

化学试题

(考试时间：75 分钟 试卷满分：100 分)

注意事项：

- 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号等填写在答题卡和试卷指定位置上。
- 回答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。
- 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：Zr-91

一、单项选择题：本题共 15 小题，每小题 3 分，共 45 分。每小题只有一个选项最符合题目要求。

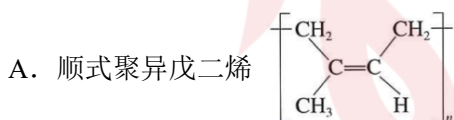
1. 川蜀大地历史悠久，文化灿烂。下列物质的主要成分属于无机非金属材料的是 ()



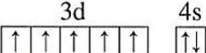
2. 下列与物质性质相关的说法正确的是 ()

- 亚硝酸钠可用作食品防腐剂和护色剂，说明其可大量使用
- 向青蒿素溶液中加入足量 KI 溶液和几滴淀粉溶液，溶液变蓝，因青蒿素中含有过氧键 (—O—O—)
- 臭氧在四氯化碳的溶解度高于在水中的溶解度，因其为非极性分子
- 18-冠-6 可用于催化甲苯与酸性高锰酸钾的反应，因其与 K^+ 发生了自组装

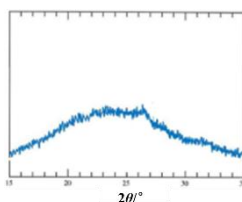
3. 下列化学用语或图示正确的是 ()



- B. CH_2Br-CH_2Br 的系统命名为：二溴乙烷

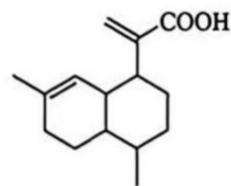
- C. 某激发态锰原子的价层电子排布图：

- D. 晶态 SiO_2 的 X 射线衍射图



4. 青蒿酸（结构简式如右图所示）可用于合成青蒿素。设 N_A 为阿伏伽德罗常数的值。下列关于青蒿酸的说法中正确的是（ ）

- A. 不能形成分子间氢键
 B. 1 mol 青蒿酸中有 $4 N_A$ 个手性碳原子
 C. 1 mol 青蒿酸最多可与 3 mol H_2 直接加成
 D. 青蒿酸与 HBr 按 1:1 发生加成反应的产物，无法通过质谱图中的碎片峰分辨
5. 下列实验装置使用正确的是（ ）



A. 证明 Na_2O_2 与水反应生成 O_2	B. 蒸发 $MgCl_2$ 溶液得到无水 $MgCl_2$	C. 分离铁粉和 I_2	D. 从铝合金中提取 Al

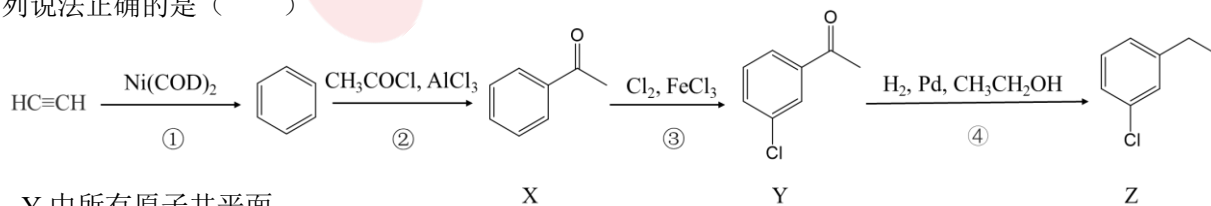
6. 下列过程的反应方程式错误的是（ ）

- A. 浓盐酸与 $K^{37}ClO_3$ 反应： $K^{37}ClO_3 + 6HCl(浓) = K^{37}Cl + 3Cl_2\uparrow + 3H_2O$
 B. 高炉炼铁尾气中一直含有比例不变的 CO ： $C + CO_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2CO$
 C. 向 $NaHCO_3$ 溶液中通入少量的 Cl_2 ： $HCO_3^- + Cl_2 = Cl^- + HClO + CO_2$
 D. 向 $CuSO_4$ 溶液中逐滴滴加氨水至蓝色沉淀溶解： $Cu^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O + 2NH_3 = [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2H_2O$

7. $Na_3[Co(NO_2)_6]$ 可通过反应 $12NaNO_2 + 2Co(NO_3)_2 + H_2O_2 + 2CH_3COOH = 2Na_3[Co(NO_2)_6] + 4NaNO_3 + 2H_2O + 2CH_3COONa$ 制取。下列说法错误的是（ ）

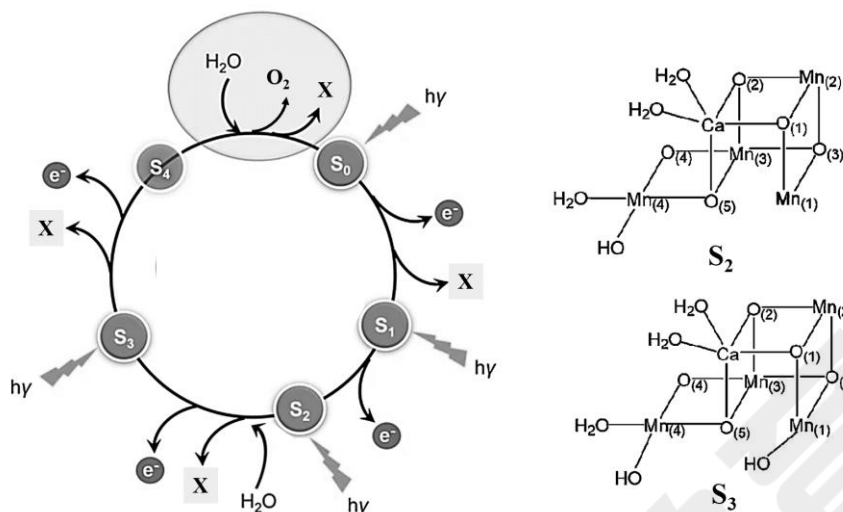
- A. 反应生成 1 mol $Na_3[Co(NO_2)_6]$ 转移 1 mol e^-
 B. $Na_3[Co(NO_2)_6]$ 和 H_2O 分别为离子晶体和分子晶体
 C. NO_2^- 和 NO_3^- 的 VSEPR 模型均为平面三角形
 D. H_2O_2 中的 O-O 键和 CH_3COOH 中的 C-C 键均为非极性键

8. 间氯乙基苯是一种重要的医药合成及化工中间体，一种通过傅克酰基化反应合成它的线路如下所示，下列说法正确的是（ ）



- A. Y 中所有原子共平面
 B. Z 可与酸性 $KMnO_4$ 反应
 C. 反应①为加聚反应，反应④为还原反应
 D. 反应③与④可以交换反应顺序

9. 光合作用是自然界最重要的过程之一，在光系统II中发生水的氧化。其活性中心是含 4 个锰原子的配位簇（称为锰氧簇）。水的氧化过程简示如下图，其中 S_0 为锰氧簇的初始状态，下列说法错误的是（ ）



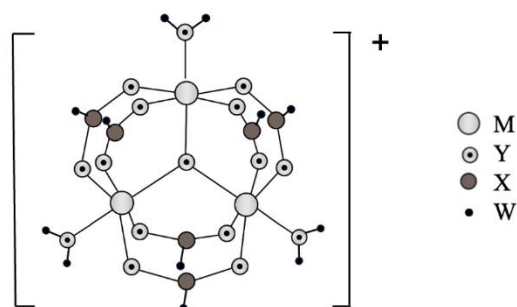
- A. X 为 H_2
- B. 循环过程中 Mn 元素的化合价发生改变
- C. S_4 起到氧化剂的作用
- D. 该过程实现了光能到化学能的转化

10. 根据下列操作及现象，得出结论错误的是（ ）

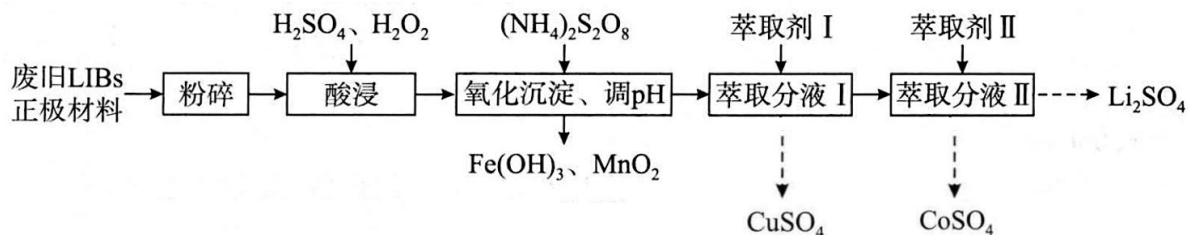
选项	操作及现象	结论
A	分别将等 pH 的甲酸、乙酸溶液稀释 100 倍，乙酸的 pH 小于甲酸	推电子作用： CH_3- > $H-$
B	向 NaBr 和 NaI 均为 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的混合溶液中加入 CCl_4 ，再逐滴滴加新制氯水并振荡，下层首先出现紫红色	还原性： $I^- > Br^-$
C	向盛有 2 mL 鸡蛋清溶液的试管中滴加 $AgNO_3$ 溶液，有沉淀析出，加蒸馏水稀释后，振荡，沉淀不溶解	蛋白质活性改变
D	乙酰水杨酸加水溶解，滴入 2 滴稀硫酸振荡后，滴入几滴 $FeCl_3$ 溶液，未出现紫色	乙酰水杨酸未水解

11. 右图为一结构特殊的多核配阳离子，W、X、Y 为原子序数依次增大的短周期主族元素，X 和 Y 均位于第二周期，基态原子中单电子个数相同，且 Y 的第一电离能低于同周期相邻元素。M 是地壳中含量第四多的元素。该阳离子结构高度对称，三个 M 与中心 Y 共平面，下列说法错误的是（ ）

- A. 配阳离子中 M 的价电子排布为 $3d^5$
- B. 配阳离子中心的 Y 呈 sp^2 杂化
- C. 第二电离能： $Y < X$
- D. 简单氢化物的沸点： $Y > X$



12. 废旧锂离子电池（LIBs）正极材料以 LiCoO_2 为主，含 Mn 、 Fe 、 Cu 的氧化物杂质。某团队设计如下流程实现金属的高效回收。下列说法错误的是（ ）



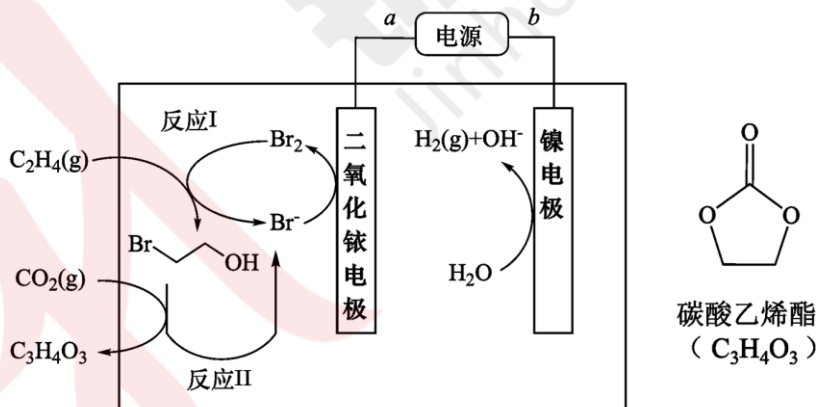
已知：①“酸浸”后， $c(\text{M}^{n+}) = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Cu}$)；

② $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 10^{-39}$, $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 10^{-20}$, $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 10^{-15}$, 当金属离子浓度小于等于 $10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 即认为完全沉淀；

③萃取剂 I 的结构简式：

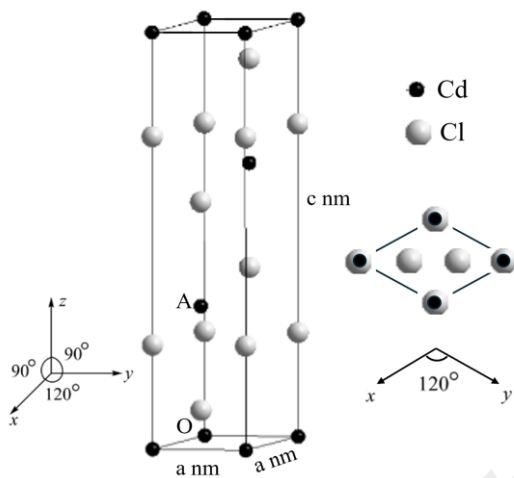
- A. “酸浸”过程中， H_2O_2 主要作氧化剂
 B. “氧化沉淀、调 pH”过程中需控制溶液 pH 的范围为 2.7 ~ 5.0
 C. 生成 MnO_2 的离子反应方程式： $\text{Mn}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
 D. 萃取剂 I 可通氧原子和氮原子与 Cu^{2+} 的空轨道形成配位键

13. 一种无膜电合成碳酸乙烯酯 ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$) 的工作原理如图，其中电解质为 Cs_2CO_3 溶液。下列说法正确的是（ ）



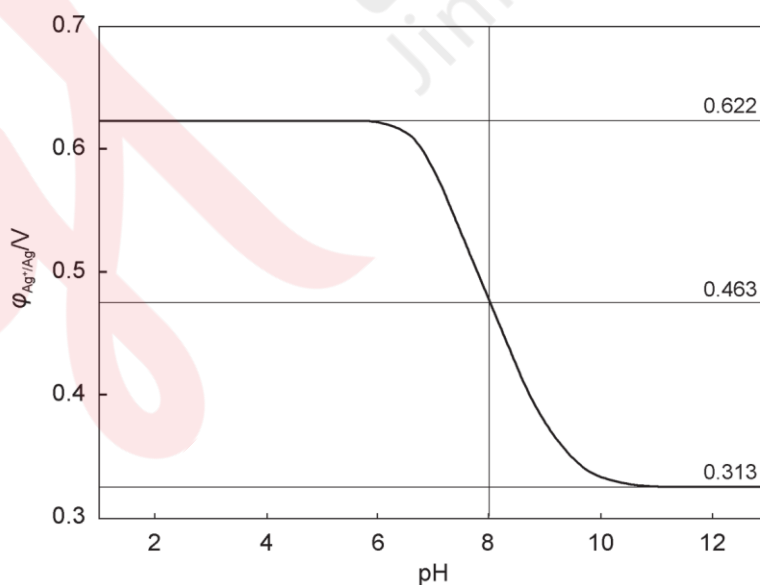
- A. b 为电源正极
 B. 反应前后 Br^- 的物质的量不变
 C. 二氧化钛电极区域发生的总反应为： $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{H}^+$
 D. 电路中每转移 2 mol 电子，阴极产生气体 22.4 L

14. 某镉氯化物的晶胞结构如下图所示，其中 A 粒子的分数坐标为 $(\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$ 。下列说法错误的是 ()



- A. 该化合物的化学式为 CdCl_2
- B. 镉离子的配位数为 6
- C. 该晶体为混合晶体
- D. A 到原点 O 的核间距为 $\sqrt{\frac{5}{9}a^2 + \frac{1}{9}c^2}$ nm

15. 将银电极插入 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{NO}_3$ 和 $0.001 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 混合溶液中，测得电极电势 $\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}$ (单位:V) 随溶液 pH 的变化如下图所示 (假定溶液体积不变, N 元素物质的量始终不变), 该溶液任意时刻的电极电势可由 $\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = \varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^\ominus + 0.059 \lg c(\text{Ag}^+)$ 进行计算。已知溶液中发生反应: $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$ 和 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 。下列说法错误的是 ()



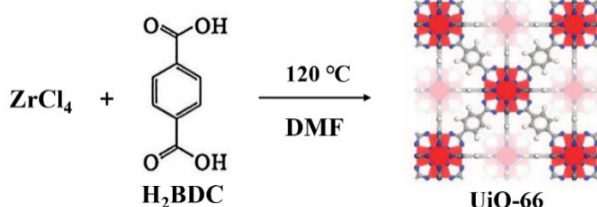
- A. $\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^\ominus = 0.799 \text{ V}$
- B. 反应 $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的平衡常数 K 为 10^7 数量级
- C. $\text{pH} = 7$ 时, $c(\text{Ag}^+) + c(\text{NH}_4^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = c(\text{NO}_3^-)$
- D. 由该过程可知, 反应 $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 可设计为原电池

二、非选择题：本题共 4 小题，共 55 分。

16. (14 分)

金属有机框架 (MOF) 因结构可调、比表面积大等优势成为材料领域热点，其开创性研究荣获 2025 年诺贝尔化学奖。某课题组制备了锆基 MOF 材料 UiO-66 并确定其中 Zr 的质量分数。

I. UiO-66 的制备



实验步骤：

室温下，将 ZrCl_4 和对苯二甲酸 (H_2BDC) 于有机溶剂 N,N-二甲基甲酰胺 (DMF，含微量水) 中搅拌溶解，后转入水热釜，在 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 反应 24 h。冷却后过滤收集白色沉淀，依次用 DMF、乙醇洗涤除去杂质，干燥后得到 UiO-66 晶体。

已知：DMF 与水互溶，与乙醇互溶。

II. UiO-66 中 Zr 质量分数的测定

准确称取样品 a g，用浓盐酸加热煮沸使其完全分解，Zr 全部转化为 Zr^{4+} ，冷却后定容至 250 mL，移取 25.00 mL 待测液于锥形瓶中，以二甲酚橙为指示剂，用 $c\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2EDTA 标准溶液滴定至终点，平行测定三组，消耗标准溶液的平均体积为 V mL。

已知：①EDTA 为四元弱酸， Na_2EDTA 为其二钠盐。 Zr^{4+} 与 EDTA^{2-} 按照 1:1 结合；

②EDTA 的四级电离常数： $K_{a1}=1\times 10^{-2}$ ， $K_{a2}=2\times 10^{-3}$ ， $K_{a3}=6.9\times 10^{-7}$ ， $K_{a4}=5.5\times 10^{-11}$ ；

③二甲酚橙与 Zr^{4+} 可形成紫红色配合物，其配位能力弱于 EDTA^{2-} ，游离的二甲酚橙为亮黄色。

(1) 该反应可以通过以下哪种加热仪器加热_____ (填标号)。

- a. 水浴锅 b. 酒精灯 c. 烘箱

(2) ZrCl_4 在反应中先部分水解为 $[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4]^{12+}$ 锆氧簇核，该步骤的化学反应方程式为：_____；再与对苯二甲酸解离出的 BDC^{2-} 配体通过配位键结合，自组装形成 UiO-66 晶体。若反应过程中水过量会导致_____。

(3) 产品先用 DMF 多次洗涤，检验产物中已洗净的方法是_____。

(4) 滴定过程中， Na_2EDTA 标准溶液液应置于_____ (填“酸式”或“碱式”) 滴定管，原因是_____；滴定终点实验现象为_____。

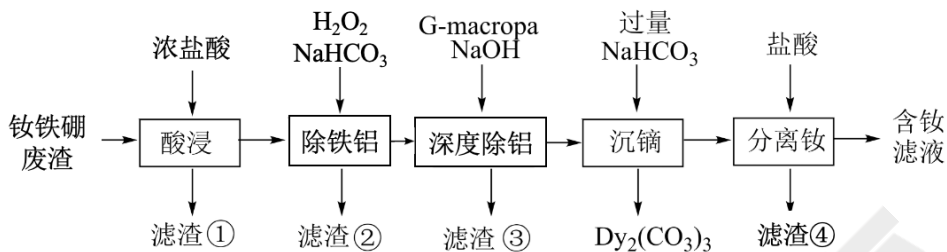
(5) 根据实验数据，产物中 Zr 的质量分数为_____ %。

(6) 下列操作会导致实验结果偏低的是_____ (填标号)。

- a. 滴定管未用 Na_2EDTA 润洗
 b. 滴定体系 pH 偏高
 c. 滴定前滴定管尖嘴有气泡，滴定后气泡消失
 d. 样品消解不充分，UiO-66 未完全分解

17. (13分)

近日，四川发现世界第二大在产轻稀土矿，稀土元素的分离与提纯具有重大意义。从钕铁硼磁铁废渣（主要成分为 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ，含少量 SiO_2 ， Dy_2O_3 ， Al_2O_3 ）中利用新型稀土螯合剂 G-macropa 分离提取稀土 Nd 和 Dy 的一种新型工艺如下：

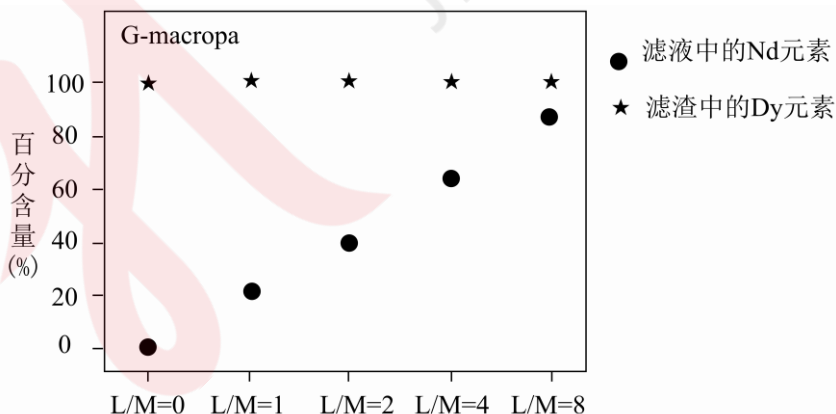


已知：①B 难溶于非氧化性酸；

②常温下， $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1.3 \times 10^{-33}$ ； $K_{sp}[\text{Nd}(\text{OH})_3] = 3.2 \times 10^{-22}$ ； $K_{sp}[\text{Dy}(\text{OH})_3] = 1.4 \times 10^{-22}$ ；

③G-macropa 是一种离子螯合剂，溶于中性水溶液，不溶于强酸。其与 Nd^{3+} 和 Dy^{3+} 均可形成 1:1 型配合物。

- 基态钕原子的价层电子排布式为 $4f^4 6s^2$ ，位于元素周期表第_____周期，第_____族。
- “滤渣 1”的主要成分为_____（填化学式）。
- “除铁”步骤中，使用 NaHCO_3 将溶液 pH 调至 4 左右，铁转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀，该步骤中生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀的离子反应方程式为_____；滤液中 $c(\text{Al}^{3+}) = \text{_____} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
- “深度除铝”步骤中，在使用 NaOH 之前，先加入 G-macropa 螯合剂的目的是_____。
- 假定当 Nd^{3+} 与 Dy^{3+} 按 1:1 混合时，二者在“沉镝”步骤中的分离效率随“深度除铝”步骤中配体 G-macropa 与金属离子物质的量之比（L/M 比）变化，变化趋势如下图所示。



- 由图可知，该实验条件下，利用 G-macropa 分离 Nd^{3+} 与 Dy^{3+} 的最佳 L/M 比为_____。
- 由图及流程可推测_____（填离子符号）与螯合剂 G-macropa 形成的配合物更稳定。
- “滤渣④”的主要成分为_____，可返回到_____步骤中利用。

18. (13分)

我国科研人员提出一种采用 BaC_2 替代 CaC_2 作为煤制乙炔的关键中间体的绿色环保路线，实现了 C_2H_2 和 CO 联产新工艺。用 BaCO_3 和焦炭为原料，经反应 I、II 得到 BaC_2 。



已知： $\Delta_f H_m$ 为物质生成焓，反应焓变 $\Delta H = \text{产物生成焓之和} - \text{反应物生成焓之和}$ 。相关物质的生成焓如下表所示。

物质	$\text{BaCO}_3(\text{s})$	$\text{C}(\text{s})$	$\text{BaC}_2(\text{s})$	$\text{CO}(\text{g})$
$\Delta_f H_m / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	-1214.0	0.0	-74.1	-110.5

回答下列问题：

- 生成 $\text{BaC}_2(\text{s})$ 的总反应 III，其热化学方程式为_____， ΔS ___ 0（填“>”、“<”或“=”），反应在 ___（填“高温”、“低温”或“任意温度”）自发进行。
- 恒压容器中，焦炭与 BaCO_3 的物质的量之比为 4:1，Ar 为载气。1400K、1723K 和 1823K 下， BaC_2 产率随时间的关系曲线依实验数据拟合得到下图 1（不考虑接触面积的影响）。
 - 将反应体系控制在 1400 K 时，实验表明 BaCO_3 已全部消耗。此时反应体系中的含 Ba 物种为_____；
 - 数据线①对应的温度是_____ K，其原因是_____。
- 已知 $K_p = (p_{\text{CO}})^n$ 、 $K = \left(\frac{p_{\text{CO}}}{10^5 \text{ Pa}}\right)^n$ （n 是 CO 的化学计量系数）。反应 I、II 的 $\lg K$ 与温度关系曲线如下图 2 所示。
 - 总反应 III 在 1585 K 下的 $K_p = \text{Pa}^3$ ；
 - 工业上通过降低 CO 分压来降低 BaCO_3 的分解温度，其原因是_____。

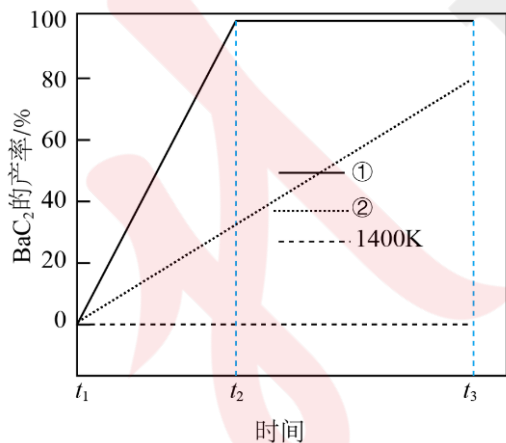


图 1

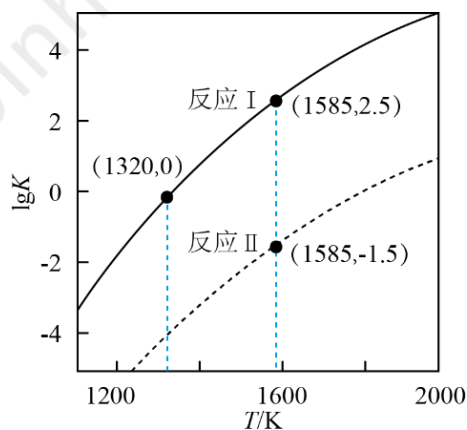
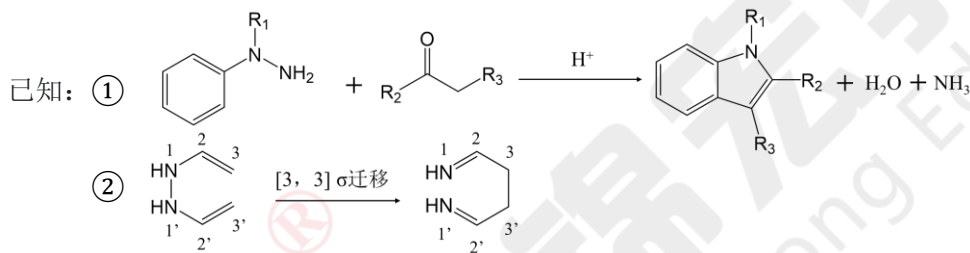
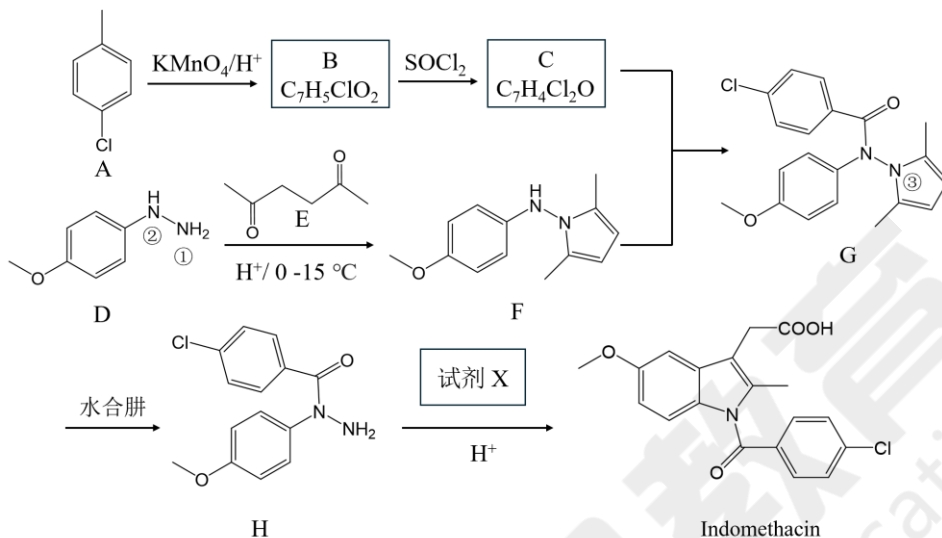


图 2

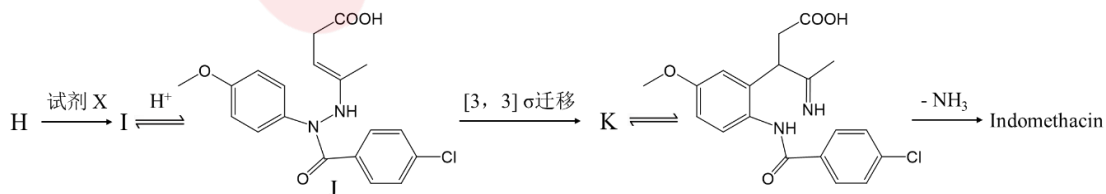
19. (15分)

吲哚美辛 (Indomethacin) 是一种可减少发热、疼痛的非甾体类抗炎药，其合成路线 (部分试剂及反应条件略) 如下图所示。



回答下列问题：

- (1) B 的化学名称是_____。
- (2) 吲哚美辛中含氧官能团的名称是羧基、_____、_____。
- (3) 由 F 生成 G 的反应类型是_____。
- (4) 由 D 生成 F 的反应方程式为_____；该步骤的目的是_____。
- (5) 已知含氮化合物的碱性随 N 原子孤电子对电子云密度的增大而增强，且 G 中③号 N 原子呈 sp^2 杂化形式。请对图 D、G 中标号的 N 原子按照碱性从大到小排序：_____ (排标号)。
- (6) C 的同分异构体中，同时满足下列条件的共有_____种。
 - a. 含有苯环
 - b. 能发生银镜反应
 - c. 核磁共振氢谱为 4 组峰
- (7) H 与试剂 X 经多步反应生成 Indomethacin。



H 和 X 进行先加成后消去的反应生成中间产物 I (结构中含有碳氮双键)，后 I 异构为 J。写出中间产物 I 与 K 的结构简式。I 为_____；K 为_____。