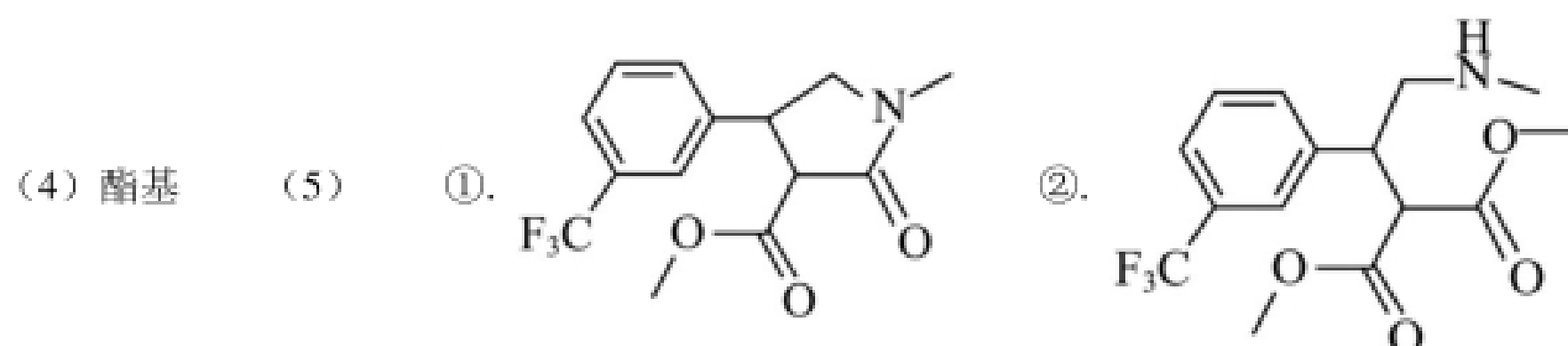
(5) F 的结构简式是\_\_\_\_\_；反应⑤分两步进行，第一步产物的分子式为  $C_{15}H_{18}F_3NO_4$ ，其结构简式是\_\_\_\_\_。

(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\_\_\_\_\_。

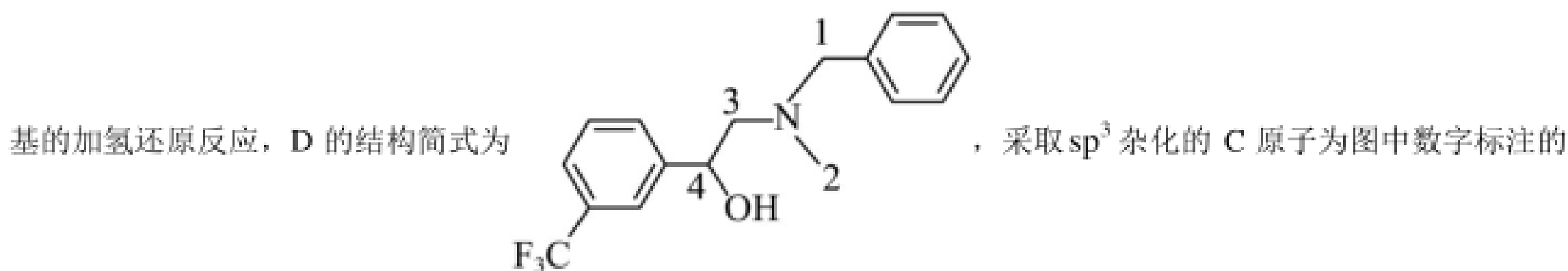
【答案】(1) ①. 取代反应 ②. 与生成的 HBr 反应，促进反应正向进行

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



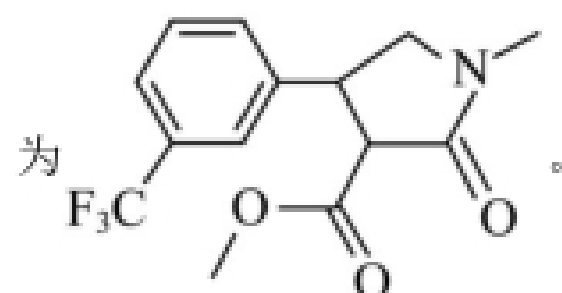
【分析】结合 A、C 的结构简式和 B 的分子式可知，B 的结构简式为 ，A 中  $-Br$  与 B 中  $\begin{array}{c} | \\ -NH \end{array}$  发生

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， $C \rightarrow D$  发生的是羰



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的反应试剂，结合 F 的分子式可知，F 的结构简式

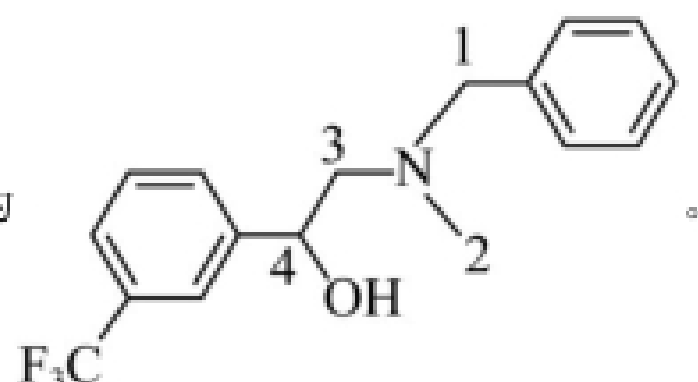


### 【小问 1 详解】

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】

根据分析，D 分子中采用  $sp^3$  杂化的碳原子数为 5 个，分别为



### 【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  $\text{—}\overset{|}{N}\text{—}$  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  $\text{—}\overset{|}{N}\text{—}$ ，故反应③不使用  $(C_2H_5)_3N$  也能进行。

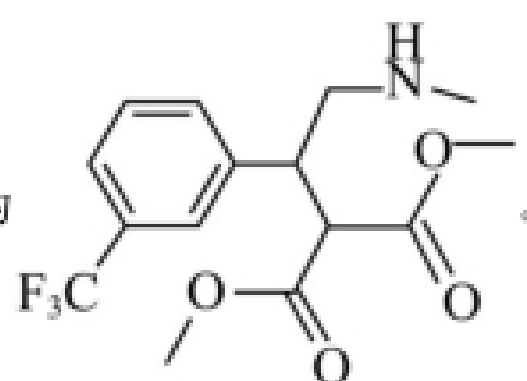
### 【小问 4 详解】

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，结合第一步

产物的分子式及已知反应 II 的机理知，第一步产物的结构简式为



### 【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  $\text{—}\overset{|}{NH}$  或

$-\text{NH}_2$  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

