

烟台市、德州市、东营市 2025 年高三年级第一次适应性检测

化学试题

一、单项选择题(每题 2 分，共 20 分)

1. 化学与我们的生活息息相关，衣食住行皆化学。下列说法正确的是

- A. 羽绒服的合成纤维面料属于有机高分子化合物
- B. 纤维素属于七大营养素，在人体内可水解为葡萄糖
- C. 房屋地面铺设的瓷砖主要成分为 CaCO_3
- D. 新能源汽车采用的三元锂电池属于新型燃料电池

【答案】A

【解析】

【详解】A. 用石油、天然气、煤和农副产品作原料制成单体，然后经过化学合成和机械加工等制得合成纤维，合成纤维属于有机高分子化合物，A 项正确；

B. 人体内没有催化纤维素水解的酶，故纤维素在人体内不能水解为葡萄糖，B 项错误；

C. 瓷砖根据种类成分有所不同，主要含黏土、石英、长石及添加剂，主要成分中不存在 CaCO_3 ，C 项错误；

D. 新能源汽车采用的三元锂电池属于新型二次电池，D 项错误；

答案选 A。

2. 下列有关实验的说法错误的是

- A. 用浓氨水清洗沾有 AgCl 固体的试管
- B. 用棕色酸式滴定管量取 10.00mL KMnO_4 溶液
- C. 分液漏斗使用前关闭旋塞加少量水，若旋塞处不漏水即可使用
- D. 蒸馏时先通冷凝水，再开加热器；结束时先关加热器，再关冷凝水

【答案】C

【解析】

【详解】A. 浓氨水与 Ag^+ 配位，可以清洗 AgCl 固体，故 A 正确；

B. 高锰酸钾具有强氧化性应用酸式滴定管，故 B 正确；

C. 萃取前向分液漏斗中加少量水，检查旋塞处不漏水，再将旋塞旋转 180° 不漏水，则可使用，故 C 错误；

D. 蒸馏开始时先开冷凝水再加热，结束时先停止加热再关冷凝水，故 D 正确；

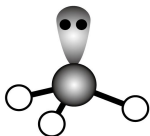
故答案为 C。

3. 下列化学用语或图示表示错误的是

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

B. 基态 Se 原子的价电子排布式： $4s^24p^4$

C. PCl_3 的 VSEPR 模型:



D. 酚醛树脂的结构简式: $\text{H}-\left[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{CH}_2\text{O} \right]_n-\text{H}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. HClO 的电子式 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{Cl}}:$, A 正确;

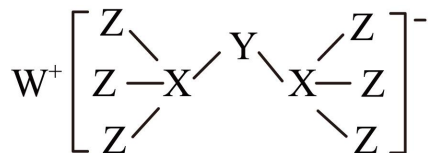
B. 基态 Se 原子核外 34 个电子, 为第四周期第 VIA 元素, 价电子即为最外层的六个电子, 价层电子排布式: $4s^2 4p^4$, B 正确;

C. 三氯化磷分子中磷原子的价层电子对数为 $3 + \frac{5-1 \times 3}{2} = 4$, VSEPR 模型为四面体形, C 正确;

D. 酚醛树脂的结构简式为 $\text{H}-\left[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{CH}_2 \right]_n-\text{OH}$, D 错误;

故选 D。

4. 某物质结构如图所示, W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的同一短周期元素, Z 元素的最高正价与最低负价代数和为 6。下列说法错误的是



A. 第一电离能: $Z > Y > X > W$

B. 单质熔点最高的是 X

C. 共价键极性: $X-Z > X-Y$

D. 简单氢化物的还原性: $Z > Y$

【答案】D

【解析】

【分析】W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的同一短周期元素, Z 元素的最高正价与最低负价代数和为 6, 可知 Z 为 Cl; W 的阳离子带一个单位的正电荷, 可知 W 为 Na; 根据 X 与 Y 所形成的共价键的数量可知 X 为 Si, Y 为 S, 综上 W 为 Na, X 为 Si, Y 为 S, Z 为 Cl。

【详解】A. W 为 Na, X 为 Si, Y 为 S, Z 为 Cl, 同周期从左向右第一电离能呈增大趋势, 故电离能大小关系为 $Z > Y > X > W$, A 项正确;

B. 四种单质中, 熔点最高的是单质 Si, 即熔点最高的单质为 X, B 项正确;

C. X 与 Z 形成 Si-Cl 键, X 与 Y 形成 Si-S 键, Cl 的电负性大于 S, 吸引电子的能力更强, 因而键的极性更强, 即共价键极性 $X-Z > X-Y$, C 项正确;

D. Y 的简单氢化物为 H_2S ，Z 的氢化物为 HCl ，同周期从左向右非金属性逐渐增强，氢化物的还原性逐渐减弱，故简单氢化物的还原性 $\text{Z} < \text{Y}$ ，D 项错误；

答案选 D。

5. 下列鉴别或除杂方法正确的是

- A. 用灼烧法鉴别淀粉和纤维素
- B. 用 KMnO_4 溶液除去 C_2H_2 中的 H_2S
- C. 用 NaHCO_3 溶液鉴别苯酚和乙酸溶液
- D. 用溴水鉴别苯和甲苯

【答案】C

【解析】

【详解】A. 淀粉和纤维素均为糖类，燃烧现象相同，A 错误；

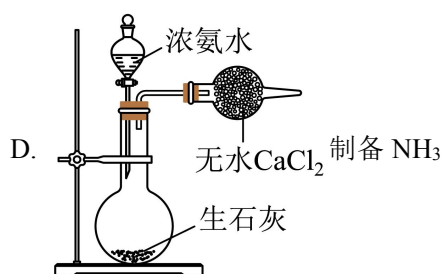
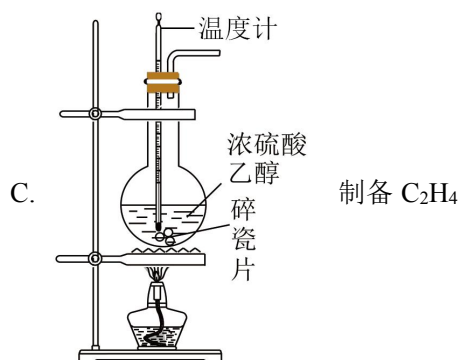
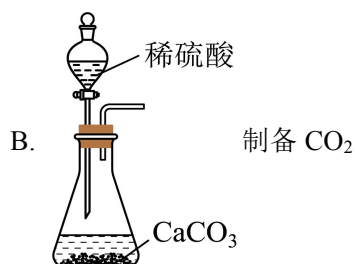
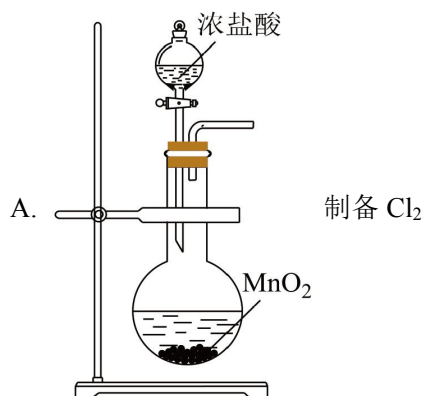
B. 高锰酸钾也会氧化乙炔，不能保留乙炔，B 错误；

C. 加入 NaHCO_3 溶液，产生气泡的为乙酸溶液，无明显现象的为苯酚钠溶液，C 正确；

D. 加入溴水，振荡后静置，苯、甲苯出现的现象都为下层无色、上层呈橙红色，用溴水不能鉴别苯、甲苯，D 错误；

故选 C。

6. 下列装置和试剂均使用正确，且能够制备相应气体的是



【答案】C

【解析】

【详解】A. 浓盐酸与二氧化锰在加热的条件下制备 Cl_2 ，缺少加热装置，A 项错误；

B. 稀硫酸与碳酸钙发生复分解反应，生成微溶的 CaSO_4 覆盖在碳酸钙表面，会阻止反应的进行，不能制备出 CO_2 ，

B 项错误；

C. 利用图中的装置，将温度迅速升高到 170°C 可制备乙烯气体，C 项正确；

D. 浓氨水与生石灰制备氨气，生成的氨气可被无水 CaCl_2 吸收，D 项错误；

答案选 C。

7. 物质性质决定用途，下列说法正确的是

A. 活性硅具有吸附性，可分解室内甲醛

B. 葡萄糖具有还原性，可用于工业制镜

C. 黄铁矿具有还原性，可在空气中煅烧制备 SO_3

D. 84 消毒液具有较强氧化性，可对皮革制品进行消毒

【答案】B

【解析】

【详解】A. 活性硅具有吸附性，可吸附室内甲醛，不能将甲醛分解，A 错误；

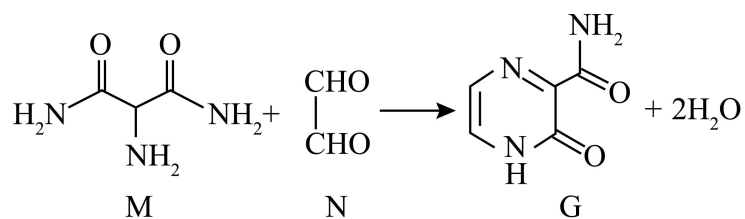
B. 葡萄糖含醛基，具有还原性，在碱性条件下，葡萄糖可将银氨溶液中的 Ag^+ 还原为 Ag ，用于制镜，B 正确；

C. 黄铁矿（ FeS_2 ）煅烧生成 SO_2 而非 SO_3 ， SO_2 需在催化剂作用下进一步氧化才能生成 SO_3 ，直接煅烧无法得到 SO_3 ，C 错误；

D. 84 消毒液（含 NaClO ）的强氧化性虽可消毒，但会氧化皮革中的蛋白质，因此不可用于皮革制品，D 错误；

故选 B。

8. M 与 N 反应可合成某种药物中间体 G。下列说法正确的是



A. 该反应类型是消去反应

B. N 分子可形成分子间氢键

C. 一定条件下，G 完全水解可得到 M 和 N

D. 1mol G 与足量的 NaOH 溶液反应，最多反应 2mol NaOH

【答案】D

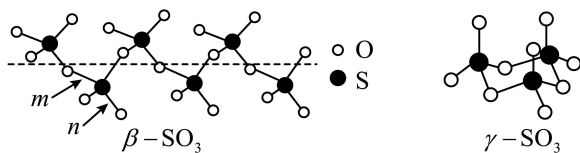
【解析】

【详解】A. 消去反应在一定条件下有机化合物脱去小分子并形成不饱和键，该反应类型不是消去反应，A 错误；

B. N 分子含醛基，氢原子与碳原子相连，不可形成分子间氢键，B 错误；

- C. 一定条件下, G 水解可得到 N 和 M, M 可以继续水解, 故 G 完全水解得不到 M, C 错误;
- D. G 有两个酰胺键, 水解后得到 2 个羧基, 1mol G 与足量的 NaOH 溶液反应, 最多反应 2mol NaOH, D 正确;
- 故选 D。

9. SO_3 固态时有无限长链形式($\beta\text{-SO}_3$)和三聚分子形式($\gamma\text{-SO}_3$), 其结构如图所示, 受热可分解生成以单分子形式存在的 $\text{SO}_3(\text{g})$ 。下列说法正确的是



- A. $\beta\text{-SO}_3$ 中键长: $m > n$
- B. 分子中 O-S-O 键角: $\text{SO}_3(\text{g}) < \gamma\text{-SO}_3$
- C. $\beta\text{-SO}_3$ 晶体中存在的作用力只有共价键
- D. 1mol $\gamma\text{-SO}_3$ 分子中含共价键的数目为 $9N_A$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 在 SO_3 中的链状结构中, 硫通过“桥氧”彼此相连, 桥键(S-O)一般比端基(S=O)的双键更长, 则键长: $m > n$, A 正确;

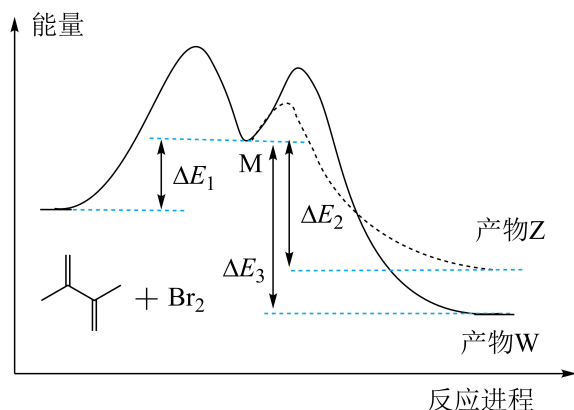
B. 气态 SO_3 的空间构型为平面正三角形结构, 中心原子为 sp^2 杂化, 键角约 120° , 而 $\gamma\text{-SO}_3$ 中 S 原子形成 4 个 σ 键, 为 sp^3 杂化, 则分子中 O-S-O 键角: $\text{SO}_3(\text{g}) > \gamma\text{-SO}_3$, B 错误;

C. $\beta\text{-SO}_3$ 为无限长链的聚合物, 链内以共价键连接, 但不同链间还存在分子间作用力, C 错误;

D. 由 $\gamma\text{-SO}_3$ 分子结构可知, 其中含有 12 个共价键, 1mol $\gamma\text{-SO}_3$ 分子中含共价键的数目为 $12N_A$, D 错误;

故选 A。

10. 一定条件下, 2, 3-二甲基-1, 3-丁二烯与溴单质发生液相加成反应分两步进行, 第一步生成中间体 M, 第二步生成产物 Z 或 W, 表示如下。反应进程及能量变化如图所示。下列说法错误的是



- A. 生成 Z 的反应热为 $\Delta E_1 - \Delta E_2$
- B. 反应开始时, 反应速率 $v(\text{Z}) > v(\text{W})$
- C. 达到平衡时, Z 的含量小于 W

D. 达到平衡后，升高温度 $\frac{c_{\text{平}}(Z)}{c_{\text{平}}(W)}$ 减小

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图像可知，生成 Z 的反应， ΔE_1 为反应物到中间产物吸收的热量， ΔE_2 为中间产物到 Z 释放的热量，反应为放热反应，故反应热为 $\Delta E_1 - \Delta E_2$ ，故 A 正确；

B. 由图像可知，M 转化为 Z 的活化能更小，所以开始时生成 Z 的反应速率更快，故 B 正确；

C. 由反应物生成 Z 或 W 都是放热反应，生成 W 时放热更多，更有利用反应进行，故平衡时生成的 W 更多，故 C 正确；

D. 生成 W 的反应活化能更大，故升高温度生成 W 的反应逆向移动的程度更大， $c_{\text{平}}(W)$ 减小更多，故 $\frac{c_{\text{平}}(Z)}{c_{\text{平}}(W)}$ 增大，故 D 错误；

答案选 D。

二、不定项选择题(每题 4 分，共 20 分)

11. 由下列事实或现象能得出相应结论的是

	事实或现象	结论
A	烯烃中溶入冠醚时，KMnO ₄ 水溶液与烯烃反应的氧化效果明显增强	冠醚能氧化烯烃
B	向 NaHA 溶液中滴加紫色石蕊溶液，溶液变为蓝色	$K_w > K_{a1}(H_2A) \cdot K_{a2}(H_2A)$
C	常温下将铝片投入浓 HNO ₃ 中，无明显现象	Al 与浓 HNO ₃ 不反应
D	向 Pb ₃ O ₄ 、Fe ₃ O ₄ 中分别滴加浓盐酸，固体均消失，但只有前者产生黄绿色气体	氧化性：Pb ₃ O ₄ > Fe ₃ O ₄

A. A B. B C. C D. D

【答案】BD

【解析】

【详解】A. 冠醚的作用是作为相转移催化剂，通过络合离子（如 K^+ ）促进 $KMnO_4$ 与烯烃的反应，而非直接氧化烯烃，结论错误，故 A 错误；

B. 紫色石蕊溶液变为蓝色，说明 NaHA 的水解大于电离，NaHA 的水解平衡常数

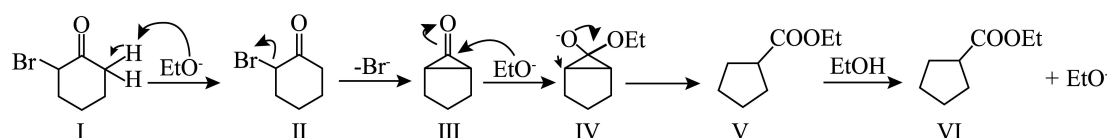
$$K_h(\text{HA}^-) = \frac{[\text{H}_2\text{A}][\text{OH}^-]}{[\text{HA}^-]} = \frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{A})}, \text{ NaHA 的电离平衡常数 } K_a(\text{HA}^-) = \frac{[\text{A}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HA}^-]} = K_{a2}(\text{H}_2\text{A}), \text{ 则}$$

$$\frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{A})} > K_{a2}(\text{H}_2\text{A}), \text{ 即 } K_w > K_{a1}(\text{H}_2\text{A}) \cdot K_{a2}(\text{H}_2\text{A}), \text{ 故 B 正确;}$$

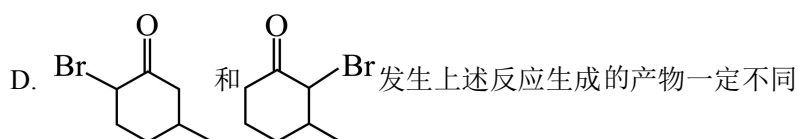
C. 常温下铝被浓 HNO_3 钝化, 表面生成致密的氧化膜, 所以反应无明显现象, 不能说明 Al 与浓 HNO_3 不反应, 故 C 错误;

D. Pb_3O_4 中可将浓盐酸氧化为氯气, 而 Fe_3O_4 不能将 HCl 氧化成氯气, 证明氧化性: $\text{Pb}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_3\text{O}_4$, 故 D 正确;
故答案为 BD。

12. Favorskii 重排是 α -卤代酮在醇钠的醇溶液中加热重排生成含相同碳原子数羧酸酯的反应, 若为环状 α -卤代酮, 则导致环缩小, 历程如图(-Et 代表乙基)。下列说法错误的是



- A. 物质 I 可发生消去、取代、还原反应
 B. 物质 VI 含有 4 种不同化学环境的氢原子
 C. 根据红外光谱可区分 I 和 VI



【答案】BD

【解析】

【详解】A. 物质 I 中含有羰基, 可以和 H_2 发生还原反应, 含有溴原子且与溴原子相连碳原子的相邻碳原子上连有氢原子, 可以发生消去和取代反应, A 正确;

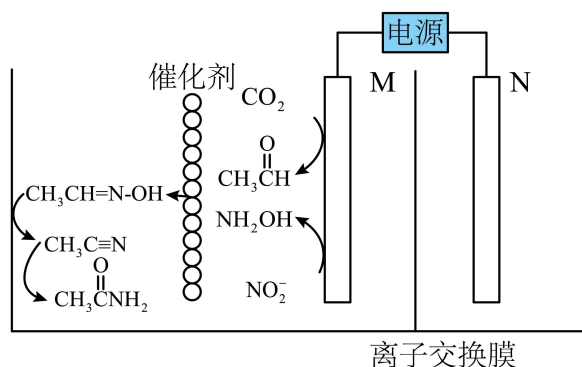
B. 是对称的结构, 物质 VI 含有 5 种不同化学环境的氢原子, B 错误;

C. I 为酮, VI 为酯, 二者含有不同的官能团, 在红外光谱中峰位置明显不同, 根据红外光谱可区分 I 和 VI, C 正确;

D. Favorskii 重排是 α -卤代酮在醇钠的醇溶液中加热重排生成含相同碳原子数羧酸酯的反应, 若为环状 α -卤代酮, 则导致环缩小, 发生上述反应生成的产物可能相同为 , D 错误;

故选 BD。

13. 电催化共还原 CO_2 与 NO_2^- 制备乙酰胺(CH_3CONH_2)是一种碳中和与废水处理有机结合的绿色电化学策略, 其装置如图所示。已知: 酸性条件下极易发生严重的析氢竞争反应。下列说法错误的是



- A. 电极 M 的电势比电极 N 低
- B. 电极 N 附近 pH 降低
- C. M 极存在电极反应： $2\text{CO}_2 + 10\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} = 10\text{OH}^- + \text{CH}_3\text{CHO}$
- D. 制备 1mol 乙酰胺，电路中至少转移 12mol e^-

【答案】D

【解析】

【分析】在碱性条件下，根据图示可知，M 极发生电极反应： $2\text{CO}_2 + 10\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} = 10\text{OH}^- + \text{CH}_3\text{CHO}$ ，

$\text{NO}_2^- + 4\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} = 5\text{OH}^- + \text{NH}_2\text{OH}$ ，N 极发生电极反应： $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ，据此分析；

【详解】A. 电极 M 上得电子，为阴极，N 为阳极，M 的电势比电极 N 低，A 正确；

B. 根据分析，电极 N 产生氢离子，附近 pH 降低，B 正确；

C. 根据分析，M 极存在电极反应： $2\text{CO}_2 + 10\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} = 10\text{OH}^- + \text{CH}_3\text{CHO}$ ，C 正确；

D. 根据分析，制备 1mol 乙酰胺，电路中至少转移 14mol e^- ，D 错误；

故选 D；

14. 氯化亚铜(CuCl)为白色粉末状固体，难溶于水，可用作催化剂、杀菌剂、媒染剂，将少量 CuCl 分别加入浓盐酸和氨水中进行实验，得到如下实验现象：

试剂	实验现象
浓盐酸	固体溶解，溶液为无色，露置空气一段时间后变为黄色，最后变为浅蓝色。 加热浅蓝色溶液，溶液又恢复为黄色。
氨水	固体溶解，溶液为无色，露置空气一段时间后变为深蓝色，且不变色。

已知： $[\text{CuCl}_4]^{3-}$ 无色， $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 黄色， $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 浅蓝色， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 无色， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 深蓝色。下列说法错误的是

- A. 用饱和食盐水代替浓盐酸会产生相同的实验现象
- B. $[\text{CuCl}_4]^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{Cl}^- \Delta H < 0$
- C. 向深蓝色溶液中加入乙醇，可析出深蓝色晶体

D. 无色溶液变为深蓝色时发生离子反应： $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} + 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

【答案】A

【解析】

【分析】氯化亚铜(CuCl)为白色粉末状固体，溶于浓硫酸时，得到 $[\text{CuCl}_4]^{3-}$ 无色溶液，露置空气一段时间后变为黄色，最后变为浅蓝色，说明 $[\text{CuCl}_4]^{3-}$ 被氧气氧化为 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ，最终转化为 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ，氯化亚铜(CuCl)溶于氨水，得到 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 无色溶液，露置空气一段时间后变为深蓝色，说明 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被氧气氧化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，以此解答。

【详解】A. 用饱和食盐水代替浓盐酸时， CuCl 虽可溶解形成无色的 $[\text{CuCl}_4]^{3-}$ ，但后续氧化现象不同，浓盐酸中的 H^+ 促进氧化反应。如： $4[\text{CuCl}_4]^{3-} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4[\text{CuCl}_4]^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，而饱和食盐水 H^+ 浓度低，氧化反应受阻，无法出现“无色→黄色→浅蓝”的完整现象，A 错误；

B. 由题干可知，加热浅蓝色溶液，溶液又恢复为黄色，说明 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 与 H_2O 的配位平衡

$[\text{CuCl}_4]^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{Cl}^-$ 为放热反应， $\Delta H < 0$ ，加热促使逆反应，符合实验现象，B 正确；

C. 深蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 溶液中加入乙醇可降低溶解度，析出深蓝色晶体，C 正确；

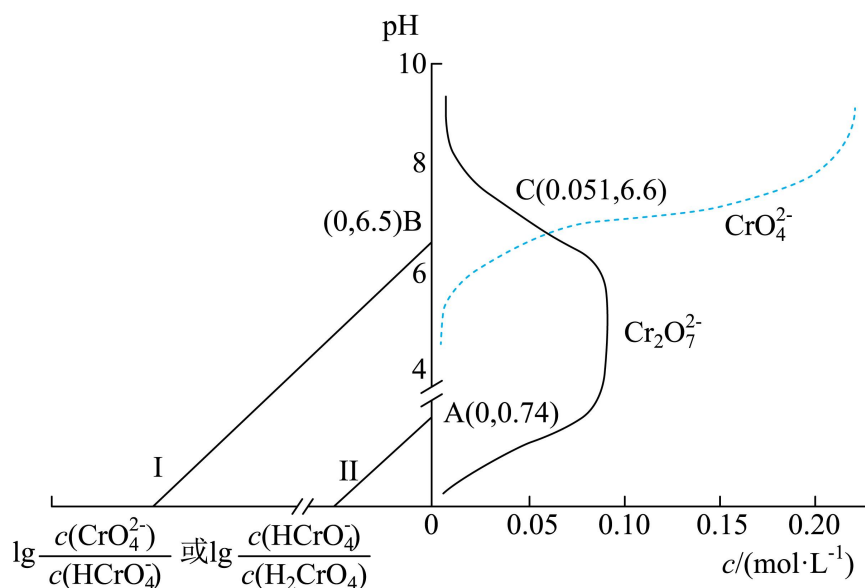
D. 无色溶液变为深蓝色时， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ 被 O_2 氧化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，离子反应为：

$4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} + 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，D 正确；

故选 A。

15. 室温下，用 H_2SO_4 或 $\text{NaOH}(\text{s})$ 调节 0.1mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液的 pH， $c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ 、 $c(\text{CrO}_4^{2-})$ 以及

$\lg c(\text{CrO}_4^{2-})/c(\text{HCrO}_4^-)$ 、 $\lg c(\text{HCrO}_4^-)/c(\text{H}_2\text{CrO}_4)$ 随 pH 的变化如图所示(已知 $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 是二元强酸)。下列说法正确的是



A. II 表示 $\lg c(\text{CrO}_4^{2-})/c(\text{HCrO}_4^-)$

B. 溶液中 $c^2(\text{HCrO}_4^-)/[c(\text{H}_2\text{CrO}_4) \cdot c(\text{CrO}_4^{2-})] = 10^{-5.76}$

C. B 点溶液中存在 $c(\text{K}^+) < 5c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$

D. 溶液中存在平衡 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$, 平衡常数 $K = 5.1 \times 10^{-15.2}$

【答案】CD

【解析】

【详解】A. 根据 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CrO}_4) = \frac{c(\text{HCrO}_4^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CrO}_4)}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CrO}_4) = \frac{c(\text{CrO}_4^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HCrO}_4^-)}$, 由于 K_{a1} 大于 K_{a2} , 即

$c(\text{HCrO}_4^-) = c(\text{H}_2\text{CrO}_4)$ 时的 pH 应小于 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = c(\text{HCrO}_4^-)$ 的 pH, 根据 A、B 点的坐标则 I 为

$\lg c(\text{CrO}_4^{2-}) / c(\text{HCrO}_4^-)$, II 为 $\lg c(\text{HCrO}_4^-) / c(\text{H}_2\text{CrO}_4)$, 故 A 错误;

B. 根据选项 A 分析, $K_{a1}(\text{H}_2\text{CrO}_4) = \frac{c(\text{HCrO}_4^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CrO}_4)} = 10^{-0.74}$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{CrO}_4) = \frac{c(\text{CrO}_4^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HCrO}_4^-)} = 10^{-6.5}$,

$\frac{K_{a1}(\text{H}_2\text{CrO}_4)}{K_{a2}(\text{H}_2\text{CrO}_4)} = \frac{c^2(\text{HCrO}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{CrO}_4)c(\text{CrO}_4^{2-})} = 10^{-0.74-(-6.5)} = 10^{5.76}$, 故 B 错误;

C. 根据 B、C 点可知, B 点的溶液中 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = c(\text{HCrO}_4^-) = c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$, 即 B 点的溶液组成为

K_2CrO_4 、 KHCrO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的 1: 1: 1 混合溶液, 根据物料守恒有

$c(\text{K}^+) = 5[c(\text{CrO}_4^{2-}) + c(\text{HCrO}_4^-) + c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})]$, 即 $c(\text{K}^+) < 5c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$, 故 C 正确;

D. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{CrO}_4^{2-})c^2(\text{H}^+)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$, 由 C 点可知:

$c(\text{CrO}_4^{2-}) = c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 10^{-6.6}$ L、 $c(\text{H}^+) = 10^{-6.6}$, 则

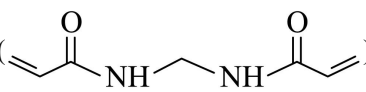
$K = \frac{c^2(\text{CrO}_4^{2-})c^2(\text{H}^+)}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})} = c(\text{CrO}_4^{2-})c^2(\text{H}^+) = 0.051 \times (10^{-6.6})^2 = 5.1 \times 10^{-2-6.6 \times 2} = 5.1 \times 10^{-15.2}$, 故 D 正确;

故答案为 CD。

三、非选择题(共 5 小题, 共 60 分)


16. 氮元素被称为“生命元素”, 不仅是蛋白质的重要组成元素, 还在医药、化工、农业生产等领域应用广泛。回答下列问题:

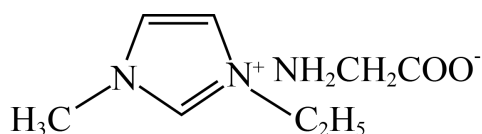
(1) 基态氮原子中两种自旋状态相反的电子数之比为_____。

(2) 亚甲基双丙烯酰胺()、乙胺($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$)和 2-羟基乙胺($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)均可用于染料合成。

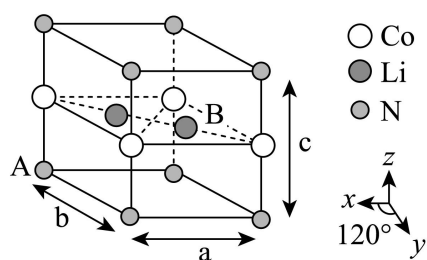
①亚甲基双丙烯酰胺属于_____分子(填“极性”或“非极性”), 分子中含有的 σ 键和 π 键数目之比为_____。

②乙胺和 2-羟基乙胺的碱性随 N 原子电子云密度增大而增强, 二者碱性更强的是_____(填结构简式)。

(3) 1-甲基咪唑()常用于配合物的制备, 在酸性环境中其配位能力会_____ (填“增强”、“减弱”或“不变”)。1-甲基咪唑的某种衍生物与甘氨酸形成的离子化合物如图, 常温下为液态而非固态, 原因是_____。



(4) 某含氮催化剂的六方晶胞如图, 晶胞参数为 $a=b \neq c$, $\alpha=\beta=90^\circ$, $\gamma=120^\circ$ 。其化学式为_____；若 A 点原子的分数坐标为(1, 0, 0), 则 B 点原子的分数坐标为_____；1 个 N 原子周围距离相等且最近的 Li 原子数目为_____。



【答案】(1) 2:5 或 5:2

(2) ①. 极性 ②. 5:1 ③. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$

(3) ①. 减弱 ②. 阴阳离子间距离较大, 导致离子间作用力较弱, 熔点较低

(4) ①. Li_2CoN ②. $(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{1}{2})$ ③. 12

【解析】

【小问 1 详解】

氮处于周期表中第 2 周期第 V A 族, 一个原子轨道中, 占据一对自旋相反的电子, N 的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 所以基态氮原子核外两种不同自旋状态的电子数之比为 2:5 (或 5:2), 故答案为: 2:5 (或 5:2);

【小问 2 详解】

①亚甲基双丙烯酰胺可以看成甲烷分子中的两个 H 原子被两个丙烯酰胺基取代, 甲烷为正四面体结构, 因此亚甲基双丙烯酰胺分子重心不重叠, 属于极性分子, 根据结构简式可知, 分子中含有的 σ 键和 π 键数目之比为 20: 4=5: 1;

②胺的碱性强弱取决于氮原子孤对电子和质子结合的难易, 而氮原子接受质子的能力, 又与氮原子上电子云密度大小以及氮原子上所连基团的空间阻碍有关, 烷基是推电子基, 羟基这里做吸电子基, 乙胺和 2-羟基乙胺的碱性随 N 原子电子云密度增大而增强, 二者碱性更强的是 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$;

【小问 3 详解】

在酸性条件下, 1-甲基咪唑的氮原子容易与质子 (H^+) 结合, 形成质子化的 1-甲基咪唑 (1-甲基咪唑- H^+)。质子化后, 氮原子的孤对电子被占据, 无法再与金属离子配位, 导致配位能力下降;

1-甲基咪唑的某种衍生物与甘氨酸形成的离子化合物，阴阳离子间距离较大，导致离子间作用力较弱，熔点较低，故常温下为液态而非固态；

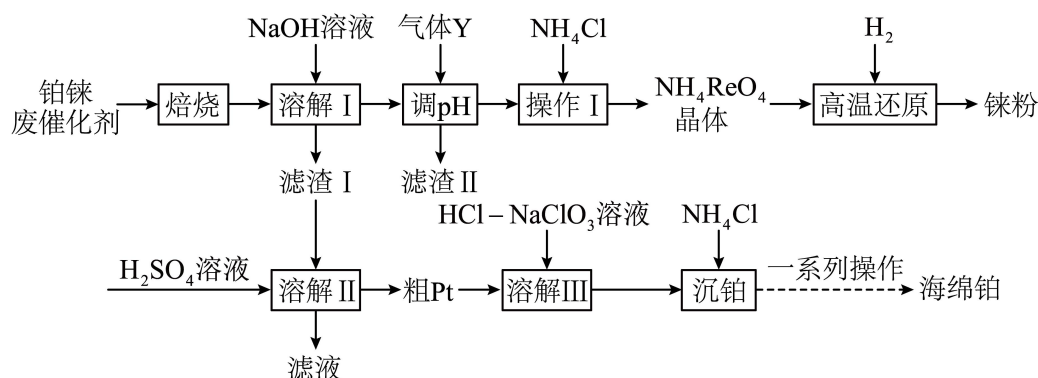
【小问 4 详解】

根据均摊法可知，晶胞中含有 2 个 Li， $2 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{3} = 1$ 个 Co， $4 \times \frac{1}{12} + 4 \times \frac{1}{6} = 1$ 个 N，故化学式为 Li_2CoN ；

若 A 点原子的分数坐标为(1, 0, 0)，B 点在对角线的三分之二处，根据坐标可知，则 B 点原子的分数坐标为($\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$)；

以钝角顶点的 N 原子为研究对象，其周围最近的 2 个 Li 原子位于晶胞内部，钝角顶点的 N 原子被 6 个晶胞共用，故 1 个 N 原子周围距离相等且最近的 Li 原子数目为 12。

17. 一种铂铼废催化剂(Pt、Re，含 Al_2O_3 、 Fe_3O_4 、积碳等杂质)中金属元素的综合回收利用的工艺流程如下。



已知：①高铼酸铵(NH_4ReO_4)微溶于冷水，易溶于热水；

②室温下： $K_{\text{sp}}[(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6] = 5.7 \times 10^{-6}$ ， $\sqrt{57} \approx 7.5$ 。

回答下列问题：

- (1) “焙烧”的目的：①将铼转化为 Re_2O_7 ，②_____；“溶解 I”中含铼化合物发生反应的离子方程式为_____。
- (2) “滤渣 II”的成分为_____，“操作 I”为_____、过滤、洗涤、干燥。
- (3) “溶解 III”中反应的离子方程式为_____；“沉铂”时，若溶液中 $c([\text{PtCl}_6]^{2-}) = 0.1 \text{ mol/L}$ ，加入等体积 NH_4Cl 溶液， $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ 完全沉淀($c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$)所需 NH_4Cl 的最小浓度为_____ mol/L (忽略溶液混合后体积的变化)。
- (4) “高温还原”时，工业上用价格稍贵的 H_2 ，而不选用廉价还原剂碳的原因是_____；理论上获得 3.72g 铼粉，需要标准状况下 H_2 的体积至少为_____ L。

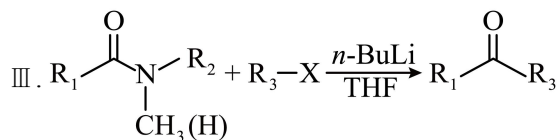
【答案】(1) ①. 除积碳 ②. $\text{Re}_2\text{O}_7 + 2\text{OH}^- = 2\text{ReO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

(2) ①. $\text{Al}(\text{OH})_3$ ②. 蒸发浓缩、冷却结晶

(3) ①. $3\text{Pt} + 16\text{Cl}^- + 2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ = 3[\text{PtCl}_6]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$ ②. 1.7

(4) ①. 不引入杂质，便于分离提纯铼 ②. 1.568

【解析】

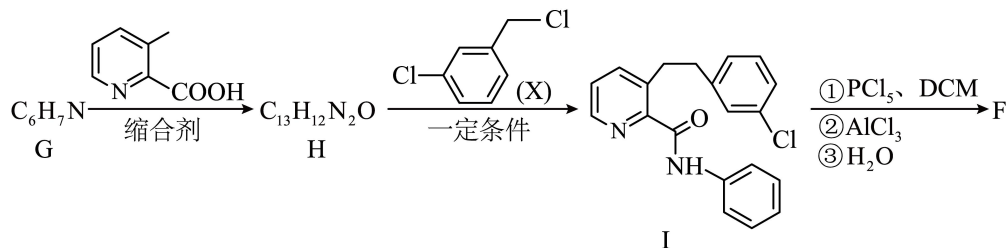


回答下列问题:

(1) A 中碳原子的杂化方式为_____, M 的名称为_____, C→D 发生了_____(填反应类型)、互变异构的转化。

(2) E→F 的化学方程式为_____, N 的结构简式为_____。

(3) 化合物 G(C₆H₇N)也可用于合成中间体 F, 合成路线如下:



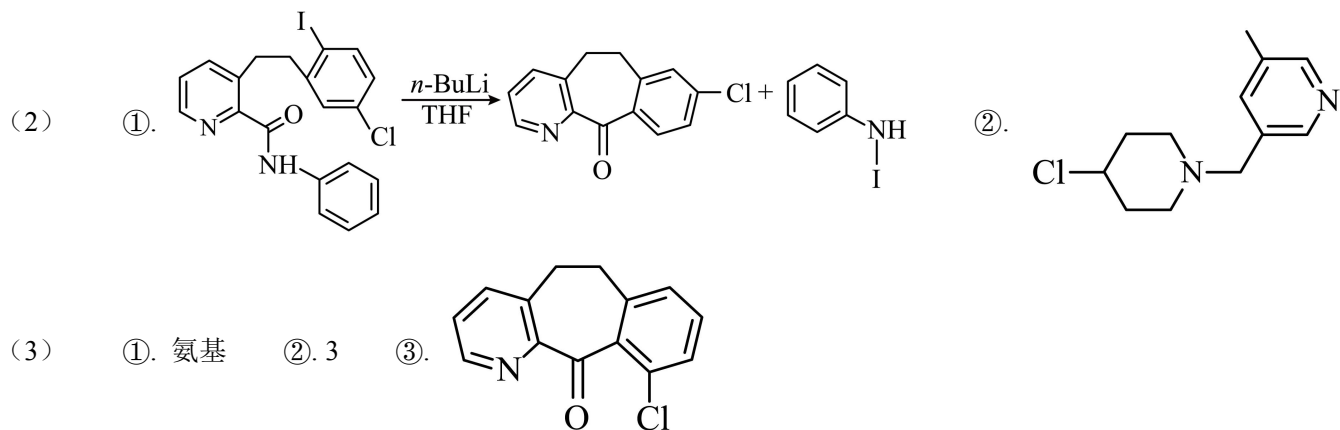
①G 中官能团的名称为_____。

②X 经一系列反应后得到 Y(分子式为 C₇H₈O₂), 符合下列条件 Y 的同分异构体有_____种。

i. 能使 FeCl₃ 溶液显紫色; ii. 核磁共振谱有 4 组峰且峰面积比为 3: 2: 2: 1。

③I→F 中除生成 F 和 G 外, 还能生成一种含有七元环的副产物 K, 其结构简式为_____。

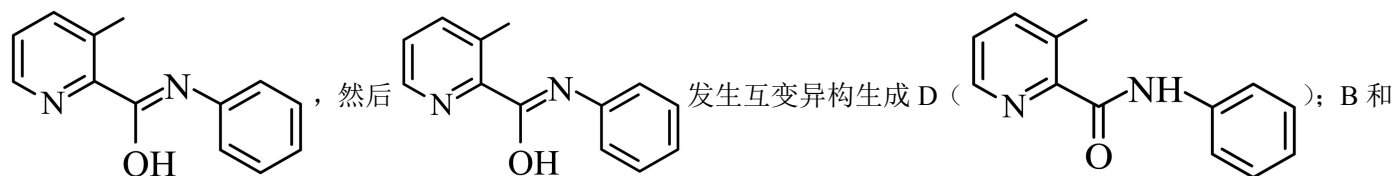
【答案】(1) ①. sp²、sp³ ②. 苯酚 ③. 加成反应



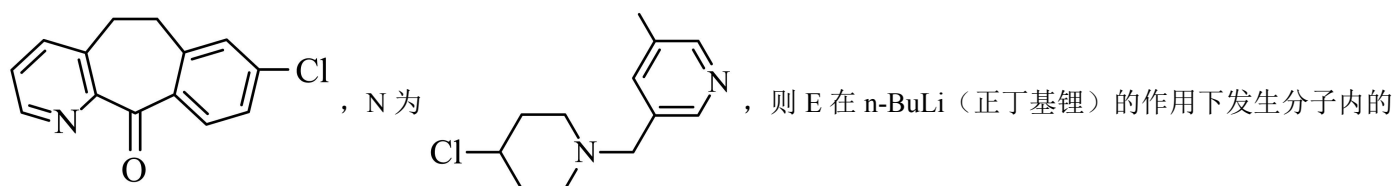
【解析】

【分析】根据信息 I 和化合物 B 的结构可知 A 为 , A 与 SOCl₂ 发生取代反应生成 B; 根据

信息 II 和 C、D 的结构为可知 C→D 的反应为: C () 首先与苯酚发生加成反应生成



D 在一定条件下发生取代反应生成 E 和 HCl; 根据目标产物的结构及 N 的分子式可知, F 为



取代反应生成 F 和 , F 与 N 发生取代反应生成目标产物卢帕他定。据此解答:

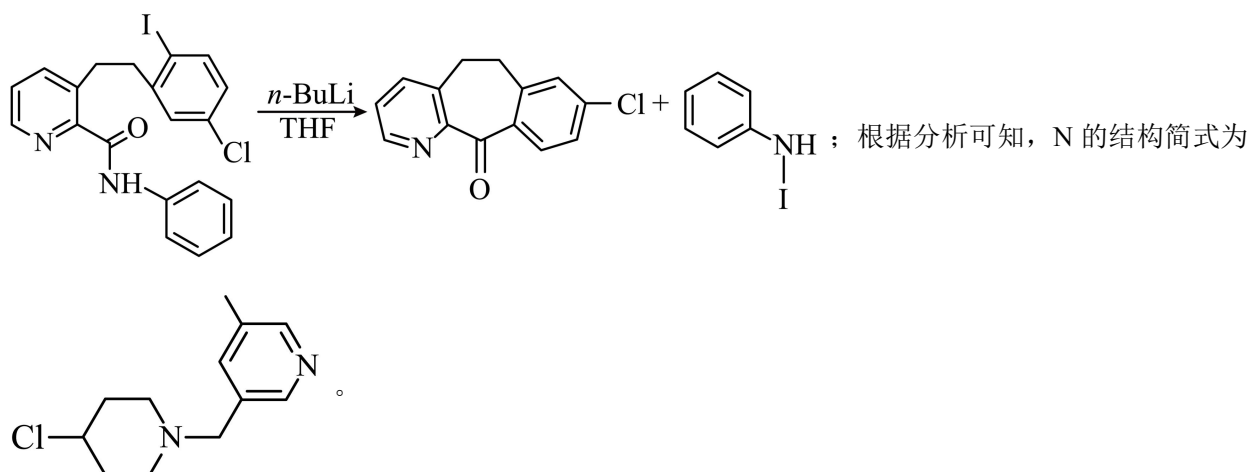
【小问 1 详解】

根据分析, A 为
 , 其碳原子的杂化方式为 sp^2 、 sp^3 , C 与苯酚反应得到 D, 因此 M 为的名

称为苯酚, C→D 发生了加成反应、互变异构的转化。

【小问 2 详解】

根据信息 III 可知, -CO-NH-与 C-X(X=Cl,Br,I)在 n-BuLi (正丁基锂) 的作用下生成-CO-C-和-NH-X, 根据分析可知, E→F 在 n-BuLi (正丁基锂) 的作用下发生分子内的取代反应, 则化学方程式为



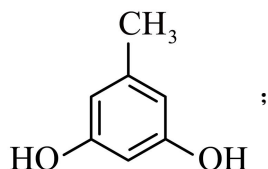
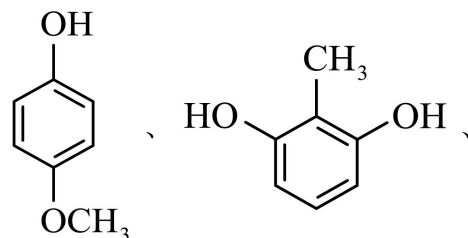
【小问 3 详解】

根据 I 的结构以及 G→H→I 反应中试剂的结构可推测 G 为苯胺, 其中官能团的名称为氨基;

X 的分子式为 $C_7H_6Cl_2$, Y 的分子式为 $C_7H_8O_2$, 可知 X→Y 为 2 个 Cl 被 2 个 OH 取代, 产物 Y 为
 。

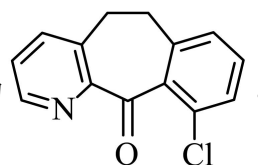
Y 的同分异构体能使 $FeCl_3$ 溶液显紫色, 且核磁共振谱有 4 组峰且峰面积比为 3: 2: 2: 1, 则含有甲基和酚羟基,

且具有对称结构，因此满足条件的 Y 的同分异构体共有 3 种：



苯环上有氯取代基后再发生反应易发生在氯的邻、对位，I→F+G 为 I 中 Cl 的对位发生取代反应，因此另一种含有

七元环的副产物 K 的生成反应为 Cl 的邻位发生取代反应，故 K 的结构简式为



19. 双氰胺($C_2H_4N_4$)为白色晶体，在冷水中溶解度较小，易溶于热水、乙醇，其水溶液在 80°C 以上会发生分解反应。

某学习小组以石灰氮(CaCN_2)为原料制备双氰胺。实验过程如下：

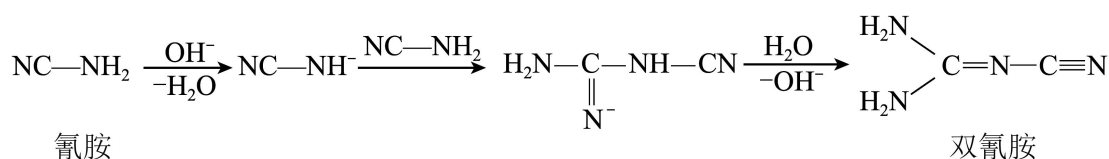
①水解：将装有蒸馏水的三颈烧瓶置于 30°C 水浴加热器中加热，然后将 CaCN_2 粉末定量均匀地加入三颈烧瓶，水解 10min 得到悬浮状水解液。

②脱钙：将 CO_2 通入水解液中，150min 后 pH 达 10 时停止通入 CO_2 ，将水解液抽滤，滤液呈淡黄色。

③聚合：将滤液移入圆底烧瓶，置于 70°C 水浴加热器中加热，15-20 min 后溶液呈无色，120min 后停止反应，抽滤。

④结晶和干燥：将滤液蒸发浓缩、冰水浴中冷却结晶、抽滤、干燥，得到粗产品。

已知：氰胺(无色或淡黄色液体)二聚反应机理：



回答下列问题：

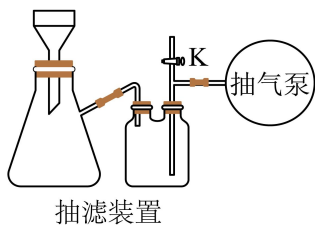
(1) CaCN_2 水解产物的化学式是_____。

(2) “脱钙”过程中，pH 达 10 时停止通入 CO_2 气体，pH 不能过低的原因是_____。

(3) 步骤④中蒸发浓缩时，常采用减压蒸发浓缩，目的是_____；“抽滤”操作顺序(只洗涤一次)：_____。

开抽气泵→转移固液混合物→a→c→b→关抽气泵→_____→_____→开抽气泵

→_____→_____→关抽气泵(填标号)。

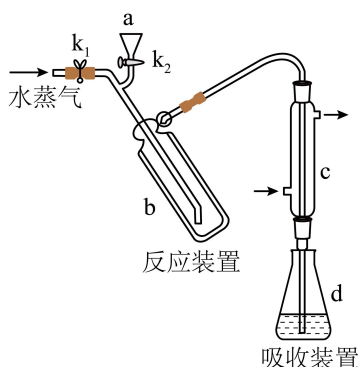


抽滤装置

- a. 关活塞 k b. 开活塞 k c. 确认抽干 d. 加洗涤剂洗涤

(4) 测定双氰胺样品纯度：取 m g 双氰胺样品(杂质不含氮元素)，加足量浓 H_2SO_4 和催化剂，将所有的氮元素转化成铵盐，然后用如图装置处理铵盐。d 中加入硼酸(H_3BO_3)，铵盐由 a 注入 b，随后注入 NaOH 溶液，用蒸馏水冲洗 a，关闭 k_2 ，a 中保留少量水。打开 k_1 通水蒸气进入 b，将 NH_3 蒸出，一段时间后关闭 k_1 。向 d 中加入指示剂，滴定吸收液时消耗 c mol/L 的盐酸 V mL。

已知： $NH_3 + H_3BO_3 = NH_3 \cdot H_3BO_3$ ； $NH_3 \cdot H_3BO_3 + HCl = NH_4Cl + H_3BO_3$ 。



① a 中保留少量水的目的是_____。

② 双氰胺样品的纯度为_____%(用代数式表示)：指示剂最好选择_____；若将双层真空玻璃瓶 b 换成普通的玻璃瓶，测定结果会_____ (填“偏大”、“偏小”或“不变”)。

【答案】(1) $Ca(OH)_2$ 和 CH_2N_2

(2) OH^- 为二聚反应的催化剂，pH 太低不利于发生聚合反应（反应需要碱性环境）

(3) ①. 降低溶液沸点、加快被浓缩速率，防止双氰胺因温度过高发生分解 ②. dacb

(4) ①. 液封，防止 NH_3 逸出 ②. $\frac{2.1cV}{m}$ ③. 甲基橙 ④. 偏小

【解析】

【分析】①将装有蒸馏水的三颈烧瓶置于 $30^\circ C$ 水浴加热器中加热，然后将 $CaCN_2$ 粉末定量均匀地加入三颈烧瓶，水解 10min 得到悬浮状水解液，说明水解得到的产物中存在 $Ca(OH)_2$ ，同时生成 $N \equiv C - NH_2$ ；②将 CO_2 通入水解液中， CO_2 与 $Ca(OH)_2$ 反应生成 $CaCO_3$ ，抽滤后得滤渣 $CaCO_3$ ；④结晶和干燥后得到双氰胺。

【小问 1 详解】

$CaCN_2$ 水解后生成 $Ca(OH)_2$ 和 $N \equiv C - NH_2$ ，故水解产物的化学式为 $Ca(OH)_2$ 和 CH_2N_2 ；

【小问 2 详解】

“脱钙”过程中，将 CO_2 通入水解液中，将 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 转化为 CaCO_3 ， OH^- 为二聚反应的催化剂，pH 达 10 时停止通入 CO_2 气体，由于氰胺转化为双氰胺要在碱性条件下进行，pH 不能过低，若 pH 过低，会不利于发生聚合反应；

【小问 3 详解】

蒸发浓缩时，为了降低水的沸点、加快被浓缩速率，防止双氰胺因温度过高发生分解，故选择减压蒸发浓缩；抽滤时，打开抽气泵，转移固液混合物，关闭活塞 k，打开抽气泵，当布氏漏斗中固液混合物抽干后，打开活塞 k，关闭抽气泵，向布氏漏斗中加入洗涤剂，关闭活塞 k，打开抽气泵，当固液混合物再次抽干后，打开活塞 k，关闭抽气泵，此时得到较多的晶体，故顺序为 dacb；

【小问 4 详解】

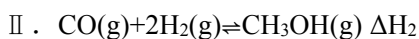
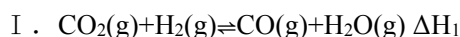
①a 中保留少量水，利用水将 a 处封住，可防止氨气逸出，故 a 中保留少量水的目的是液封，防止氨气逸出；

②根据题意可得计量关系： $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4 \sim 4\text{NH}_3 \sim 4\text{HCl}$ ，HCl 的物质的量为 $cV \times 10^{-3} \text{ mol}$ ， $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2$ 的物质的量为

$$\frac{cV \times 10^{-3}}{4} \text{ mol}，故样品的纯度为 \frac{\frac{cV \times 10^{-3}}{4} \times 84 \text{ g/mol}}{m} \times 100\% = \frac{2.1cV}{m} \%；滴定时用盐酸滴定氨气，甲基橙在酸性$$

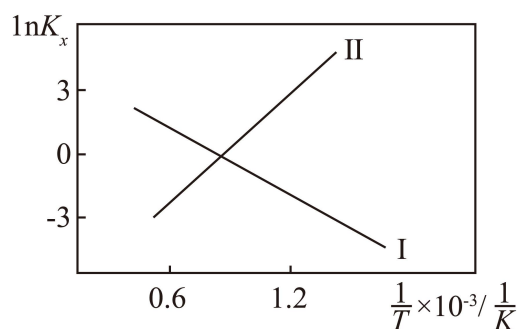
条件下变色明显，故可利用甲基橙作指示剂；若将双层真空玻璃瓶 b 换成普通的玻璃瓶，体系散热较快，会导致氨气蒸出不完全，测定的氨气的量减少，从而使得计算出的双氰胺的量偏小，因此测定结果偏小。

20. CO_2 催化加氢转化为 CH_3OH 既能响应国家的“双碳”目标，又能缓解能源紧缺。该过程主要发生下列反应：



回答下列问题：

(1) 反应 I、II 以物质的量分数表示的平衡常数 $\ln K_x$ 与温度 T 的变化关系见图。则 $\Delta H_3/\Delta H_2$ 的数值范围是 _____ (填标号)。



A. <-1

B. -1-0

C. 0-1

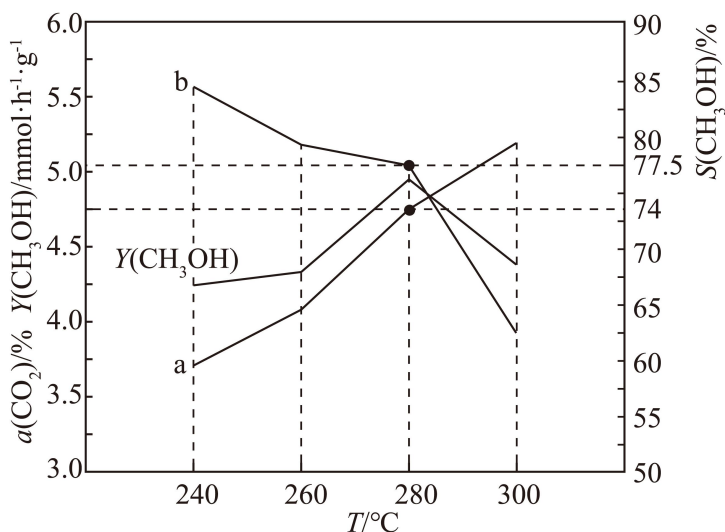
D. >1

(2) 3MPa 下，以进气流量 $4.5 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$ 持续通过装有 0.5g 催化剂的反应管中(仅发生上述反应 I、II)。经相同时间测得 CO_2 的转化率 $[\alpha(\text{CO}_2)]$ 、 CH_3OH 的选择性 $[S(\text{CH}_3\text{OH})]$ 及 CH_3OH 的时空收率 $[Y(\text{CH}_3\text{OH})]$ 随温度(T)的变化关系如图：

已知: $a.S(\text{CH}_3\text{OH})=n(\text{转化为 CH}_3\text{OH 的 CO}_2)/n(\text{消耗的 CO}_2)\times 100\%$

$b.Y(\text{CH}_3\text{OH})=\text{CH}_3\text{OH 的产率}\times\text{CO}_2 \text{ 的进气流量/催化剂的质量}(\text{mmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1})$

①该条件下,合成 CH_3OH 的最佳温度是_____,图中代表 $S(\text{CH}_3\text{OH})$ 随温度变化的曲线是_____, 280°C 后,曲线 b 快速下降的可能原因是_____。



② 280°C 时,CO 的选择性为_____,若 $Y(\text{CH}_3\text{OH})$ 为 $4.95 \text{ mmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$,则 $\alpha(\text{CO}_2)=$ _____(列出计算式即可)。

③一定条件下,将进气流量改为 $0.04\text{mmol}\cdot\text{min}^{-1}$ (此流量下的转化率可近似认为平衡转化率),测得出气流量为 $0.038 \text{ mmol}\cdot\text{min}^{-1}$, $\alpha(\text{CO}_2)$ 为 50%,此时反应 I 的平衡常数 $K_p=$ _____。

【答案】(1) C (2) ①. 280°C ②. b ③. 反应未达平衡, CO_2 的转化率逐渐增大,反应 I 速率的增大程度远大于反应 II,故甲醇的选择性快速下降 ④. 22.5% ⑤. $\frac{0.5\times 4.95\times 4}{77.5\%\times 4.5\times 60}$ ⑥. $\frac{4}{23}$

【解析】

【小问 1 详解】

根据盖斯定律,反应 III 可以看作是反应 I 和反应 II 的加和: $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$,根据题目描述, $\Delta H_3 < 0$,即 $\Delta H_1 + \Delta H_2 < 0$,从图中可以看出,反应 I 的 $\ln K_x$ 随温度升高而增大,说明 $\Delta H_1 > 0$,反应 II 的 $\ln K_x$ 随温度升高而减小,说明 $\Delta H_2 < 0$,因此 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2 < 0$ 且 $\Delta H_1 > 0$, $\Delta H_2 < 0$,所以 $\frac{\Delta H_3}{\Delta H_2}$ 的范围为 $0 < \frac{\Delta H_3}{\Delta H_2} < 1$;

故答案为 C

【小问 2 详解】

①根据题干信息,甲醇的时空收率 Y 与甲醇的产率成正比, 280°C 时,Y 最大,即甲醇产率最大,也就是说 280°C 是生成 CH_3OH 的最佳温度;

故答案为: 280°C

根据(1)题结论以及 a、b 两条曲线变化趋势可知,反应 I 为吸热反应,反应 II 为放热反应,升高温度 $n(\text{CH}_3\text{OH})$ 减小,转化为 CH_3OH 的 CO_2 减小, $n(\text{CO})$ 增加,转化为 CO 的 CO_2 增加,则 $S(\text{CH}_3\text{OH})$ 降低,图中代表 $S(\text{CH}_3\text{OH})$ 随

温度变化的曲线是 b;

故答案为: b

280℃后, 曲线 b 快速下降的可能反应未达平衡, 升高温度, CO₂ 的转化率逐渐增大, 反应 I 速率的增大程度远大于反应 II, 故甲醇的选择性快速下降;

故答案为: 反应未达平衡, 升高温度, CO₂ 的转化率逐渐增大, 反应 I 速率的增大程度远大于反应 II, 故甲醇的选择性快速下降

②根据图像信息可知, 280℃时, CH₃OH 的选择性为 77.5, 根据反应 I 和反应 II 以及元素守恒和选择性的表达式可得,

$$S(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{n(\text{转化为CH}_3\text{OH的CO}_2)}{n(\text{消耗的CO}_2)} \times 100\%, \quad S(\text{CO}) = \frac{n(\text{转化为CO的CO}_2)}{n(\text{消耗的CO}_2)} \times 100\%,$$

$$S(\text{CH}_3\text{OH}) + S(\text{CO}) = 1, \text{ 所以 } S(\text{CO}) = 1 - S(\text{CH}_3\text{OH}) = 1 - 77.5\% = 22.5\%;$$

故答案为: 22.5%

$$Y(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{\text{CH}_3\text{OH的产率} \times \text{CO}_2\text{的进气流量}}{\text{催化剂质量}}, \text{ 已知 } Y(\text{CH}_3\text{OH}) = 4.95 \text{ mmol} \cdot \text{h}^{-1}, \text{ 进气流量 } 4.5 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1},$$

$$n(\text{CO}_2): n(\text{H}_2) = 1: 3, \text{ 所以 } \text{CO}_2 \text{ 的进气流量为 } \frac{4.5}{4} \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1}, \text{ 根据单位换算, 1h 通入 CO}_2 \text{ 的物质的量为}$$

$$\frac{4.5 \times 60 \text{ mmol}}{4}, \text{ 催化剂质量为 } 0.5 \text{ g, 因此 CH}_3\text{OH 的产率} = \frac{Y(\text{CH}_3\text{OH}) \times \text{催化剂质量}}{\text{CO}_2\text{的进气流量}} = \frac{0.5 \times 4.95 \times 4}{4.5 \times 60},$$

$$\text{甲醇的产率} = \frac{\text{甲醇的实际产量}}{\text{甲醇的理论产量}} \times 100\% = \frac{n(\text{消耗CO}_2)}{n(\text{起始CO}_2)} \times \frac{n(\text{转化为CH}_3\text{OH的CO}_2)}{n(\text{消耗的CO}_2)} \times 100\% = \text{CO}_2 \text{ 转化率}$$

$$\times \text{CH}_3\text{OH 的选择性, 280℃时甲醇的选择性为 } 77.5\%, \text{ 所以 } \frac{0.5 \times 4.95 \times 4}{4.5 \times 60} = 77.5\% \times \text{CO}_2 \text{ 转化率, 故}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 转化率} = \frac{0.5 \times 4.95 \times 4}{77.5\% \times 4.5 \times 60};$$

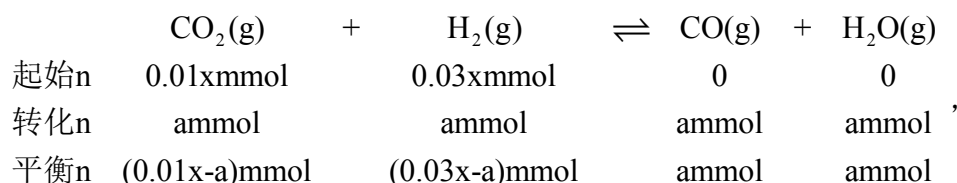
$$\text{故答案为: } \frac{0.5 \times 4.95 \times 4}{77.5\% \times 4.5 \times 60}$$

③根据题意, 该气体流速下的转化率为平衡转化率, 若假设装置中起始时含有 0.04x mmol 气体, 那么起始时

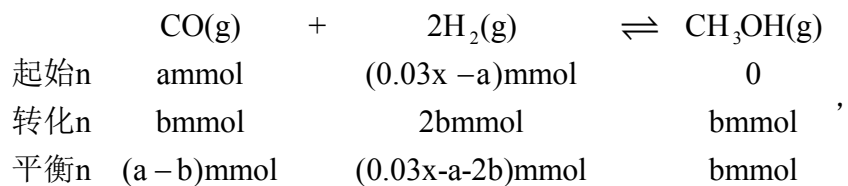
$$n(\text{CO}_2) = 0.01x \text{ mmol}, n(\text{H}_2) = 0.03x \text{ mmol}, \text{ 反应 I 中 } \Delta n(\text{CO}_2) \text{ 为 } a \text{ mmol}, \text{ 反应 II } \Delta n(\text{CO}_2) \text{ 为 } b \text{ mmol}, \text{ 则假}$$

设反应 I 达到平衡后再发生反应 II 并达到平衡, 且平衡时 $n_{\text{总}} = 0.038x \text{ mmol}$, 则有如下三段式;

反应 I 的三段式为:



反应 II 的三段式为:



根据平衡时转化率为 50%，可知 $a=0.005x$ ， $n_{\text{总}}=0.01x-a+a-b+0.03x-a-2b+a+b=0.04x-2b=0.038x\text{mmol}$ ，解得

$b=0.001x\text{mmol}$ ，则平衡时 $n(\text{CO}_2)=0.01x\text{mmol}-0.005x\text{mmol}=0.005x\text{mmol}$ 、

$n(\text{H}_2)=0.03x-a-2b=0.023x\text{mmol}$ 、 $n(\text{H}_2\text{O})=a\text{mmol}=0.005x\text{mmol}$ ， $n(\text{CO})=(a-b)\text{mmol}=0.004x\text{mmol}$ ，可以

$$\text{得到反应 I 的 } K_p = \frac{p(\text{CO})p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2)p(\text{H}_2)} = \frac{\frac{n(\text{CO})}{n_{\text{总}}}p_{\text{总}} \cdot \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n_{\text{总}}}p_{\text{总}}}{\frac{n(\text{CO})}{n_{\text{总}}}p_{\text{总}} \cdot \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n_{\text{总}}}p_{\text{总}}} = \frac{n(\text{CO})n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CO}_2)n(\text{H}_2)} = \frac{0.004x \times 0.005x}{0.023x \times 0.005x} = \frac{4}{23};$$

故答案为： $\frac{4}{23}$ 。