

“扬子石化杯”

第36届中国化学奥林匹克（江苏赛区）初赛试卷

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 Cl 35.5 Ca 40 Mn 55 Ag 108 Ba 137

题号	一	二	三	四	五	总分	核分人
得分							

1. 本试卷共 21 题，用 2 小时完成，共 100 分。
2. 不可使用计算器。
3. 用铅笔作答无效。
4. 不可使用涂改液或修正带。

一、选择题（每小题有 1-2 个选项符合题意，1-5 题每小题 2 分，6-15 题每小题 3 分，共 40 分。若有两个正确选项，选错一个得 0 分，少选一个得 1 分。请将答案填在下方的表格内）


题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	得分	阅卷人
答案																	

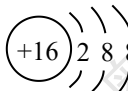
1. 迈向现代化，“苏”写新篇章。江苏“十四五”规划指出：“大力推进美丽江苏建设，促进人与自然和谐共生”。下列做法不符合该规划的是
 - A. 发展新能源汽车，实现低碳出行
 - B. 减少挥发性有机物的排放
 - C. 应禁止在食品中添加化学合成物质
 - D. 在臭氧污染重点控制区实施更严格的减排政策

2. 下列表示不正确的是

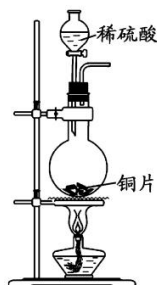
A. 中子数为 10 的氧原子： $^{10}_{8}\text{O}$

B. 由 Na 和 Cl 形成离子键的过程： $\text{Na}^{\cdot} + \cdot\ddot{\text{Cl}} \rightarrow \text{Na}^+ [\ddot{\text{Cl}}]^-$

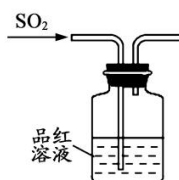
C. 乙烷的空间填充模型：

D. 硫离子的结构示意图：

3. 下列实验操作能达到实验目的的是



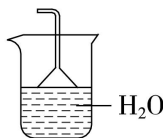
甲



乙



丙



丁

- A. 用甲装置制取 SO_2 气体
 - B. 用乙装置验证 SO_2 的漂白性
 - C. 用丙装置从 CuSO_4 溶液中提取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体
 - D. 用丁装置来吸收 SO_2 尾气
4. 已知 N_A 是阿伏加德罗常数的值，下列说法不正确的是
 - A. 每升 $\text{pH}=2$ 的 H_3PO_4 溶液中的 H^+ 数目为 $0.01N_A$
 - B. 同等质量的氧气和臭氧中，电子数相同
 - C. 1.0 mol CH_4 与 Cl_2 在光照下反应生成的 CH_3Cl 分子数为 $1.0N_A$
 - D. 48 g 正丁烷和 10 g 异丁烷的混合物中共价键数目为 $13N_A$

5. 下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是

- A. 镁可以和 CO_2 反应，可用于制造信号弹和焰火
- B. 纳米 Fe_3O_4 能与酸反应，可用作铁磁性材料
- C. 锂单质较活泼，在铝中添加适量，制得低密度、高强度的铝合金
- D. 无水 CoCl_2 呈蓝色，吸水会变为粉红色，可用于判断变色硅胶是否吸水

6. 前 4 周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大，基态时 X 的 2p 原子轨道上有 2 个电子，Y 的周期序数与族序数相等，Z 的第二电离能远小于第三电离能，W 与 X 处于同一主族。下列说法正确的是

- A. 原子半径： $r(\text{X}) < r(\text{Y}) < r(\text{Z}) < r(\text{W})$
- B. Y 的最高价氧化物对应的水化物不可以与强碱反应
- C. X 与 Z 形成的一种二元化合物可用于制备乙炔
- D. 可能存在 W_2H_6 的化合物，且其热稳定性低于 X_2H_6

7. 下列判断正确的是

- A. Ba^{2+} 、 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 、 NO_3^- 、 OH^- 能在溶液中大量共存
- B. 常温下，水电离出的 $c(\text{H}^+) = 10^{-10} \text{ mol/L}$ ： Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 四种离子能大量共存
- C. 将 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液与 $0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$ 溶液等体积混合：

$$\text{NH}_4^+ + \text{Fe}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$$
- D. 用“示踪原子法”来判断反应的历程：

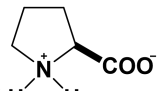
$$5\text{H}_2^{18}\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 4^{18}\text{O}_2 \uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$$

8. 在给定条件下，下列选项所示的物质间转化均能实现的是

- A. $\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Na}(\text{s}) \xrightarrow[\Delta]{\text{O}_2(\text{g})} \text{Na}_2\text{O}_2(\text{s})$
- B. $\text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{石灰乳}} \text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{MgO}(\text{s})$
- C. $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \xrightarrow[\text{高温}]{\text{Al}(\text{s})} \text{Fe}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} \text{FeO}(\text{s})$
- D. $\text{CuSO}_4(\text{aq}) \xrightarrow{\text{少量氨水}} \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{过量氨水}} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$

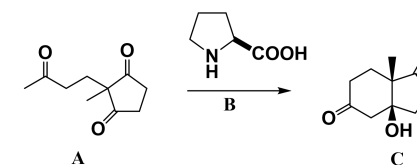
9. 构建分子是“一门困难的艺术”。利斯特和麦克米伦因开发出一种精确的分子构建工具——不对称有机催化而获的 2021 年诺贝尔奖，下图是一个典型的不对称催化反应，下列说法中正确的是

A. A 的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_3$

- B. 当 B 处于  时，在水中的溶解度相对最小
- C. C 可以发生取代、加成、消去、氧化等反应
- D. ABC 三种物质中一共含有 4 个手性碳原子


10. 将 SiCl_4 氢化为 SiHCl_3 有三种方法，对应的反应依次为：

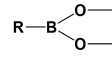
- ① $\text{SiCl}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H_1 > 0$
- ② $3\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{Si}(\text{s}) \rightleftharpoons 4\text{SiHCl}_3(\text{g}) \quad \Delta H_2 < 0$
- ③ $2\text{SiCl}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{Si}(\text{s}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{SiHCl}_3(\text{g}) \quad \Delta H_3$



下列说法中不正确的是

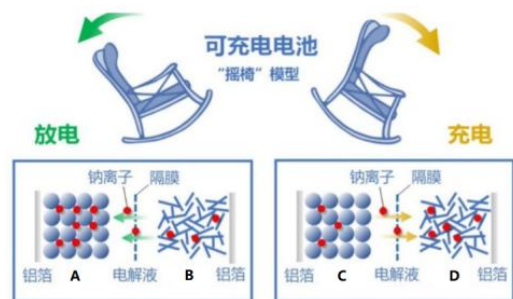
- A. 反应的①的 $\Delta S > 0$ B. 反应的②的 $K = \frac{c^4(\text{SiHCl}_3)}{c^3(\text{SiCl}_4)c^2(\text{H}_2)}$
 C. $\Delta H_3 > 0$ D. 反应③常温下一定能自发进行

11. 有机硼酸 $\text{RB}(\text{OH})_2$ () 是硼酸分子的衍生物, 在分子结构上可以看作是硼酸分子的一个羟基被烷基或芳基取代后的产物。下列推测中不正确的是

- A. $\text{RB}(\text{OH})_2$ 是一个二元酸
 B.  是一个酯类化合物
 C. 已知 $\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+$, 则 $\text{B}(\text{OH})_3$ 为一元弱酸。
 D. 已知 $3\text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{NH}_3 = 2\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6 + 12\text{H}_2$, 则 B_2H_6 中 H 显-1 价。

12. 俄乌战争的爆发叠加新冠病毒的肆虐, 使得锂矿价格不断飙升。作为锂离子电池的补充与潜在替代, 钠离子电池已逐步商业化, 其充放电过程是 Na^+ 在正负极间的镶嵌与脱嵌, 类似于摇椅。下列说法不正确的是

- A. 图中的 A 极为电池的正极
 B. 放电时负极区 Na 单质失去电子
 C. 该电池的电解质溶液可以是水体系
 D. 该电池一种正极材料为 $\text{NaFeFe}(\text{CN})_6$, 充电时的电极反应为: $\text{Na}_{1+x}\text{FeFe}(\text{CN})_6 - x\text{Na}^+ - xe^- = \text{NaFeFe}(\text{CN})_6$



13. 下列叙述 I 和 II 均正确并有因果关系的是

选项	叙述 I	叙述 II
A	KNO_3 的溶解度大	用重结晶法除去 KNO_3 中混有的 NaCl
B	NH_4Cl 受热易分解	用加热法除去 NaCl 中的 NH_4Cl
C	铝表面的氧化膜比较致密	含盐腌制品可直接存放在铝制容器中
D	漂白粉中的 CaCl_2 与空气中的 CO_2 反应生成 CaCO_3	漂白粉在空气中久置变质

14. 室温下, 通过下列实验探究 Na_2SO_3 溶液的性质

实验 1: 用 pH 计测量 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液的 pH, 测得 pH 为 9.66

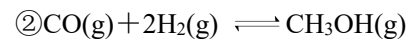
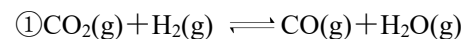
实验 2: 取一半体积的上述溶液先升温, 再降至室温, 用 pH 计测得溶液 pH 为 9.25

实验 3: 在实验 1 剩余溶液和实验 2 所得溶液中分别加入盐酸酸化的 BaCl_2 溶液做对比实验, 实验 2 所得溶液产生白色沉淀, 实验 1 剩余溶液无现象。

下列说法不正确的是

- A. $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_3 溶液中存在: $c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{HSO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
 B. 实验 2 升温过程中, 溶液的 pH 可能变大
 C. 实验 2 与实验 1 测得的 pH 不同的原因是由于 SO_3^{2-} 浓度减小
 D. 将 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HCl 与 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_3 溶液等体积混合, 则溶液的 $\text{pH} > 7$ 且存在:
 $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)$ (已知 NaHSO_3 : $K_a > K_b$)

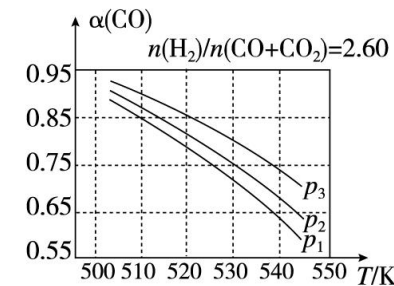
15. 将一定量的合成气(主要成分为 CO 、 CO_2 和 H_2) 通入一密闭容器中在催化剂作用下合成甲醇, 发生以下两个反应:



经 10 分钟后, 反应达到平衡, $c(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.4 \text{ mol/L}$

下列说法不正确的是

- A. 体系中 CH_3OH 的生成速率 $v(\text{CH}_3\text{OH}) \approx 6.67 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$
 B. 合成气组成不变时, 增大体系压强, CO_2 的转化率 $\alpha(\text{CO}_2)$ 不变
 C. 当合成气组成 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO} + \text{CO}_2)$ 增大时, 平衡时 CH_3OH 的体积分数一直变大
 D. 当合成气组成 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO} + \text{CO}_2) = 2.6$ 时, 右图中的 $P_3 > P_2 > P_1$

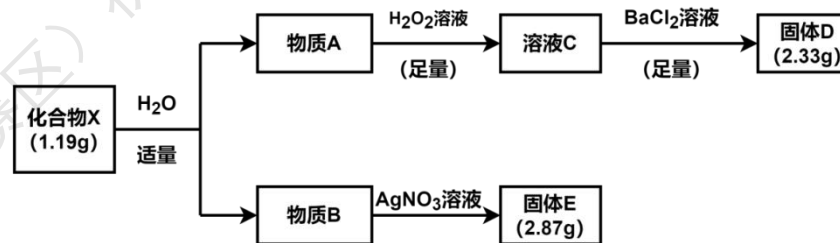


得分	阅卷人

二、(本小题共 2 小题, 共 20 分)

16. (7 分) 化合物 X 含三种常见主族元素, 其与 Li 可构成实际应用电池系列中比能量最高的一种电池。

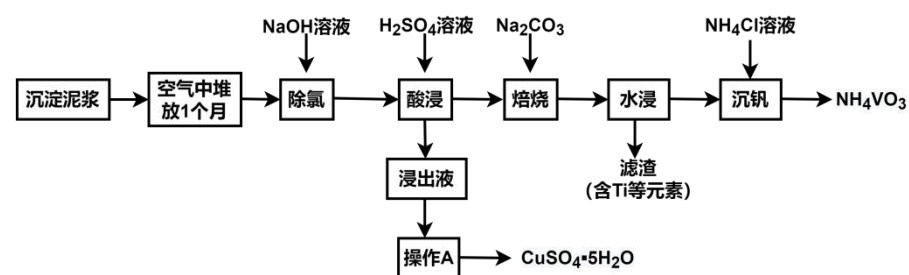
按如下流程进行实验。



已知: 物质 A 和 B 常温下为气体且 A 可使品红溶液褪色

- (1) 组成 X 的三种元素是 _____ (用元素符号表示), X 的化学式是 _____。
 (2) 用一个化学方程式说明物质 B 的酸性强于物质 A 的水化物 _____。
 (3) X 可由如下反应来制备, $\text{ClSO}_3\text{H} + \text{S}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{X} + \text{A} + \text{B}$, 请补充完整该反应方程式并配平 _____。
 (4) 当 X 与过量 H_2O 反应时得溶液 F, 写出溶液 F 中物质 B 的阴离子的检验方案: _____

17. (13 分) 某工厂废液经简易处理后的沉淀泥浆中含大量碎铜丝和少量的 V、Ti、Fe、Si 等元素的氯化物以及复杂化合物, 一种以该沉淀泥浆为原料回收铜与钒的工艺流程图如下:



- 已知：①沉淀泥浆在空气中堆放后由灰色变成疏松绿色粉状物
 ②常温时， $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=2.79 \times 10^{-39}$ ， $K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]=2.2 \times 10^{-20}$
 ③溶液中的离子浓度在 10^{-5}mol/L 数量级时，可认为已除尽或不存在。

回答下列问题

(1) 在空气中堆放的主要目的_____，不直接在空气中焙烧的优点为_____。

(2) ①常温下除氯时，将溶液 pH 调节为 11，写出沉淀泥浆中 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ 参与的离子方程式
 _____。

② NH_4VO_3 在密闭容器中加热先分解为 V_2O_5 ，该反应的化学方程式为
 _____。

继续加热， V_2O_5 可进一步被还原为 VO_2 ，该反应的化学方程式为_____。

(3) 操作 A 的过程为：_____、_____、过滤洗涤。洗涤时用少量冰水
 洗涤的目的为①除去晶体表面附着的硫酸等杂质；②_____。

(4) 酸浸时，溶液 pH 为 2.5 左右时较为合适，结合数据说明原因_____

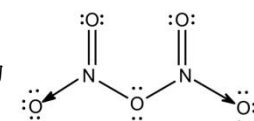
得分	阅卷人

三、(本小题共 2 小题，共 22 分)

18. (10 分) 非金属氮化物在生产、生活和科研中应用广泛。回答下列问题：

(1) 基态 N 原子核外电子的运动状态有_____种；N、O、F 第一电离能由大到小的顺序为_____。

(2) 氟化硝酰 (NO_2F) 可用作火箭推进剂中的氧化剂， NO_2F 中心原子的杂化方式为_____。

(3) 气态 N_2O_5 的分子结构为 ，而固态 N_2O_5 则由一种直线型的阳离子 X 与一种
 平面正三角形的阴离子 Y 构成。X 的化学式为_____，Y 的化学式为_____。

(4) 含有多个配位原子的配体与同一中心离子(或原子)通过螯合配位成环而形成的配合物为螯合物。

一种 Cd^{2+} 配合物的结构如图 1 所示，1mol 该配合物中通过螯合作用形成的配位键有_____mol。

(5) 一种新型的氮碳化合物 W (C_{11}N_4) 的晶体属于四方晶系，其沿着 y 轴的投影如图 2 所示，晶胞
 参数及侧视图如图 3 所示(部分原子未画出)。

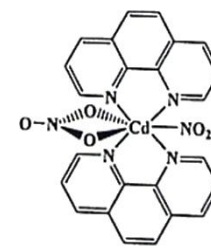


图 1

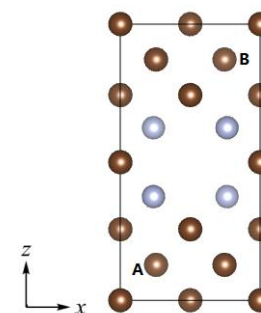


图 2

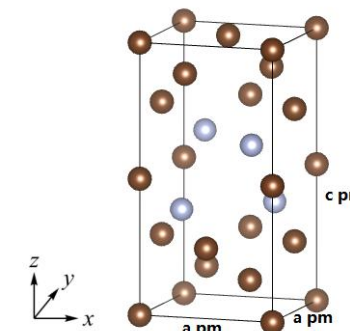


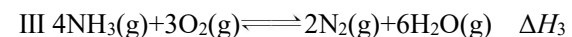
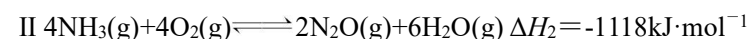
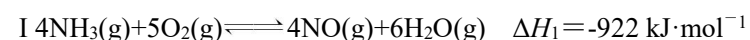
图 3

①请在图 3 上补齐缺失的原子。

②已知 A 原子的分数坐标为(0.255, 0.745, 0.128)，则 B 原子的分数坐标为_____。

19. (12 分) 氨的催化氧化反应是硝酸工业中的重要反应，某条件下 NH_3

与 O_2 作用时可发生如下 3 个反应，请回答



已知：298K 时，相关物质的焓的数据(如图 1)。

(1) 根据相关物质的焓计算 $\Delta H_3 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 将一定比例的 NH_3 、 O_2 和 N_2 的混合气体以一定流速通过装有催化

剂的反应管， NH_3 的转化率、生成 N_2 的选择性与温度的关系

如图 2 所示。

①除去工业尾气中的 NH_3 适宜的温度为_____。

②随着温度的升高， N_2 的选择性下降的原因可能为
 _____。

(3) 在一定温度下，氨气溶于水的过程及其平衡常数为：



其中 p 为 $\text{NH}_3(\text{g})$ 的平衡压强， $c(\text{NH}_3)$ 为 NH_3 在水溶液中的平衡浓度。

氨气在水中的溶解度(以物质的量浓度表示)为 c，则 $c =$ _____

(用平衡压强 p 和平衡常数 K_1 、 K_2 表示)。

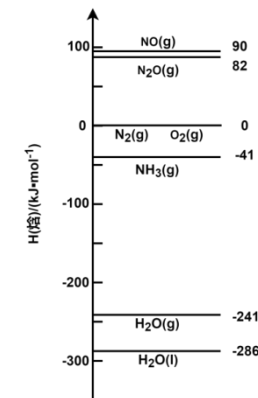


图 1

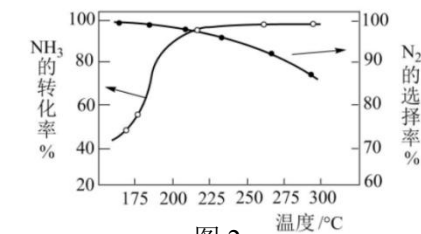


图 2

(4)为了探究大气中 NH₃ 对 SO₂ 和 NO₂ 反应的影响, 图 3 和图 4 展示了无 NH₃ 与有 NH₃ 存在时反应过程的相关优化构型, 表 1 列出了相关构型的相对能量。

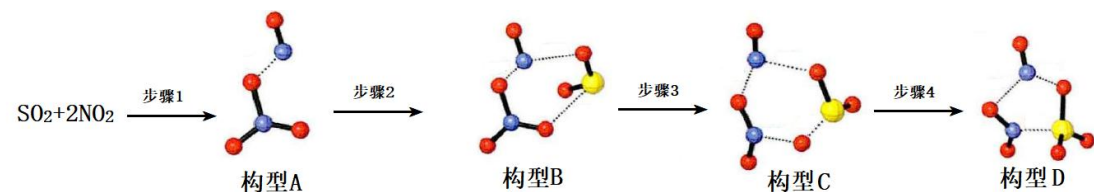


图3

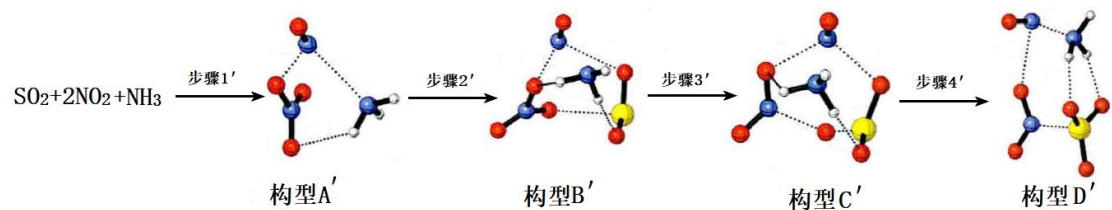


图4

构型	SO ₂ +2NO ₂	构型 A	构型 B	构型 C	构型 D
相对能量/(kcal/mol)	0	-7.33	-11.78	33.70	-23.27
构型	SO ₂ +2NO ₂ +NH ₃	构型 A'	构型 B'	构型 C'	构型 D'
相对能量/(kcal/mol)	0	-10.18	-15.12	25.48	-35.22

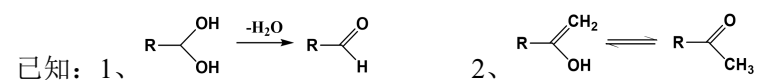
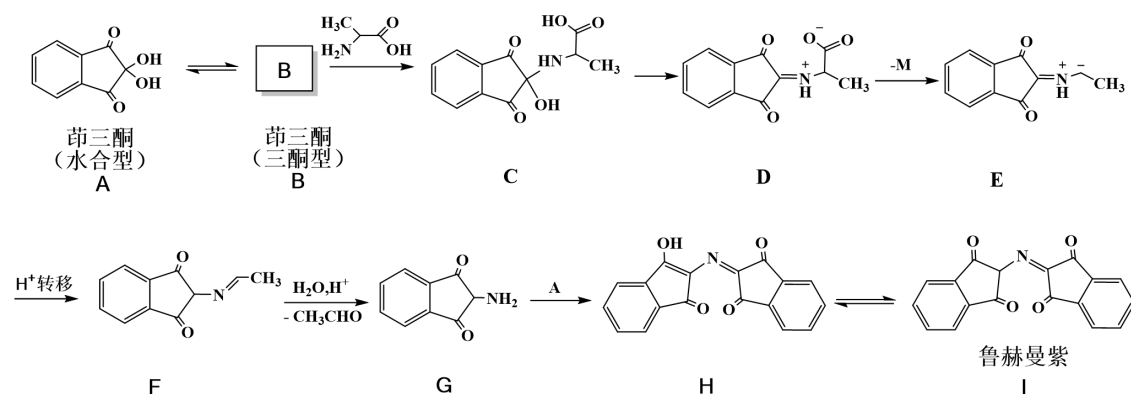
①无 NH₃ 存在时的决速步骤为_____。

②对比图 3 与图 4, NH₃ 的功能为_____

得分	阅卷人

四、(本小题共 1 小题, 共 12 分)

20. (12 分) 指纹可以直接认定人身, 被认为是在犯罪现场中发现的最重要的物证之一, 有着“物证之首”的美誉, 茚三酮显色法是潜指纹显现的一种最常见的方法。其显色过程如下(部分条件和结构已忽略或做简化处理):



请回答下列问题:

(1)请写出物质 B 的结构简式_____, 物质 M 的化学式_____。

(2)物质 C 中含有的含氧官能团名称为_____。

(3)写出物质 G+A 生成 H 的化学方程式_____。

(4)写出满足下列要求的 F 的同分异构体: _____。(不少于 2 种)

①结构中有一个含 N 或 O 的六元杂环, 杂环上只有 1 个取代基

②遇 FeCl₃ 溶液显紫色

③含有 5 种环境的 H 原子

(5)写出由丙炔 (H₃C-C≡CH) 和丙氨酸 (H₃C-CH(NH₂)-COOH) 为原料经过 6 步合成 $\left[\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_3) \right]_n$ 的合成路线图(无机试剂任选)

得分	阅卷人

五、(本小题共 1 小题, 共 6 分)

21. (6 分) 某实验室用如下方案测定某样品中 KBF₄ 的含量:

①准确称取 0.610g 苯甲酸, 溶于 20.00 mL 乙醇中, 在酚酞指示下以标准 NaOH 溶液滴定, 消耗 NaOH 溶液 25.00 mL。

②准确称取 0.378g KBF₄ 样品, 用 50 mL 水溶解, 加入 30 mL 中性 300 g·L⁻¹ CaCl₂ 溶液, 摇匀, 加热回流 3 分钟, 冷却后加入 25.00 mL 标准 NaOH 溶液, 重新加热回流 50 分钟, 冷却后在甲基橙指示下用标准 NaOH 溶液滴定至终点(溶液为橙色), 消耗 NaOH 溶液 11.00mL。

已知: ①2Ca²⁺ + BF₄⁻ + 3H₂O = 3H⁺ + H₃BO₃ + 2CaF₂

②H₃BO₃ 的 K_a=5.81×10⁻¹⁰

③M(苯甲酸)=122g/mol M(KBF₄)=126g/mol

④整个过程中杂质不参与反应

请计算样品中 KBF₄ 的含量, 写出计算过程, 结果取 3 位有效数字