

2025 年全国各地高考化学试题分类专题卷汇编

目 录

专题一 物质的组成、性质与分类 化学与 STSE 传统文化	1	题组 2 元素推断与元素周期律	29
题组 1 物质的组成与分类	1	题组 3 物质结构与性质	32
题组 2 化学与 STSE	2	题组 4 晶体结构与性质	38
题组 3 化学与传统文化	4	专题八 有机化学基础	42
专题二 阿伏加德罗常数的应用	5	专题九 化学反应的热效应、反应历程 ...	48
专题三 反应方程式 离子共存	7	题组 1 化学反应的热效应	48
题组 1 反应方程式	7	题组 2 反应历程(机理)	49
题组 2 离子共存	8	专题十 电化学基础	54
专题四 氧化还原反应	9	题组 1 原电池	54
专题五 物质的性质、用途与转化	11	题组 2 电解池	57
题组 1 物质的性质与用途	11	题组 3 金属的腐蚀与防护	60
题组 2 物质的转化	13	专题十一 化学反应速率与化学平衡	61
专题六 化学实验基础	15	专题十二 水溶液中的离子平衡与沉淀溶解平衡	65
题组 1 化学实验仪器与基本操作、实验安全	15	专题十三 工艺流程分析	72
题组 2 物质的分离提纯、检验、鉴别与测定	17	题组 1 工艺微流程	72
题组 3 物质的制备实验	18	题组 2 工艺流程综合题	74
题组 4 实验方案的设计与评价	20	专题十四 化学反应原理的综合应用	86
题组 5 实验操作、现象的分析与解释	22	专题十五 化学综合实验	102
题组 6 探究实验	25	题组 1 制备类综合实验	102
专题七 物质结构与性质 元素周期律 ...	27	题组 2 探究类综合实验	110
题组 1 化学用语	27	题组 3 分离提纯类综合实验	115
		题组 4 测定类实验	116
		专题十六 有机合成与推断	118

专题一 物质的组成、性质与分类 化学与 STSE 传统文化

题组 1 物质的组成与分类

1. (2025 · 全国卷 T7) 化学与人类生活密切相关。下列叙述正确的是 ()

- A. 硫酸铜具有杀菌作用, 可用作饮用水消毒剂
- B. 小苏打遇酸能产生气体, 可用作食品膨松剂
- C. 碳化硅抗氧化且耐高温, 可用作固体电解质
- D. 聚氯乙烯塑料制品耐腐蚀, 可用作食品包装

2. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T1) 东北三省及内蒙古资源丰富, 下列资源转化的主要过程不属于化学变化的是 ()

- A. 石灰石煅烧
- B. 磁铁矿炼铁
- C. 煤的液化
- D. 石油分馏

3. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T2) 侯氏制碱法突破西方技术垄断, 推动了世界制碱技术的发展, 其主要反应为 $\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。下列有关化学用语或说法正确的是 ()

- A. CO_2 的电子式: $\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$
- B. H_2O 的空间结构: 直线形
- C. NH_4Cl 的晶体类型: 离子晶体
- D. 溶解度: $\text{NaHCO}_3 > \text{NH}_4\text{HCO}_3$

4. (2025 · 河北卷 T1) 河北省古建筑数量多, 历史跨度长, 种类齐全, 在我国建筑史上占有非常重要的地位。下列古建筑组件的主要成分属于有机物的是 ()



A. 基石



B. 斗拱



C. 青瓦



D. 琉璃

5. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T1) “国之重器”是我国科技综合实力的结晶。下述材料属于金属材料的是 ()

- A. “C919”大飞机用的氮化硅涂层
- B. “梦想”号钻探船钻头用的合金
- C. “望宇”登月服用的聚酰亚胺隔热层
- D. “雪龙 2”号破冰船制淡水用的反渗透膜

6. (2025 · 广东卷 T1) 中华传统技艺凸显人民智慧。下列选项所涉及材料的主要成分属于合金的是 ()

选项	A	B	C	D
中华传统技艺	剪纸 	篆刻 	活字印刷术 	中医针灸 
材料	纸哪吒	石印章	木活字	不锈钢针

7. (2025 · 甘肃卷 T1) 下列爱国主义教育基地的藏品中, 主要成分属于无机非金属材料的是 ()

- A. 劳动英雄模范碑(南梁革命纪念馆藏)
B. 红军党员登记表(红军长征胜利纪念馆藏)
C. 陕甘红军兵工厂铁工具(甘肃省博物馆藏)
D. 谢觉哉使用过的皮箱(八路军兰州办事处纪念馆藏)



8. (2025 · 浙江 6 月卷 T1) 下列属于含氧酸盐的是 ()

- A. NaCl B. K_2CO_3 C. H_2SO_4 D. CH_3OH

9. (2025 · 四川卷 T1) 材料是科技发展的基础。下列属于金属材料的是 ()

- A. 制造电极的石墨烯 B. 制造减震弹簧的高碳钢
C. 制造防弹装甲的高强度芳纶纤维 D. 制造耐温度剧变仪器的高硼玻璃

10. (2025 · 湖南卷 T1) 材料是人类赖以生存和发展的物质基础。下列材料属于金属材料的是 ()

- A. 高强韧无磁不锈钢——聚变能实验装置中的低温结构部件
B. 金刚石薄膜——“梦想”号大洋钻探船使用的钻头表面涂层
C. 超细玄武岩纤维——嫦娥六号携带的月面国旗的纺织材料
D. 超细玻璃纤维——国产大飞机中隔音隔热的“飞机棉”

11. (2025 · 湖北卷 T1) 下列与生活相关的叙述中, 不涉及化学变化的是 ()

- A. 干冰升华助力舞台云雾形成 B. 珍珠遇酸后失去光泽
C. 加酶洗衣粉清洗蛋白质污渍 D. 植物油久置氧化变质

题组 2 化学与 STSE

12. (2025 · 山东卷 T2) 化学应用体现在生活的方方面面, 下列应用不合理的是 ()

- A. 用明矾净化黄河水 B. 用漂白粉漂白蚕丝制品
C. 用食醋去除水壶中的水垢 D. 用小苏打作烘焙糕点膨松剂

13. (2025 · 河北卷 T3) 高分子材料在生产、生活中得到广泛应用。下列说法错误的是 ()

- A. ABS 高韧性工程塑料用于制造汽车零配件 B. 聚氯乙烯微孔薄膜用于制造饮用水分离膜
C. 聚苯乙烯泡沫用于制造建筑工程保温材料 D. 热固性酚醛树脂用于制造集成电路的底板

14. (2025 · 安徽卷 T3) 用下列化学知识解释对应劳动项目不合理的是 ()

选项	劳动项目	化学知识
A	用大米制麦芽糖	淀粉水解生成麦芽糖
B	用次氯酸钠溶液消毒	次氯酸钠溶液呈碱性
C	给小麦施氮肥	氮是小麦合成蛋白质的必需元素
D	用肥皂洗涤油污	肥皂中的高级脂肪酸钠含有亲水基和疏水基

15. (2025 · 广东卷 T3)现代科技增强国力,增进民生福祉。下列说法正确的是 ()
- A. 我国科学家首次测得了月球背面月幔水含量。1 mol H_2O 的质量为 10 g
 - B. 利用 MoS_2 成功为金属材料“重塑金身”。 MoS_2 中 Mo 的化合价为 +6 价
 - C. 穿上电动机械腿,助力行走不是梦。行走时电池将电能转化为化学能
 - D. 沙海养鱼蹚出治沙新路,让沙海沙山变成金山银山。鱼肉富含蛋白质

16. (2025 · 广东卷 T4)劳动创造美好生活。下列对劳动项目涉及的相关化学知识表述错误的是 ()

选项	劳动项目	化学知识
A	向燃煤中加入生石灰以脱硫减排	$\text{CaSO}_4 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$
B	用 BaCl_2 和盐酸检验粗盐中是否含 SO_4^{2-}	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$
C	使用 MgCl_2 溶液点卤制豆腐	MgCl_2 使蛋白质盐析
D	用铁粉、活性炭、食盐等制暖贴	使用时铁粉被氧化,反应放热

17. (2025 · 江苏卷 T1)大气中的氮是取之不尽的天然资源。下列工业生产中以氮气作反应物的是 ()

- A. 工业合成氨
- B. 湿法炼铜
- C. 高炉炼铁
- D. 接触法制硫酸

18. (2025 · 浙江 1 月卷 T3)化学与生产生活密切相关,下列说法不正确的是 ()
- A. ClO_2 具有强氧化性,可用于杀菌消毒
 - B. 聚丙烯是高分子材料,可用作吸水剂
 - C. Na_2CO_3 溶液呈碱性,可用于去除油污
 - D. 硬铝密度小、强度高、抗腐蚀能力强,可用作飞机材料

19. (2025 · 北京卷 T1)我国科研人员在研究嫦娥五号返回器带回的月壤时,发现月壤钛铁矿(Fe-TiO_3)存在亚纳米孔道,吸附并储存了大量来自太阳风的氢原子。加热月壤钛铁矿可生成单质铁和大量水蒸气,水蒸气冷却为液态水储存起来以供使用。下列说法不正确的是 ()

- A. 月壤钛铁矿中存在活泼氢
- B. 将地球上开采的钛铁矿直接加热也一定生成单质铁和水蒸气
- C. 月壤钛铁矿加热生成水蒸气的过程中发生了氧化还原反应
- D. 将获得的水蒸气冷却为液态水的过程中会放出热量

20. (2025 · 北京卷 T3)下列说法不正确的是 ()

- A. 糖类、蛋白质和油脂均为天然高分子
- B. 蔗糖发生水解反应所得产物互为同分异构体
- C. 蛋白质在酶的作用下水解可得到氨基酸
- D. 不饱和液态植物油通过催化加氢可提高饱和度

21. (2025 · 云南卷 T1)画中有“化”,多彩中华。下列叙述正确的是 ()

- A. 岩彩壁画颜料所用贝壳粉,主要成分属于硅酸盐

- B. 油画颜料调和剂所用核桃油,属于有机高分子
- C. 竹胎漆画颜料赭石的主要成分氧化铁,耐酸、碱
- D. 水墨画墨汁的主要成分碳,常温不易被氧化

22. (2025·江西卷 T1)化学给了我们一双智慧的眼睛。下列广告或说法正确的是 ()

- A. 用铁锅烹饪食材可以补铁,但不能代替药物
- B. 本饮料含有一千多种微量元素,有益健康
- C. 本化妆品不含任何化学物质,不伤皮肤
- D. 含食品添加剂亚铁氰化钾的食盐,有剧毒

题组3 化学与传统文化

23. (2025·河南卷 T1)活字印刷术极大地促进了世界文化的交流,推动了人类文明的进步。下列“活字”字坯的主要成分为硅酸盐的是 ()



A.泥活字



B.木活字



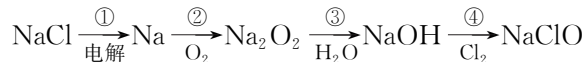
C.铜活字



D.铅活字

专题二 阿伏加德罗常数的应用

1. (2025·辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T4) 钠及其化合物的部分转化关系如图。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ()



- A. 反应①生成的气体, 每 11.2 L (标准状况) 含原子的数目为 N_A
B. 反应②中 2.3 g Na 完全反应生成的产物中含非极性键的数目为 $0.1N_A$
C. 反应③中 1 mol Na_2O_2 与足量 H_2O 反应, 转移电子的数目为 $2N_A$
D. 100 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaClO 溶液中, ClO^- 的数目为 $0.1N_A$

2. (2025·河北卷 T4) 设 N_A 是阿伏加德罗常数的值, 下列说法错误的是 ()

- A. 18 g H_2O 晶体内氢键的数目为 $2N_A$
B. 1 L $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaF 溶液中阳离子总数为 N_A
C. 28 g 环己烷和戊烯的混合物中碳原子的数目为 $2N_A$
D. 铅酸蓄电池负极的质量增加 96 g, 理论上转移电子数为 $2N_A$

3. (2025·广东卷 T10) 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 1 mol $^{18}\text{O}_2$ 的中子数, 比 1 mol $^{16}\text{O}_2$ 的多 $2N_A$
B. 1 mol Fe 与水蒸气完全反应, 生成 H_2 的数目为 $2N_A$
C. 在 1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NH_4Cl 溶液中, NH_4^+ 的数目为 $0.1N_A$
D. 标准状况下的 22.4 L Cl_2 与足量 H_2 反应, 形成的共价键数目为 $2N_A$

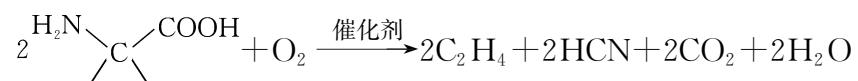
4. (2025·湖南卷 T3) 加热时, 浓硫酸与木炭发生反应: $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{C} \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 12 g ^{12}C 含质子数为 $6N_A$
B. 常温常压下, 6.72 L CO_2 含 σ 键数目为 $0.6N_A$
C. 1.0 L pH=1 的稀硫酸中含 H^+ 数目为 $0.2N_A$
D. 64 g SO_2 与 16 g O_2 充分反应得到的 SO_3 的分子数为 N_A

5. (2025·云南卷 T4) N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()

- A. 22.4 L CH_4 中原子的数目为 $5N_A$
B. 1 mol ^{18}O 所含中子的数目为 $10N_A$
C. 28 g Fe 粉和足量 S 完全反应, 转移电子的数目为 $1.5N_A$
D. 0.1 L $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸与足量 MnO_2 反应, 生成 Cl_2 的数目为 $0.3N_A$

6. (2025 · 江西卷 T5) 乙烯是植物激素, 可以催熟果实。植物体内乙烯的生物合成反应为:



阿伏加德罗常数的值为 N_A , 下列说法正确的是

()

- A. 2.24 L C_2H_4 中 σ 键的数目为 $0.5N_A$
- B. 0.1 mol HCN 中 π 电子的数目为 $0.3N_A$
- C. 9 g H_2O 中孤电子对的数目为 $0.5N_A$
- D. 消耗 1 mol O_2 , 产物中 sp 杂化 C 原子数目为 $4N_A$

专题三 反应方程式 离子共存

题组1 反应方程式

1. (2025·山东卷 T5)下列实验涉及反应的离子方程式书写正确的是 ()

- A. 用 NaOH 溶液吸收少量 SO_2 : $\text{SO}_2 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$
- B. 用 Na_2O_2 和水制备少量 O_2 : $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{O}_2 \uparrow$
- C. 用 MnO_2 和浓盐酸制备 Cl_2 : $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. 用稀硝酸溶解少量 Cu 粉: $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 8\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

2. (2025·安徽卷 T6)下列有关反应的化学方程式错误的是 ()

- A. 氨在氧气中燃烧: $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- B. 液氨与金属钠反应: $2\text{Na} + 2\text{NH}_3(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- C. 氨水溶解 $\text{Cu}(\text{OH})_2$: $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
- D. 浓氨水与 HgCl_2 反应: $\text{HgCl}_2 + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{NH}_2)\text{Cl} \downarrow + \text{HCl}$

3. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T7)下列有关反应方程式书写错误的是 ()

- A. 泡沫灭火器反应原理: $6\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 6\text{CO}_2 \uparrow$
- B. 用金属钠除去甲苯中的微量水: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$
- C. 用 NaOH 溶液吸收尾气中的 NO_2 : $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- D. 氯气通入冷的石灰乳中制漂白粉: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

4. (2025·河南卷 T5)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. 磷酸二氢钠水解: $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$
- B. 用稀盐酸浸泡氧化银: $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- C. 向次氯酸钠溶液中加入碘化氢溶液: $\text{ClO}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HClO}$
- D. 向硫酸氢钠溶液中滴加少量碳酸氢钡溶液: $\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

5. (2025·江苏卷 T6)下列化学反应表示正确的是 ()

- A. 黑火药爆炸: $2\text{KNO}_3 + \text{C} + 3\text{S} \rightleftharpoons \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{SO}_2 \uparrow$
- B. 电解饱和 NaCl 溶液制 NaOH: $\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{ClO}^-$
- C. 重油裂解获得的丙烯制聚丙烯: $n\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{催化剂}} [\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3]_n$
- D. 向饱和氨盐水中通入过量 CO_2 : $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$

6. (2025·浙江 1 月卷 T8)下列方程式不正确的是 ()

- A. MnO_2 与浓盐酸反应: $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. NO_2 与 H_2O 反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{NO}$

C. 将少量灼热的 CuO 加入 CH₃CH₂OH 中: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

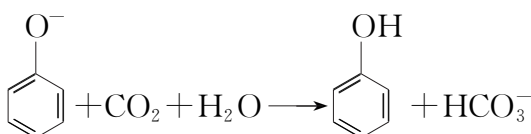
D. 将 SO₂ 通入酸性 KMnO₄ 溶液: $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

7. (2025 · 浙江 6 月卷 T7) 下列离子方程式正确的是 ()

A. HCO₃⁻ 的水解反应: $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

B. CaCO₃ 与醋酸反应: $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

C. FeO 与硝酸反应: $\text{FeO} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

D. 苯酚钠水溶液中通入少量 CO₂ 气体: 

8. (2025 · 四川卷 T7) 解释下列实验现象的离子方程式错误的是 ()

A. CuCl₂ 浓溶液稀释, 绿色溶液变蓝: $[\text{CuCl}_4]^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{Cl}^-$

B. ZnCl₂ 溶液中通入 H₂S, 析出白色沉淀: $\text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{ZnS} \downarrow + 2\text{H}^+$

C. H₂SO₃ 溶液中滴加 Na₂S, 出现浅黄色浑浊: $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

D. K₂CrO₄ 溶液中滴加 H₂SO₄, 黄色溶液变为橙色: $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

9. (2025 · 北京卷 T6) 下列方程式与所给事实不相符的是 ()

A. 用盐酸除去铁锈: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + (3+x)\text{H}_2\text{O}$

B. 用 CuSO₄ 溶液除去乙炔中的 H₂S: $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{CuS} \downarrow$

C. 用乙醇处理废弃的 Na: $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{Na} \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2 \uparrow$

D. 将 NO₂ 通入水中制备硝酸: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

10. (2025 · 云南卷 T3) 下列化学方程式错误的是 ()

A. 煤制水煤气: $\text{C} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO} + \text{H}_2$

B. Na₂O₂ 供氧: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$

C. 覆铜板制作印刷电路板: $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cu} \longrightarrow 3\text{CuCl}_2 + 2\text{Fe}$

D. 铅酸蓄电池放电: $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

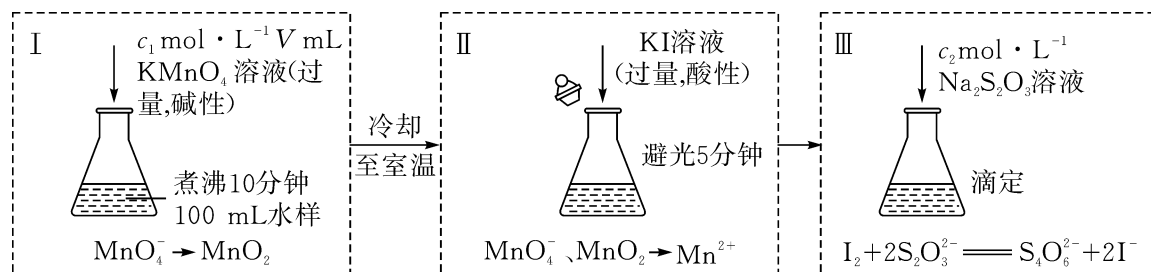
题组 2 离子共存

11. (2025 · 安徽卷 T8) 下列实验产生的废液中, 可能大量存在的粒子组是 ()

选项	实验	粒子组
A	稀硝酸与铜片制 NO	H ⁺ 、Cu ²⁺ 、NO ₃ ⁻ 、NO
B	70% 硫酸与 Na ₂ SO ₃ 制 SO ₂	H ⁺ 、Na ⁺ 、SO ₄ ²⁻ 、HSO ₃ ⁻
C	浓盐酸与 KMnO ₄ 制 Cl ₂	H ⁺ 、K ⁺ 、Mn ²⁺ 、Cl ⁻
D	双氧水与 FeCl ₃ 溶液制 O ₂	H ⁺ 、Fe ²⁺ 、Cl ⁻ 、H ₂ O ₂

专题四 氧化还原反应

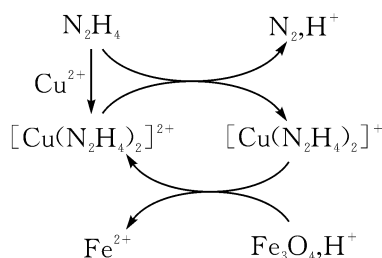
1. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T12) 化学需氧量(COD)是衡量水体中有机物污染程度的指标之一,以水样消耗氧化剂的量折算成消耗 O_2 的量(单位为 $mg \cdot L^{-1}$)来表示。碱性 $KMnO_4$ 溶液不与 Cl^- 反应,可用于测定含 Cl^- 水样的 COD,流程如图。



下列说法错误的是

()

- A. II 中发生的反应有 $MnO_2 + 2I^- + 4H^+ = Mn^{2+} + I_2 + 2H_2O$
- B. II 中避光、加盖可抑制 I^- 被 O_2 氧化及 I_2 的挥发
- C. III 中消耗的 $Na_2S_2O_3$ 越多,水样的 COD 值越高
- D. 若 I 中为酸性条件,测得含 Cl^- 水样的 COD 值偏高
2. (2025 · 山东卷 T1) 下列在化学史上产生重要影响的成果中,不涉及氧化还原反应的是 ()
- A. 侯德榜发明了以 NH_3 、 CO_2 和 $NaCl$ 为原料的联合制碱法
- B. 戴维电解盐酸得到 H_2 和 Cl_2 ,从而提出了酸的含氢学说
- C. 拉瓦锡基于金属和 O_2 的反应提出了燃烧的氧化学说
- D. 哈伯发明了以 N_2 和 H_2 为原料合成氨的方法
3. (2025 · 山东卷 T9) 用肼(N_2H_4)的水溶液处理核冷却系统内壁上的铁氧化物时,通常加入少量 $CuSO_4$,反应原理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. N_2 是还原反应的产物
- B. 还原性: $N_2H_4 < Fe^{2+}$
- C. 处理后溶液的 pH 增大
- D. 图示反应过程中起催化作用的是 Cu^{2+}
4. (2025 · 浙江 1 月卷 T6) 关于溴的性质,下列说法不正确的是 ()
- A. Br^- 可被 Cl_2 氧化为 Br_2
- B. Br_2 与 SO_2 水溶液反应的还原产物为 Br^-

C. $\text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$, 说明氧化性: $\text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+}$

D. 1 mol Br_2 与足量 NaOH 溶液反应生成 NaBr 和 NaBrO_3 , 转移 5 mol 电子

5. (2025 · 湖南卷 T8) NaSbO_3 是一种合成聚酯的催化剂, 可用“硝酸钠法”制备, 反应方程式为

$4\text{NaNO}_3 + 4\text{Sb} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{NaSbO}_3 + 2\text{NO} + 2\text{NO}_2$ 。下列说法错误的是 ()

A. NaSbO_3 中 Sb 元素的化合价为 +5

B. NO_3^- 的空间结构为平面三角形

C. 反应中氧化剂和还原剂的物质的量之比为 4 : 7

D. 反应中消耗 3 mol O_2 , 转移 20 mol 电子

6. (2025 · 北京卷 T5) 下列反应中, 体现 NH_4^+ 还原性的是 ()

A. NH_4HCO_3 加热分解有 NH_3 生成

B. NH_4Cl 和 NaNO_2 的混合溶液加热有 N_2 生成

C. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 固体在 NH_4Cl 溶液中溶解

D. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液中滴加 BaCl_2 溶液出现白色沉淀

关注 杨老师高中化学 公众号 获取更多资源



专题五 物质的性质、用途与转化

题组1 物质的性质与用途

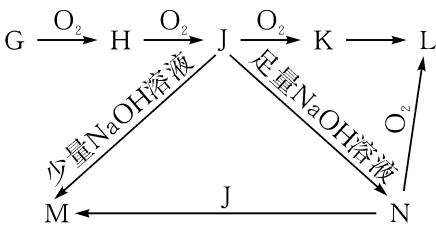
1. (2025·安徽卷 T1)下列有关物质用途的说法错误的是 ()

- A. 生石灰可用作脱氧剂
- B. 硫酸铝可用作净水剂
- C. 碳酸氢铵可用作食品膨松剂
- D. 苯甲酸及其钠盐可用作食品防腐剂

2. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T3)下列有关物质性质与用途对应关系错误的是 ()

- A. 单晶硅熔点高,可用于制造芯片
- B. 金属铝具有还原性,可用于冶炼金属
- C. 浓硫酸具有吸水性,可用作干燥剂
- D. 乙炔燃烧火焰温度高,可用于切割金属

3. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T11)某元素的单质及其化合物的转化关系如图。常温常压下 G、J 均为无色气体,J 具有漂白性。阿伏加德罗常数的值为 N_A 。下列说法错误的是 ()



- A. G、K 均能与 NaOH 溶液反应
- B. H、N 既具有氧化性也具有还原性
- C. M 和 N 溶液中的离子种类相同
- D. 1 mol G 与足量的 J 反应,转移电子数为 N_A

4. (2025·广东卷 T8)下列陈述 I 与陈述 II 均正确,且两者间具有因果关系的是 ()

选项	陈述 I	陈述 II
A	浓硝酸保存在棕色试剂瓶中	浓硝酸具有强氧化性
B	向蔗糖中加适量浓硫酸,蔗糖变黑	浓硫酸具有脱水性
C	Fe^{2+} 与 $K_3[Fe(CN)_6]$ 可生成蓝色物质	KSCN 溶液可用于检验 Fe^{3+}
D	MnO_2 与浓盐酸共热,生成黄绿色气体	$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + 2HCl$

5. (2025·甘肃卷 T8)物质的性质决定用途,下列物质的性质与用途对应关系不成立的是 ()

选项	物质的性质	用途
A	$NaHCO_3$ 具有热分解性	餐具洗涤剂
B	酚醛树脂具有耐高温、隔热性	飞船外层烧蚀材料
C	离子液体具有导电性	原电池电解质
D	水凝胶具有亲水性	隐形眼镜材料

6. (2025 · 浙江 1 月卷 T7)下列物质的结构或性质不能说明其用途的是 ()

- A. 葡萄糖分子结构中有多个羟基,故葡萄糖可与银氨溶液反应制作银镜
- B. 具有网状结构的交联橡胶弹性好、强度高,故可用作汽车轮胎材料
- C. SiC 的碳、硅原子间通过共价键形成空间网状结构,硬度大,故 SiC 可用作砂轮磨料
- D. NaHCO₃ 能中和酸并受热分解产生气体,故可用作加工馒头的膨松剂

7. (2025 · 浙江 6 月卷 T5)物质的性质决定用途,下列两者对应关系正确的是 ()

- A. 金刚石硬度大,可用于制作切削刀具
- B. 氧化铝具有两性,可用于制作坩埚
- C. SiO₂ 熔点高,可用于生产光导纤维
- D. 氨气有还原性,可用于生产铵态氮肥

8. (2025 · 浙江 6 月卷 T10)下列含铁化合物的制备方案正确的是 ()

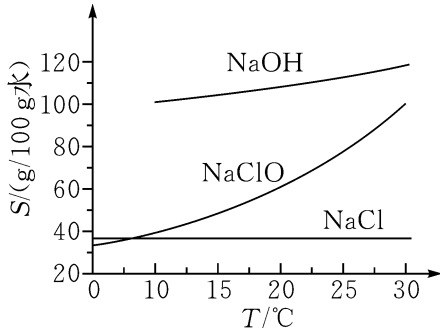
选项	目标产物	制备方案
A	FeCl ₃ · 6H ₂ O	FeCl ₂ 溶液通足量 Cl ₂ 后,蒸发浓缩、冷却结晶、过滤
B	Fe ₂ O ₃	红热的铁粉与水蒸气反应
C	FeCl ₂	FeCl ₂ · 4H ₂ O 在干燥的 HCl 气流中脱水
D	Fe(OH) ₂	FeCl ₂ 溶液中滴加煮沸过的 NaOH 溶液,在空气中过滤

9. (2025 · 四川卷 T2)下列与物质性质相关的说法正确的是 ()

- A. 油脂产生“哈喇”味,因其发生了水解反应
- B. 淀粉难溶于水,说明其结构中不含亲水基团
- C. 硝酸银溶液存于棕色瓶中,因其受光照易分解
- D. 某溶液焰色试验呈黄色,说明其溶质是氯化钠

10. (2025 · 北京卷 T8)25 °C 时,在浓 NaOH 溶液中通入过量 Cl₂,充分反应后,可通过调控温度从反应后的固液混合物中获得 NaCl 和 NaClO 固体。

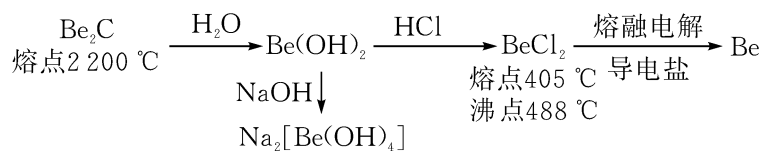
已知:NaOH、NaClO、NaCl 的溶解度(S)随温度变化的关系如下图。



下列说法不正确的是 ()

- A. 通入 Cl₂ 后开始发生反应:Cl₂+2NaOH==NaClO+NaCl+H₂O
- B. 25 °C 时,随反应进行 NaCl 先析出
- C. 将反应后的固液混合物过滤,滤液降温可析出 NaClO 固体
- D. 在冷却结晶的过程中,大量 NaOH 会和 NaClO 一起析出

11. (2025 · 云南卷 T12)Be 及其化合物的转化关系如图。下列说法错误的是 ()

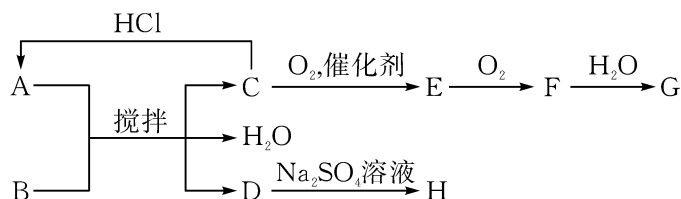


- A. $\text{Be}(\text{OH})_2$ 是两性氢氧化物
- B. Be_2C 和 BeCl_2 的晶体类型相同
- C. $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 中 Be 原子的杂化方式为 sp^3
- D. Be_2C 与 H_2O 反应: $\text{Be}_2\text{C} + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Be}(\text{OH})_2 + \text{CH}_4 \uparrow$

12. (2025 · 湖北卷 T3) 下列描述不能正确地反映事实的是 ()

- A. 室温下 SiO_2 与碳不发生反应, 高温下可生成 Si 和 CO
- B. 室温下苯与溴不发生反应, 温度升高生成大量溴苯
- C. 通常含硒的化合物有毒性, 但微量硒元素有益健康
- D. 某些镇痛类生物碱可用于医疗, 但滥用会危害健康

13. (2025 · 湖北卷 T8) 如图所示的物质转化关系中, 固体 A 与固体 B 研细后混合, 常温下搅拌产生气体 C 和固体 D, 温度迅速下降。气体 C 能使湿润的红色石蕊试纸变蓝。G 是一种强酸。H 是白色固体, 常用作钡餐, 下列叙述错误的是 ()



- A. 在 C 的水溶液中加入少量固体 A, 溶液 pH 升高
- B. D 为可溶于水的有毒物质
- C. F 溶于雨水可形成酸雨
- D. 常温下可用铁制容器来盛装 G 的浓溶液

14. (2025 · 江西卷 T11) X、Y 分别是由 2 种和 3 种前四周期元素组成的化合物, 溶于水后混合, 溶液转变成紫色, 得到溶液 Z, 用 pH 试纸检测显红色。取 3 支试管分别装入少量溶液 Z, 进行实验, 记录如下表:

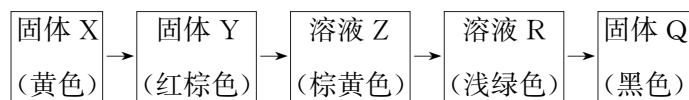
序号	加入试剂	现象
1	H_2O_2 溶液	产生大量气泡、溶液紫色褪去
2	AgNO_3 溶液	产生白色沉淀
3	溴水	产生白色沉淀

关于溶液 Z, 下列说法正确的是 ()

- A. 含 Fe^{3+} B. 含 MnO_4^- C. 可能含 H^+ D. 不含 Cl^-

题组 2 物质的转化

15. (2025 · 河南卷 T4) X 是自然界中一种常见矿物的主要成分, 可以通过如图所示的四步反应转化为 Q (略去部分参与反应的物质和反应条件)。已知 X 和 Q 的组成元素相同。



下列说法错误的是

()

- A. Y 常用作油漆、涂料等的红色颜料 B. 溶液 Z 加热煮沸后颜色会发生变化
C. R → Q 反应需要在强酸性条件下进行 D. Q 可以通过单质间化合反应制备

16. (2025 · 广东卷 T7) 能满足下列物质间直接转化关系, 且推理成立的是

()



- A. X 可为铝, 盐的水溶液一定显酸性
B. X 可为硫, 氧化物 1 可使品红溶液褪色
C. X 可为钠, 氧化物 2 可与水反应生成 H_2
D. X 可为碳, 盐的热稳定性: $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3$

专题六 化学实验基础

题组1 化学实验仪器与基本操作、实验安全

1. (2025·山东卷 T3)实验室中,下列试剂保存方法正确的是 ()

- A. 液溴加水液封保存在广口试剂瓶中 B. 硝酸银溶液保存在棕色细口试剂瓶中
C. 高锰酸钾与苯酚存放在同一药品柜中 D. 金属锂保存在盛有煤油的广口试剂瓶中

2. (2025·山东卷 T4)称取 1.6 g 固体 NaOH 配制 400 mL 浓度约为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,下列仪器中不需要使用的是 ()

- A. 100 mL 烧杯 B. 500 mL 容量瓶
C. 500 mL 量筒 D. 500 mL 细口试剂瓶(具橡胶塞)

3. (2025·山东卷 T11)完成下列实验所用部分仪器或材料选择正确的是 ()

选项	实验内容	仪器或材料
A	灼烧海带	坩埚、泥三角
B	加热浓缩 NaCl 溶液	表面皿、玻璃棒
C	称量 5.0 g NaOH 固体	电子天平、称量纸
D	量取 25.00 mL 稀硫酸	25 mL 移液管、锥形瓶

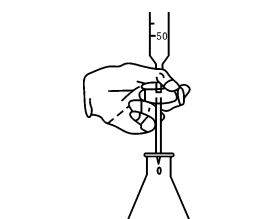
4. (2025·河北卷 T2)下列不符合实验安全要求的是 ()

- A. 酸、碱废液分别收集后直接排放 B. 进行化学实验时需要佩戴护目镜
C. 加热操作时选择合适的工具避免烫伤 D. 乙醇应存放在阴凉通风处,远离火种

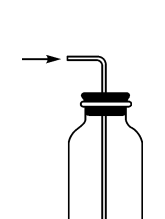
5. (2025·河南卷 T3)下列图示中,实验操作或方法符合规范的是 ()



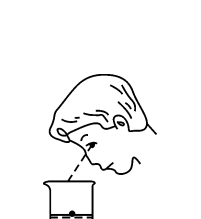
A. 溶解氯化钠固体



B. 量取 20.00 mL 草酸溶液



C. 收集二氧化碳气体

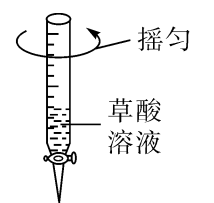


D. 观察钠与水的反应

6. (2025·江苏卷 T3)用 $0.05000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)溶液滴定未知浓度的 NaOH 溶液。下列实验操作规范的是 ()



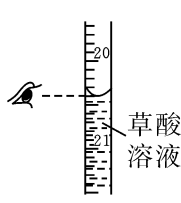
A. 配制草酸溶液



B. 润洗滴定管

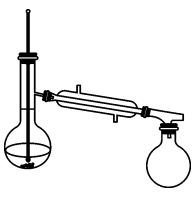
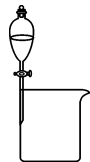
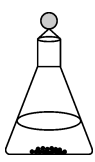


C. 滴定



D. 读数

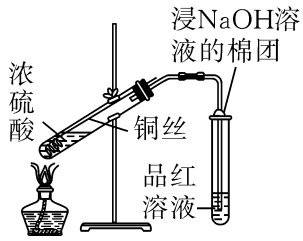
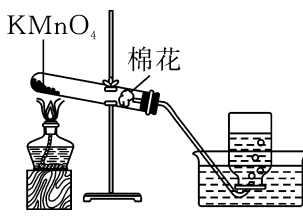
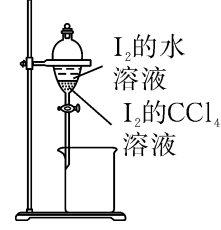
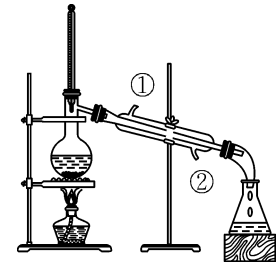
7. (2025 · 甘肃卷 T6)丁酸乙酯有果香味。下列制备、纯化丁酸乙酯的实验操作对应的装置错误的是(加热及夹持装置略) ()

选项	A	B	C	D
操作	回流	蒸馏	分液	干燥
装置				

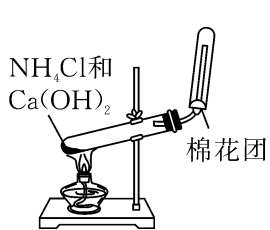
8. (2025 · 浙江 1 月卷 T5)关于实验室安全,下列说法不正确的是 ()

- A. 若不慎将盐酸沾到皮肤上,应立即用大量水冲洗,然后用 3%~5%NaHCO₃ 溶液冲洗
- B. 实验室制备 Cl₂ 时,可用 NaOH 溶液吸收尾气
- C. 水银易挥发,若不慎有水银洒落,无需处理
- D. PbS 难溶于水,可用 Na₂S 处理废水中的 Pb²⁺,再将沉淀物集中送至环保单位进一步处理

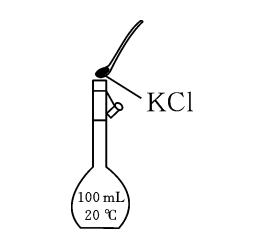
9. (2025 · 北京卷 T7)下列实验的相应操作中不正确的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	制备并检验 SO ₂	实验室制取 O ₂	分液	蒸馏
实验装置				
实验操作	为防止有害气体逸出,先放置浸 NaOH 溶液的棉团,再加热	实验结束时,先把导管移出水面,再熄灭酒精灯	先打开分液漏斗上方的玻璃塞,再打开下方的活塞	冷却水从冷凝管①口通入,②口流出

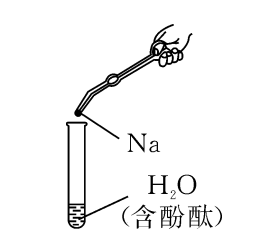
10. (2025 · 云南卷 T5)下列装置(省略部分夹持装置)或操作正确的是 ()



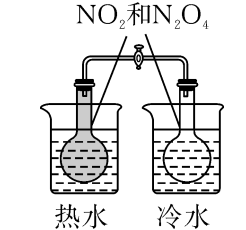
A. 制备 NH₃



B. 配制 100 mL 1.00 mol · L⁻¹ KCl 溶液



C. 探究 Na 与 H₂O 反应



D. 探究温度对化学平衡的影响

11. (2025 · 湖北卷 T4) 下列化学实验目的与相应实验示意图不相符的是 ()

选项	A	B	C	D
实验目的	用量热计测定反应热	分离乙酸乙酯和饱和食盐水	在铁片上镀镍	转移热蒸发皿至陶土网
实验示意图				

12. (2025 · 江西卷 T3) 实验安全是科学探究的前提。下列实验要求错误的是 ()

- A. NaCl 溶液的导电性试验, 禁止湿手操作
- B. 焰色试验, 应开启排风管道或排风扇
- C. 钠在空气中燃烧实验, 需佩戴护目镜才能近距离俯视坩埚
- D. 比较 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的热稳定性实验, 应束好长发、系紧宽松衣物

题组 2 物质的分离提纯、检验、鉴别与测定

13. (2025 · 安徽卷 T2) 以下研究文物的方法达不到目的的是 ()

- A. 用 ^{14}C 断代法测定竹筒的年代
- B. 用 X 射线衍射法分析玉器的晶体结构
- C. 用原子光谱法鉴定漆器表层的元素种类
- D. 用红外光谱法测定古酒中有机分子的相对分子质量

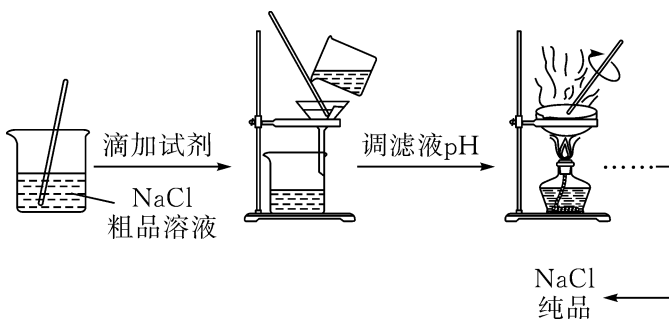
14. (2025 · 江苏卷 T7) 下列物质组成或性质与分离提纯方法对应关系正确的是 ()

- A. 蛋白质能水解, 可用饱和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液提纯蛋白质
- B. 乙醚与青蒿素组成元素相同, 可用乙醚提取青蒿素
- C. CCl_4 难溶于水、比水易溶解 I_2 , 可用 CCl_4 萃取碘水中的 I_2
- D. 不同的烃密度不同, 可通过分馏从石油中获得汽油、柴油

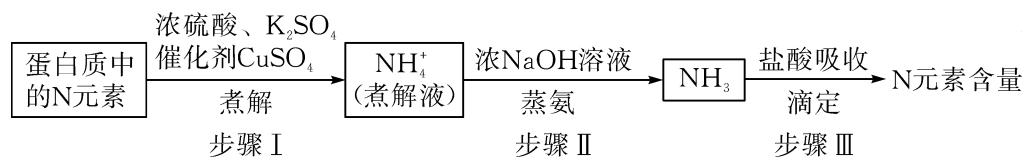
15. (2025 · 浙江 1 月卷 T10) 提纯 NaCl 粗品 (含少量的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 和 SO_4^{2-}) 得到 NaCl 纯品的方案如下, 所用试剂为 BaCl_2 溶液、 Na_2CO_3 溶液、盐酸和 NaOH 溶液。

下列说法不正确的是 ()

- A. 用过量的 BaCl_2 溶液除去 SO_4^{2-}
- B. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 通过生成沉淀后过滤除去
- C. 4 种试剂的使用顺序为 BaCl_2 溶液、 Na_2CO_3 溶液、盐酸、 NaOH 溶液
- D. 调 pH 后的滤液蒸发至大量固体析出, 趁热过滤、洗涤、干燥后即得 NaCl 纯品



16. (2025·浙江1月卷 T16)蛋白质中 N 元素含量可按下列步骤测定:



下列说法不正确的是

()

- A. 步骤 I, 须加入过量浓硫酸, 以确保 N 元素完全转化为 NH_4^+
- B. 步骤 II, 浓 NaOH 溶液过量, 有利于氨的蒸出
- C. 步骤 III, 用定量、过量盐酸标准溶液吸收 NH_3 , 以甲基红(变色的 pH 范围: 4.4~6.2)为指示剂, 用 NaOH 标准溶液滴定, 经计算可得 N 元素的含量
- D. 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 样品、 NaNO_3 样品的 N 元素含量均可按上述步骤测定

17. (2025·浙江6月卷 T16)NaOH 中常含 Na_2CO_3 。为配制不含 Na_2CO_3 的 NaOH 溶液, 并用苯甲酸标定其浓度, 实验方案如下:

步骤 I —— 除杂: 称取 NaOH 配制成饱和溶液, 静置, 析出 Na_2CO_3 ;

步骤 II —— 配制: 量取一定体积的上层清液, 稀释配制成 NaOH 溶液;

步骤 III —— 标定: 准确称量苯甲酸固体, 加水溶解, 加指示剂, 用步骤 II 所配制的 NaOH 溶液滴定。

下列说法正确的是

()

- A. 步骤 I 中 Na_2CO_3 析出的主要原因: $c(\text{OH}^-)$ 很大, 抑制 CO_3^{2-} 水解
- B. 步骤 II 中可用量筒量取上层清液
- C. 步骤 III 中可用甲基橙作指示剂
- D. 步骤 II、III 中所需的蒸馏水都须煮沸后使用, 目的是除去溶解的氧气

18. (2025·湖南卷 T4)只用一种试剂, 将 Na_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 AlCl_3 、 KNO_3 四种物质的溶液区分开, 这种试剂是

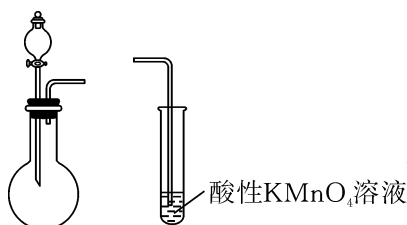
()

- A. NaOH 溶液
- B. AgNO_3 溶液
- C. H_2SO_4 溶液
- D. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液

题组3 物质的制备实验

19. (2025·河北卷 T7)如图所示装置(加热、除杂和尾气处理装置任选)不能完成相应气体的制备和检验的是

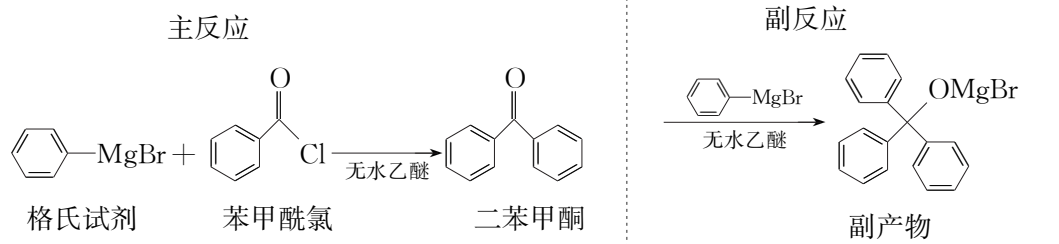
()



- A. 电石与饱和 NaCl 溶液
- B. Na_2SO_3 固体与 70% 的浓硫酸
- C. 大理石与稀盐酸
- D. Al_2S_3 固体与水

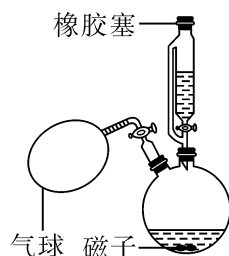
20. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T12)格氏试剂性质活泼, 可与空气中的 H_2O 和 O_2 等反应。某兴趣小组搭建了如图所示无水无氧装置(部分装置略), 以乙醚(沸点 34.5°C)为溶剂, 利用

下述反应高产率地制备二苯甲酮。



下列说法错误的是

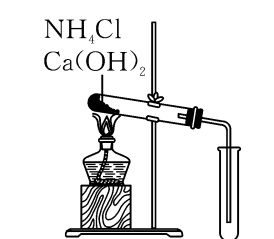
()



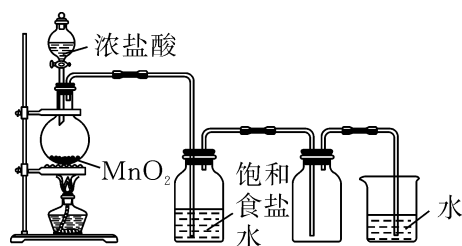
- A. 气球中填充保护气,并起缓冲压力的作用
- B. 烧瓶中液体是格氏试剂的乙醚溶液
- C. 图中的漏斗不能用球形分液漏斗代替
- D. 产率高表明苯甲酰氯比二苯甲酮更易与格氏试剂反应

21(2025·四川卷 T5)下列实验装置使用正确的是

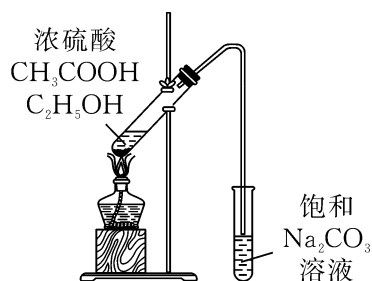
()



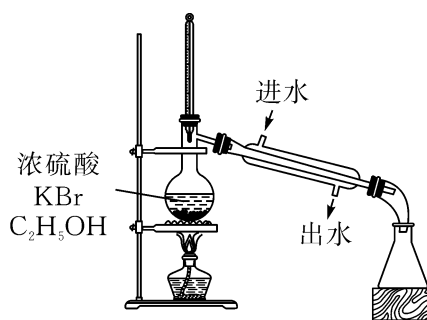
A. 实验室制取氨气



B. 实验室制取氯气

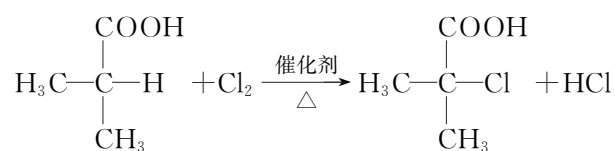


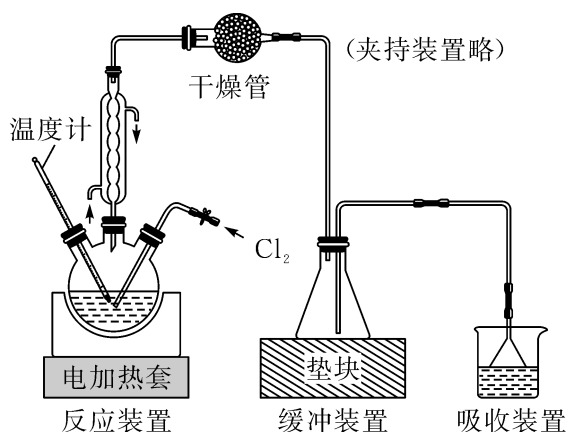
C. 实验室制备乙酸乙酯



D. 实验室制备溴乙烷

22. (2025·湖北卷 T10)制备 α -氯代异丁酸的装置如图。在反应瓶中加入异丁酸与催化剂(易水解),加热到 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,通入 Cl_2 ,反应剧烈放热,通气完毕,在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下继续反应。反应结束,常压蒸馏得产物。反应方程式如下:





下列说法错误的是

()

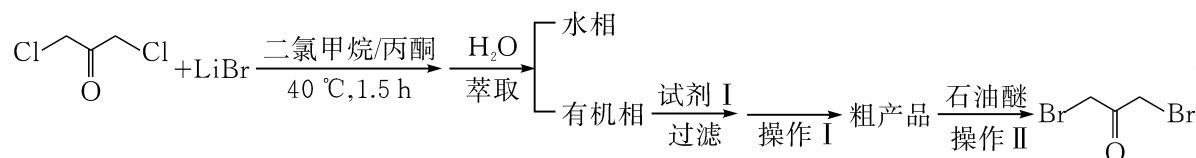
A. 干燥管可防止水蒸气进入反应瓶

B. 可用 NaOH 溶液作为吸收液

C. Cl_2 通入反应液中可起到搅拌作用

D. 控制 Cl_2 流速不变可使反应温度稳定

23. (2025 · 江西卷 T6) 药物中间体 1,3-二溴丙酮可由 1,3-二氯丙酮合成, 步骤如下:



下列说法正确的是

()

A. 若 LiBr 完全转化, 则水相中溶质只有 LiCl

B. 测定水相中 Cl^- 的含量可计算产率

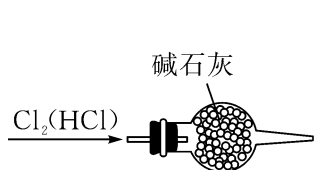
C. 试剂 I 可选用无水 Na_2SO_4

D. 操作 I 和操作 II 相同

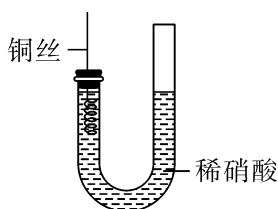
题组 4 实验方案的设计与评价

24. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T8) 巧设实验, 方得真知。下列实验设计合理的是

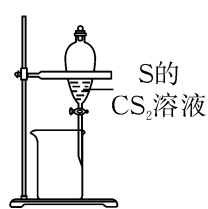
()



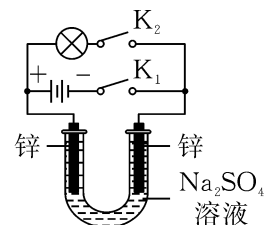
A. 除去 Cl_2 中的 HCl



B. 制备少量 NO 避免其被氧化



C. 用乙醇萃取 CS_2 中的 S

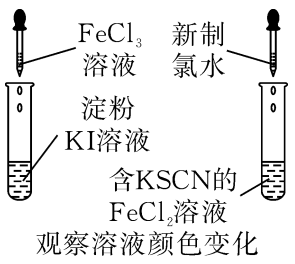
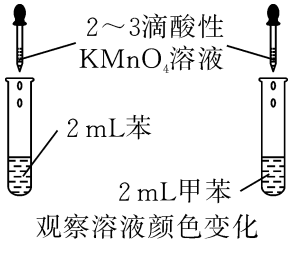
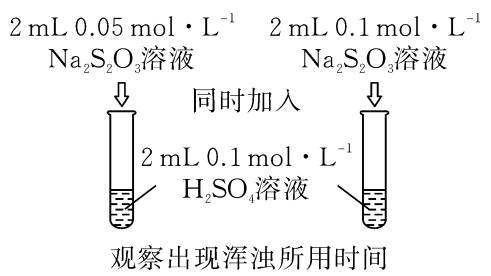


D. 制作简易氢氧燃料电池

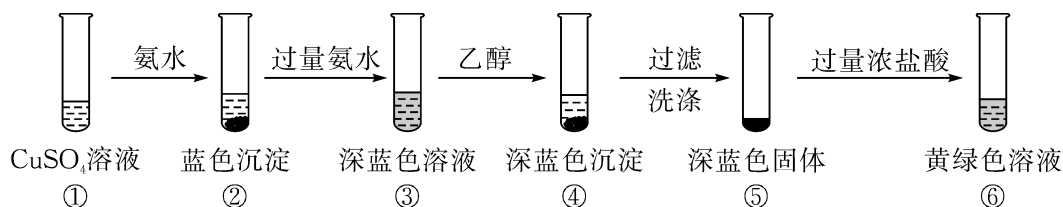
25. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T10) 下列实验方案不能得出相应结论的是

()

选项	实验方案	结论
A	观察电流表指针偏转方向	金属活动性顺序为 $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$

选项	实验方案	结论
B	 FeCl₃溶液 新制氯水 淀粉 KI溶液 含KSCN的FeCl₂溶液 观察溶液颜色变化	氧化性顺序为 $\text{Cl}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$
C	 2~3滴酸性KMnO₄溶液 2 mL苯 2 mL甲苯 观察溶液颜色变化	甲基使苯环活化
D	 2 mL 0.05 mol · L⁻¹ Na₂S₂O₃溶液 2 mL 0.1 mol · L⁻¹ Na₂S₂O₃溶液 同时加入 2 mL 0.1 mol · L⁻¹ H₂SO₄溶液 观察出现浑浊所用时间	增大反应物浓度,该反应速率加快

26. (2025 · 河南卷 T8) 某同学设计以下实验,探究简单配合物的形成和转化。



下列说法错误的是

()

- A. ②中沉淀与④中沉淀不是同一种物质
- B. ③中现象说明配体与 Cu^{2+} 的结合能力: $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$
- C. ④中深蓝色物质在乙醇中的溶解度比在水中小
- D. 若向⑤中加入稀硫酸,同样可以得到黄绿色溶液

27. (2025 · 浙江 6 月卷 T4) 下列实验原理或方法不正确的是

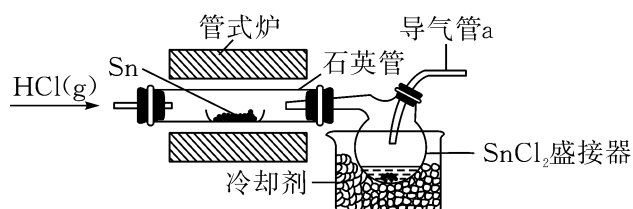
()

- A. 可用 CCl_4 萃取碘水中的 I_2
- B. 可用重结晶法提纯含有少量 NaCl 的苯甲酸
- C. 可用浓 NaOH 溶液除去乙酸乙酯中的乙酸
- D. 可用浓 Na_2CO_3 溶液将 CaSO_4 转化为 CaCO_3

28. (2025 · 浙江 6 月卷 T8) 利用下列装置进行实验, 能达到实验目的的是 ()

选项	A	B	C	D
装置				
实验目的	铁制镀件上镀铜	实验室快速制备氨气	实验室蒸馏分离 CCl_4 和 CH_2Cl_2	检验乙醇脱水生成乙烯

29. (2025 · 湖南卷 T11) SnCl_2 具有还原性, 易水解。一种制备纯净的 SnCl_2 的装置示意图如下:



下列说法错误的是 ()

- A. 导气管 a 需接一个装有碱石灰的干燥管
- B. 实验过程中应先通入 $\text{HCl}(\text{g})$, 再开启管式炉加热
- C. 若通入的气体更换为 Cl_2 , 也可制备纯净的 SnCl_2
- D. 配制 SnCl_2 溶液需加盐酸和金属 Sn

30. (2025 · 江西卷 T7) 由下列实验事实得出的结论正确的是 ()

选项	实验事实	结论
A	NH_3 和空气的混合气体通过热的 Cr_2O_3 , Cr_2O_3 持续红热	该反应 $\Delta H < 0$
B	向 NCCl 溶液中滴入硝酸酸化的 AgNO_3 溶液, 生成白色沉淀	NCCl 是离子化合物
C	向 Na_2O 与水反应后的溶液中滴入酚酞溶液, 先变红后褪色	Na_2O 有漂白性
D	向 CaCl_2 溶液中通入 CO_2 , 无明显现象, 再通入 NH_3 , 生成白色沉淀	$\frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4^+)} < \frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)}$

题组 5 实验操作、现象的分析与解释

31. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T6) 微粒“邂逅”时的色彩变化是化学馈赠的视觉浪漫。

下列对颜色变化的解释错误的是 ()

选项	颜色变化	解释
A	将在空气中灼烧过的铜丝伸入乙醇中, 黑色铜丝恢复光亮的紫红色	$2\text{CuO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
B	向 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中加入 FeCl_3 溶液, 固体由白色变为红褐色	$3\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$

续表

选项	颜色变化	解释
C	向 FeSO_4 溶液中加入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 浅绿色溶液出现蓝色浑浊	$\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{K}^+ \rightleftharpoons \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$
D	向 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中加入 NaOH 溶液, 溶液由橙色变为黄色	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

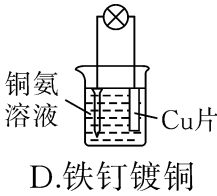
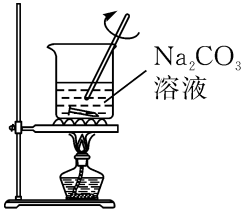
32. (2025 · 河北卷 T13) 下列实验操作及现象能得出相应结论的是 ()

选项	实验操作及现象	结论
A	向盛有 NO_2 与 N_2O_4 的恒压密闭容器中通入一定体积的 N_2 , 最终气体颜色变浅	化学平衡向 NO_2 减少的方向移动
B	以 K_2CrO_4 为指示剂, 用 AgNO_3 标准溶液滴定溶液中的 Cl^- , 先出现白色沉淀, 后出现砖红色沉淀	$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) < K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$
C	向盛有 2 mL FeCl_3 溶液的试管中加入过量铁粉, 充分反应后静置, 滴加 KSCN 溶液无明显变化; 静置, 取上层清液滴加几滴氯水, 溶液变红	Fe^{2+} 具有还原性
D	向盛有 2 mL 饱和 Na_2SO_4 溶液的试管中滴加鸡蛋清溶液, 振荡, 有沉淀析出; 加蒸馏水稀释, 再振荡, 沉淀溶解	蛋白质沉淀后活性改变

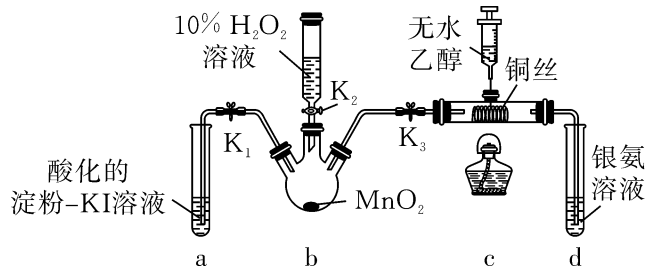
33. (2025 · 安徽卷 T10) 下列实验操作能达到实验目的的是 ()

选项	实验操作	实验目的
A	将铁制镀件与铜片分别接直流电源的正、负极, 平行浸入 CuSO_4 溶液中	在铁制镀件表面镀铜
B	向粗盐水中先后加入过量 Na_2CO_3 溶液、 NaOH 溶液和 BaCl_2 溶液	粗盐提纯中, 去除 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 杂质离子
C	向 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中滴加 5 滴 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液, 再滴加 5 滴 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液	探究 $c(\text{H}^+)$ 对如下平衡的影响: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) + $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色) + 2H^+
D	将有机物 M 溶于乙醇, 加入金属钠	探究 M 中是否含有羟基

34. (2025 · 广东卷 T6) 对铁钉进行预处理, 并用铜氨溶液给铁钉镀铜。下列操作不能达到实验目的的是 ()



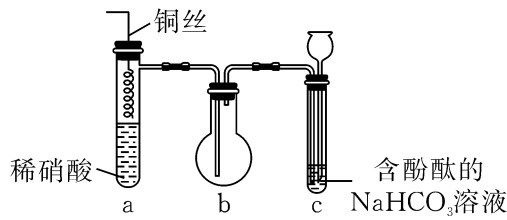
35. (2025 · 广东卷 T11) 利用如图装置进行实验: 打开 K_1 、 K_2 , 一定时间后, a 中溶液变蓝; 关闭 K_1 , 打开 K_3 , 点燃酒精灯加热数分钟后, 滴入无水乙醇。下列说法错误的是 ()



- A. a 中现象体现了 I^- 的还原性
- B. b 中 H_2O_2 既作氧化剂也作还原剂
- C. 乙醇滴加过程中, c 中的铜丝由黑变红, 说明乙醇被氧化
- D. d 中有银镜反应发生, 说明 c 中产物有乙酸

36. (2025 · 广东卷 T15) 按如图组装装置并进行实验: 将铜丝插入溶液中, 当 c 中红色褪去时, 将铜丝拔离液面。下列叙述错误的是 ()

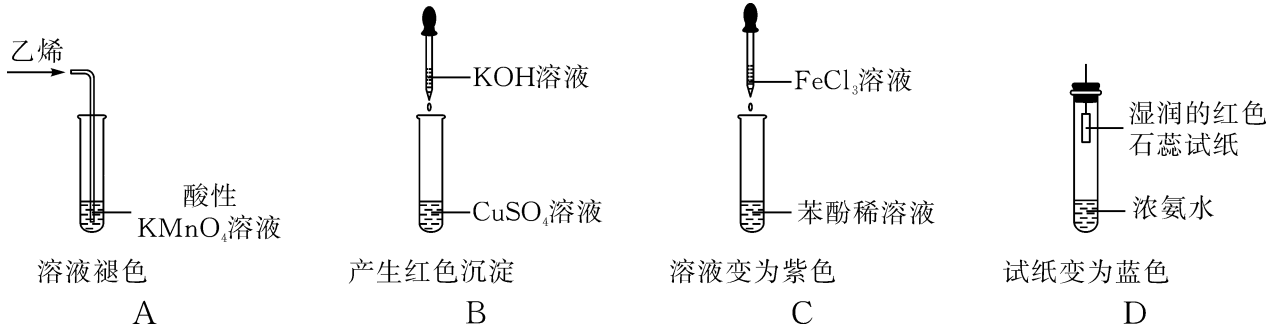
- A. a 中有化合反应发生, 并有颜色变化
- B. b 中气体变红棕色时, 所含氮氧化物至少有两种
- C. c 中溶液红色刚好褪去时, HCO_3^- 恰好完全反应
- D. 若将 a 中稀硝酸换为浓硫酸并加热, 则 c 中溶液颜色会褪去



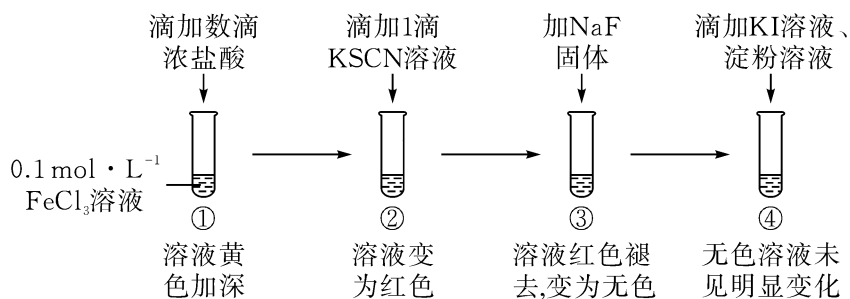
37. (2025 · 甘肃卷 T13) 下列实验操作能够达到目的的是 ()

选项	实验操作	目的
A	测定 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 某酸溶液的 pH 是否为 2	判断该酸是否为强酸
B	向稀 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液滴入几滴浓硫酸, 观察溶液颜色变化	探究 H^+ 对 Fe^{3+} 水解的影响
C	向 AgNO_3 溶液先滴入几滴 NaCl 溶液, 再滴入几滴 NaI 溶液, 观察沉淀颜色变化	比较 AgCl 和 AgI 的 K_{sp} 大小
D	将氯气通入 Na_2S 溶液, 观察是否产生淡黄色沉淀	验证氯气的氧化性

38. (2025 · 湖南卷 T2) 化学实验充满着五颜六色的变化。下列描述错误的是 ()



39. (2025 · 北京卷 T12) 为研究三价铁配合物的性质, 进行如下实验 (忽略溶液体积变化)。



已知： $[\text{FeCl}_4]^-$ 为黄色、 $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ 为红色、 $[\text{FeF}_6]^{3-}$ 为无色。

下列说法不正确的是

()

A. ①中浓盐酸促进 $\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_4]^-$ 平衡正向移动

B. 由①到②,生成 $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ 并消耗 $[\text{FeCl}_4]^-$

C. ②③对比,说明 $c(\text{Fe}^{3+})$: ② > ③

D. 由①→④推断,若向①深黄色溶液中加入 KI、淀粉溶液,溶液也无明显变化

题组 6 探究实验

40. (2025 · 江苏卷 T11)探究含铜化合物性质的实验如下:

步骤 I 取一定量 5% CuSO_4 溶液,加入适量浓氨水,产生蓝色沉淀。

步骤 II 将沉淀分成两等份,分别加入相同体积的浓氨水、稀盐酸,沉淀均完全溶解,溶液分别呈现深蓝色、蓝色。

步骤 III 向步骤 II 所得的深蓝色溶液中插入一根打磨过的铁钉,无明显现象;继续加入稀盐酸,振荡后静置,产生少量气泡,铁钉表面出现红色物质。

下列说法正确的是

()

A. 步骤 I 产生的蓝色沉淀为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

B. 步骤 II 的两份溶液中: $c_{\text{深蓝色}}(\text{Cu}^{2+}) < c_{\text{蓝色}}(\text{Cu}^{2+})$

C. 步骤 III 中无明显现象是由于铁钉遇深蓝色溶液迅速钝化

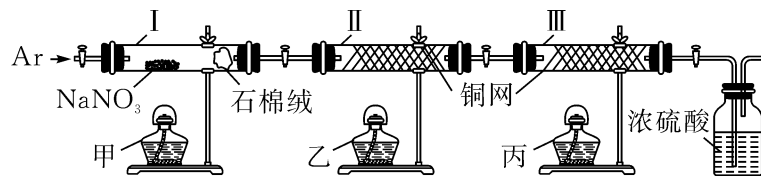
D. 步骤 III 中产生气体、析出红色物质的反应为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{NH}_3 \uparrow$

41. (2025 · 四川卷 T10)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	分别测定 0.10 mol · L ⁻¹ 的 HCOONa 和 CH_3COONa 溶液的 pH, HCOONa 溶液的 pH 更小	结合 H^+ 的能力: $\text{HCOO}^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$
B	向 NaBr 和 NaI 均为 0.10 mol · L ⁻¹ 的混合溶液中加入 CCl_4 , 再逐滴加入氯水并振荡, CCl_4 层先出现紫红色	还原性: $\text{I}^- > \text{Br}^-$
C	分别向含等物质的量的 BaC_2O_4 、 CaC_2O_4 悬浊液中加入等体积 2 mol · L ⁻¹ 乙酸, 加热, 仅 BaC_2O_4 完全溶解	溶度积常数: $\text{BaC}_2\text{O}_4 > \text{CaC}_2\text{O}_4$
D	分别向 0.10 mol · L ⁻¹ 的三氯乙酸和乙酸溶液中加入等量镁条, 三氯乙酸溶液中产生气泡的速率更快	酸性: 三氯乙酸 > 乙酸

42. (2025 · 云南卷 T8) 某化学兴趣小组设计如下实验装置, 通过测定反应前后质量的变化, 验证 NaNO_3 固体在酒精灯加热条件下, 受热分解的气态产物。



实验步骤: 先缓慢通入 Ar 气, 排尽装置内空气; 关闭 I 左侧阀门, 点燃酒精灯; 一段时间后, II 中灼热的铜网变黑, 熄灭酒精灯甲; 再次缓慢通入 Ar 气……

下列说法错误的是

()

- A. 实验步骤中, 点燃酒精灯的顺序为甲、乙、丙
- B. 整个过程中, 若 III 中灼热的铜网未变黑, 则说明生成的 O_2 在 II 中反应完全
- C. 实验结束后, 若 I 中减少的质量等于 II 中增加的质量, 则分解的气态产物只有 O_2
- D. NaNO_3 应远离热源、可燃物, 并与还原性物质分开存放

专题七 物质结构与性质 元素周期律

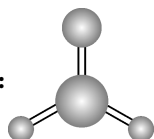
题组1 化学用语

1. (2025·河北卷 T5)下列化学用语表述正确的是 ()

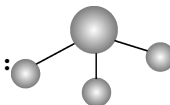
A. 中子数为 12 的氖核素: ${}^{22}_{12}\text{Ne}$

B. 氯化镁的电子式: $:\ddot{\text{Cl}}:\text{Mg}:\ddot{\text{Cl}}:$

C. 甲醛分子的球棍模型:



D. CO_3^{2-} 的价层电子对互斥模型:



2. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T2)下列化学用语或图示表达正确的是 ()

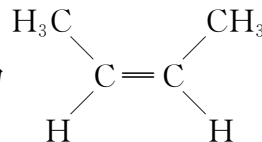
A. CS_2 的电子式为: $\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}\text{:C}\text{:}\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}$

B. 基态 Be 原子的价电子排布式为 $2s^2 2p^2$

C. C_2H_2 的球棍模型为

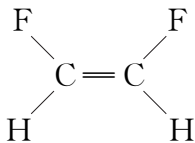


D. 反-2-丁烯的结构简式为

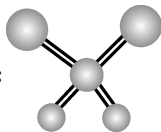


3. (2025·河南卷 T2)下列化学用语或图示正确的是 ()

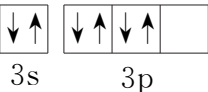
A. 反-1,2-二氟乙烯的结构式:



B. 二氯甲烷分子的球棍模型:



C. 基态 S 原子的价电子轨道表示式:



D. 用电子式表示 CsCl 的形成过程: $\text{Cs} \times \ddot{\text{Cl}}: \longrightarrow \text{Cs}^+ \ddot{\text{Cl}}:^-$

4. (2025·江苏卷 T2)科学家通过核反应 ${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} \longrightarrow {}_1^3\text{H} + {}_2^4\text{He}$ 发现氚(${}_1^3\text{H}$)。下列说法正确的是 ()

A. ${}_0^1\text{n}$ 表示一个质子

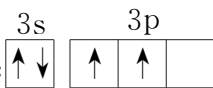
B. ${}_3^6\text{Li}$ 的基态原子核外电子排布式为 $1s^1 2s^2$

C. ${}_1^3\text{H}$ 与 ${}_1^2\text{H}$ 互为同位素

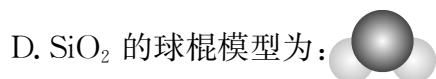
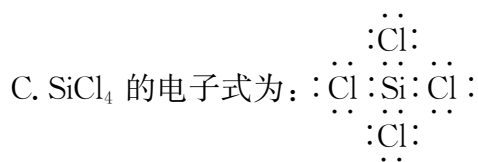
D. ${}_2^4\text{He}$ 的原子结构示意图为 $\begin{array}{c} \text{(+2)} \\ \text{2 2} \end{array}$

5. (2025·甘肃卷 T2)马家窑文化遗址出土了大量新石器时代陶制文物,陶制文物的主要成分为硅酸盐,下列有关表述错误的是 ()

A. 基态 Si 原子的价层电子排布图:



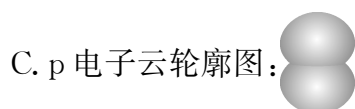
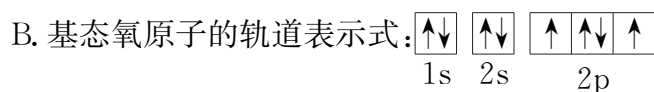
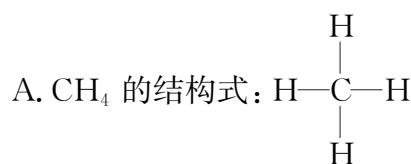
B. ${}^{16}_8\text{O}$ 的同位素 ${}^{18}_8\text{O}$ 可作为有机反应示踪原子



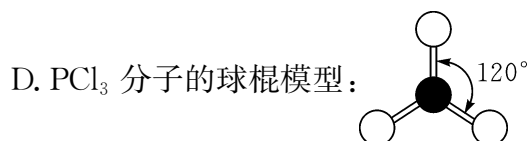
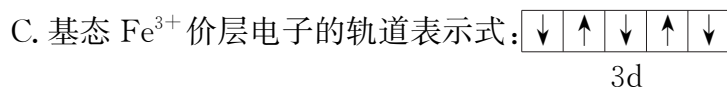
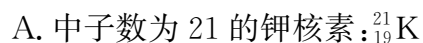
6. (2025 · 浙江 1 月卷 T2) 下列化学用语表示不正确的是 ()



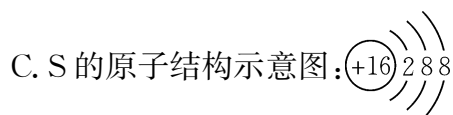
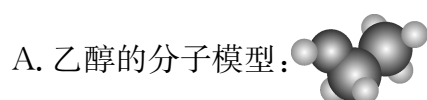
7. (2025 · 浙江 6 月卷 T2) 下列化学用语表示不正确的是 ()



8. (2025 · 四川卷 T3) 下列化学用语或图示正确的是 ()



9. (2025 · 北京卷 T2) 下列化学用语或图示表达不正确的是 ()



10. (2025 · 云南卷 T2) 下列化学用语或图示表示正确的是 ()



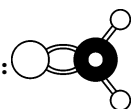
B. Na_2S 的电子式: $\text{Na}_2^+ [\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}]^{2-}$

C. Cl 的原子结构示意图: 

D. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶于水的电离方程式: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$

11. (2025 · 湖北卷 T2) 下列化学用语表达错误的是

()

A. 甲醛(HCHO)的分子空间结构模型: 

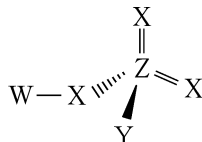
B. 制备聚乙炔: $n\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \xrightarrow{\text{催化剂}} [\text{CH}=\text{CH}]_n$

C. 碳酸银溶于硝酸的离子方程式: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

D. 1 mol SO_4^{2-} 含有 $4N_A$ 个 σ 键电子对

题组 2 元素推断与元素周期律

12. (2025 · 全国卷 T11) 一种化合物分子结构如图所示, 其中 W、X、Y、Z 为短周期元素, 原子序数依次增大, W 的一种同位素的中子数为 0, X 和 Z 同族。下列说法错误的是



()

A. 原子半径: $Z > Y > X$

B. 第一电离能: $Y > X > W$

C. 电负性: $Y > Z > W$

D. 单质氧化性: $Y > X > Z$

13. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T7) 化学家用无机物甲(YW_4ZX_2)成功制备了有机物乙($(\text{YW}_2)_2\text{XZ}$), 开创了有机化学人工合成的新纪元。其中 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大, X、Y、Z 同周期, 基态 X、Z 原子均有 2 个单电子。下列说法正确的是

()

A. 第一电离能: $Z > Y > X$

B. 甲中不存在配位键

C. 乙中 σ 键和 π 键的数目比为 6 : 1

D. 甲和乙中 X 原子的杂化方式分别为 sp 和 sp^2

14. (2025 · 山东卷 T6) 第 70 号元素 Yb 的基态原子价电子排布式为 $4f^{14}6s^2$ 。下列说法正确的是

()

A. $^{174}_{70}\text{Yb}$ 的中子数与质子数之差为 104

B. $^{174}_{70}\text{Yb}$ 与 $^{176}_{70}\text{Yb}$ 是同一种核素

C. 基态 Yb 原子核外共有 10 个 d 电子

D. Yb 位于元素周期表中第六周期

15. (2025 · 山东卷 T16) (12 分) Fe 单质及其化合物应用广泛。回答下列问题:

(1) 在元素周期表中, Fe 位于第 _____ 周期 _____ 族。基态 Fe 原子与基态 Fe^{3+} 未成对电子数之比为 _____。

(2) 尿素分子(H_2NCONH_2)与 Fe^{3+} 形成配离子的硝酸盐 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{NCONH}_2)_6](\text{NO}_3)_3$ 俗称尿素铁, 既可作铁肥, 又可作缓释氮肥。

① 元素 C、N、O 中, 第一电离能最大的是 _____, 电负性最大的是 _____。

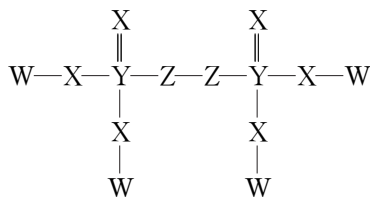
② 尿素分子中, C 原子采取的轨道杂化方式为 _____。

③ 八面体配离子 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{NCONH}_2)_6]^{3+}$ 中 Fe^{3+} 的配位数为 6, 碳氮键的键长均相等, 则与 Fe^{3+} 配位的原子是 _____ (填元素符号)。

②研究发现, α -Fe 晶胞中阴影所示 m、n 两个截面的催化活

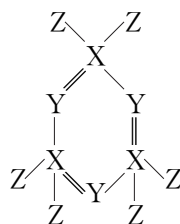
低。m、n 截面中,催化活性较

- A. 第二电离能: $X < Y$ B. 原子半径: $Z < W$
C. 单质沸点: $Y < Z$ D. 电负性: $W < X$



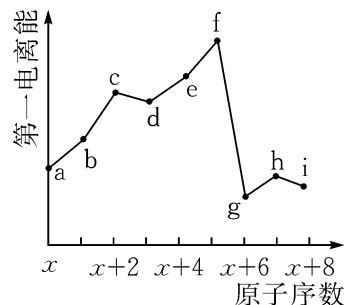
- A. 元素电负性: $X > Z > Y$ B. 该物质中 Y 和 Z 均采用 sp^3 杂化
- C. 基态原子未成对电子数: $W < X < Y$ D. 基态原子的第一电离能: $X > Z > Y$

(2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T9)一种高聚物(XYZ_2) $_n$ 被称为“无机橡胶”,可由如图所示的环状三聚体制备。X、Y 和 Z 都是短周期元素,基态 X、Y 原子的价电子数相等,基态 X、Z 原子的电子层数相同,基态 Y 原子的 2p 轨道半充满,基态 Z 原子的最外层只有 1 个未成对电子。下列说法正确的是 ()



- (2025·河南卷 T6)我国科研人员合成了一种深紫外双折射晶体材料,其由原子序数依次增大的五种短周期元素 Q、W、X、Y 和 Z 组成。基态 X 原子的 s 轨道中电子总数比 p 轨道中电子数多 1,X 所在族的族序数等于 Q 的质子数,基态 Y 和 Z 原子的原子核外均只有 1 个未成对电子,且二者核电荷数之和为 Q 的 4 倍。下列说法正确的是 ()
- A. QY_3 为极性分子
B. ZY 为共价晶体
C. 原子半径: $W>Z$
D. 1 个 X_2 分子中有 2 个 π 键

20. (2025 · 广东卷 T9) 元素 a~i 为短周期元素, 其第一电离能与原子序数的关系如图。下列说法正确的是 ()



- A. a 和 g 同主族
- B. 金属性: $g > h > i$
- C. 原子半径: $e > d > c$
- D. 最简单氢化物的沸点: $b > c$

21. (2025 · 浙江 1 月卷 T4) 根据元素周期律, 下列说法不正确的是 ()

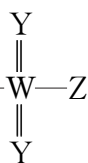
- A. 第一电离能: $N > O > S$
- B. 化合物中键的极性: $SiCl_4 > PCl_3$
- C. 碱性: $LiOH > KOH$
- D. 化合物中离子键百分数: $MgO > Al_2O_3$

22. (2025 · 浙江 6 月卷 T3) 根据元素周期律推测, 下列说法不正确的是 ()

- A. 原子半径: $Mg > Na$
- B. 电负性: $C > Si$
- C. 非金属性: $Br > I$
- D. 热稳定性: $NH_3 > PH_3$

23. (2025 · 四川卷 T8) 由原子序数依次增大的短周期主族元素 X、Y、Z、W 组成

的化合物, 其结构如图所示。X 的核外电子数与电子层数相同, Y、W 同族, Z 的价电子数等于 X 与 Y 的价电子数之和。下列说法正确的是 ()



- A. 原子半径: $Z > Y > X$
- B. 电负性: $Z > Y > W$
- C. 简单氢化物的沸点: $Y < W$
- D. Y 的第一电离能高于同周期相邻元素

24. (2025 · 湖南卷 T6) MZ_2 浓溶液中含有的 $X[MZ_2(YX)]$ 具有酸性, 能溶解金属氧化物。元素 X、Y、Z、M 的原子序数依次增大, 分别位于不同的前四周期。Y 的最外层电子数是内层的 3 倍, X 和 Y 的最外层电子数之和等于 Z 的最外层电子数, M 的价层电子排布是 $3d^{10}4s^2$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 电负性: $X > Y$
- B. Y 形成的两种单质均为非极性分子
- C. 由 X、Y、Z 形成的化合物均为强电解质
- D. 铁管上镶嵌 M, 铁管不易被腐蚀

25. (2025 · 云南卷 T9) 钙霞石是一种生产玻璃陶瓷的原料, 所含 M、Q、R、T、X、Y、Z 为原子序数依次增大的前 20 号主族元素, M 是原子半径最小的元素, Q 是形成物质种类最多的元素, R 是地壳中含量最高的元素; T、X、Y 同周期, Q、X 均与 Y 相邻, Z 的原子序数等于 M、R 和 T 的原子序数之和。下列说法正确的是 ()

- A. M 与 Z 可形成离子化合物
- B. 原子半径: $R < T < X$
- C. QR_2 是极性分子
- D. 电负性: $Y < R < Q$

26. (2025 · 湖北卷 T6) 某化合物的分子式为 XY_2Z 。X、Y、Z 三种元素位于同一短周期且原子序数依次增大, 三者的原子核外电子层数之和与未成对电子数之和相等, Z 是周期表中电负性最大的元素。下列说法正确的是 ()

- A. 三者中 Z 的原子半径最大
- B. 三者中 Y 的第一电离能最小
- C. X 的最高化合价为 +3
- D. XZ_3 与 NH_3 键角相等

27. (2025 · 江西卷 T13) $NaXY_3ZW_3$ 是一种钠离子电池电解质的主要成分。X、Y、Z、W 均为短周期元素, 价层电子数总和为 23, 原子半径: $Y < W < X < Z$, X、Z 不同周期, Z、W 同主族。下

- 列说法正确的是 ()
- A. 电负性: $X > W > Y$ B. X_3W_2 是直线形分子
- C. ZW_2 与 ZW_3 中 Z 的杂化轨道类型不同 D. HXY_3ZW_3 易燃

题组 3 物质结构与性质

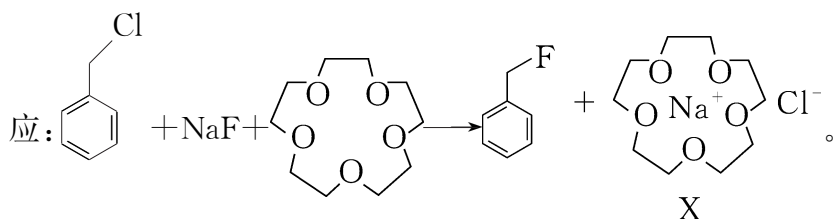
28. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T3) Cl_2O 可用于水的杀菌消毒, 遇水发生反应: $Cl_2O + H_2O \rightleftharpoons 2HClO$ 。下列说法正确的是 ()
- A. 反应中各分子的 σ 键均为 p-p σ 键 B. 反应中各分子的 VSEPR 模型均为四面体形
- C. Cl—O 键长小于 H—O 键长 D. $HClO$ 分子中 Cl 的价电子层有 2 个孤电子对
29. (2025 · 山东卷 T7) 用硫酸和 NaN_3 可制备一元弱酸 HN_3 。下列说法错误的是 ()
- A. NaN_3 的水溶液显碱性 B. N_3^- 的空间结构为 V 形
- C. NaN_3 为含有共价键的离子化合物 D. N_3^- 的中心 N 原子所有价电子均参与成键
30. (2025 · 山东卷 T8) 物质性质与组成元素的性质有关, 下列对物质性质差异解释错误的是 ()

选项	性质差异	主要原因
A	沸点: $H_2O > H_2S$	电离能: $O > S$
B	酸性: $HClO > HBrO$	电负性: $Cl > Br$
C	硬度: 金刚石 $>$ 晶体硅	原子半径: $Si > C$
D	熔点: $MgO > NaF$	离子电荷: $Mg^{2+} > Na^+$, $O^{2-} > F^-$

31. (2025 · 河北卷 T8) 化学研究应当注重宏观与微观相结合。下列宏观现象与微观解释不符的是 ()

选项	宏观现象	微观解释
A	氮气稳定存在于自然界中	氮分子中存在氮氮三键, 断开该共价键需要较多的能量
B	苯不能使溴的 CCl_4 溶液褪色	苯分子中碳原子形成了稳定的大 π 键
C	天然水晶呈现多面体外形	原子在三维空间里呈周期性有序排列
D	氯化钠晶体熔点高于氯化铝晶体	离子晶体中离子所带电荷数越少, 离子半径越大, 离子晶体熔点越低

32. (2025 · 安徽卷 T5) 氟气通过碎冰表面, 发生反应① $F_2 + H_2O \xrightarrow{-40\text{ }^\circ\text{C}} HOF + HF$, 生成的 HOF 遇水发生反应② $HOF + H_2O \rightleftharpoons HF + H_2O_2$ 。下列说法正确的是 ()
- A. HOF 的电子式为 $H:\ddot{O}:\ddot{F}:$ B. H_2O_2 为非极性分子
- C. 反应①中有非极性键的断裂和形成 D. 反应②中 HF 为还原产物
33. (2025 · 安徽卷 T7) 下列有关物质结构或性质的比较中, 正确的是 ()
- A. 与 H^+ 结合的能力: $OH^- > NH_2^-$
- B. 与氨形成配位键的能力: $H^+ > Cu^{2+}$
- C. H_2O 和 NH_3 分子中的键长: $O-H > N-H$
- D. 微粒所含电子数: $NH_4^+ > NH_2^-$



下列说法正确的是

()

A. 苄氯是非极性分子

B. 电负性： $\chi(\text{F}) < \chi(\text{Cl})$

C. 离子半径： $r(\text{F}^-) > r(\text{Na}^+)$

D. X 中 15-冠-5 与 Na^+ 间存在离子键

39. (2025 · 江苏卷 T5) 下列说法正确的是

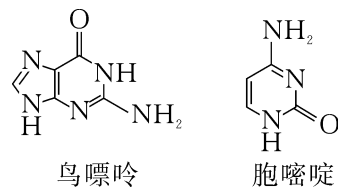
()

A. 硫黄有 S_2 、 S_2^{2-} 、 S_4 等多种同素异形体

B. 高温下青蒿素分子结构稳定

C. NH_3 分子中 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角大于 CH_4 分子中 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 键角

D. 图示的碱基鸟嘌呤与胞嘧啶通过氢键互补配对



40. (2025 · 甘肃卷 T5) X、Y、Z、W、Q 分别为原子序数依次增大的短周期主族元素，Y、Q 基态原子的价电子数相同，均为其 K 层电子数的 3 倍，X 与 Z 同族，W 为金属元素，其原子序数等于 X 与 Z 的原子序数之和。下列说法错误的是

()

A. X 与 Q 组成的化合物具有还原性

B. Y 与 Q 组成的化合物水溶液显碱性

C. Z、W 的单质均可在空气中燃烧

D. Z 与 Y 按原子数 1 : 1 组成的化合物具有氧化性

41. (2025 · 甘肃卷 T7) 物质的结构决定性质，下列事实与结构因素无关的是

()

选项	事实	结构因素
A	K 与 Na 产生的焰色不同	能量量子化
B	SiH_4 的沸点高于 CH_4	分子间作用力
C	金属有良好的延展性	离子键
D	刚玉(Al_2O_3)的硬度大，熔点高	共价晶体

42. (2025 · 甘肃卷 T9) 我国化学家合成了一种带有空腔的杯状主体分子(结构式如图 1)，该分子

和客体分子 $(\text{CH}_3)_4\text{NCl}$ 可形成主客

体包合物： $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ 被固定在空腔

内部(结构示意图见图 2)。下列说

法错误的是

()

A. 主体分子存在分子内氢键

B. 主客体分子之间存在共价键

C. 磺酸基中的 $\text{S}-\text{O}$ 键能比 $\text{S}=\text{O}$ 小

D. $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ 和 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 中 N 均采取 sp^3 杂化

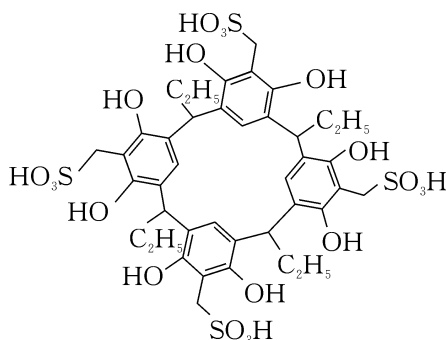


图 1

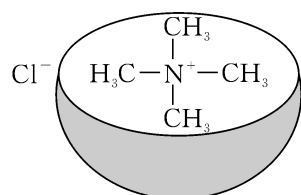


图 2

43. (2025 · 甘肃卷 T10) 我国科学家制备了具有优良双折射性能的 $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_6\text{I}_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 材料($\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_6\text{I}_6$ 的结构如图所示)。下列说法正确的是

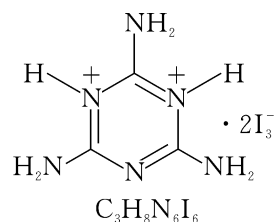
()

A. 电负性: $\text{N} < \text{C} < \text{O}$

B. 原子半径: $\text{C} < \text{N} < \text{O}$

C. I_3^- 中所有 I 的孤电子对数相同

D. $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_6^{2+}$ 中所有 N—H 极性相同



()

44. (2025 · 浙江 1 月卷 T1) 下列属于极性分子的是

A. HCl

B. N_2

C. He

D. CH_4

45. (2025 · 浙江 1 月卷 T17) (16 分) 磷是生命活动中不可或缺的元素。请回答:

(1) 关于 V A 族元素原子结构的描述, 下列说法正确的是_____。

A. 基态 P 原子 3p 轨道上的电子自旋方向相同

B. As^{3+} 的最外层电子数为 18

C. P^{3+} 的半径小于 P^{5+} 的半径

D. 电子排布为 $[\text{Ne}]3s^13p^4$ 的 P 原子处于激发态

(2) 某化合物的晶胞如图 1。

① 化学式是_____。

② 将 0.01 mol 该化合物加入含少量石蕊的 10 mL H_2O 中, 实验现象是_____ (从酸碱性和溶解性角度推测)。

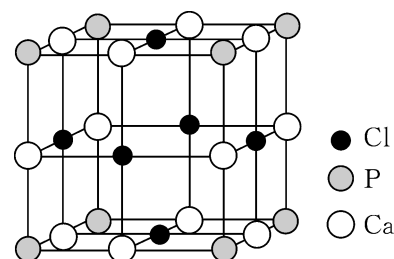


图 1

(3) 两分子 H_3PO_4 ($K_{a3} = 4.8 \times 10^{-13}$) 脱水聚合得到一分子

$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($K_{a3} = 2.0 \times 10^{-7}$), 从 PO_4^{3-} 、 $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ 的结构角度分析 K_{a3} 差异的原因: _____。

(4) 兴趣小组对某磷灰石 [主要成分为 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ 和少量 SiO_2] 进行探究, 设计了两种制备 H_3PO_4 的方法:

I. 用稍过量的浓 H_2SO_4 与磷灰石反应, 得到 H_3PO_4 溶液、少量 SiF_4 气体、渣 (主要成分为 CaSO_4)。

II. 将磷灰石脱水、还原, 得到的白磷 (P_4) 燃烧后与水反应制得 H_3PO_4 溶液。

① 方法 I, 所得 H_3PO_4 溶液中含有的杂质酸是_____。

② 以方法 I 中所得渣为硫源, 设计实验制备无水 Na_2SO_4 , 流程如图 2:

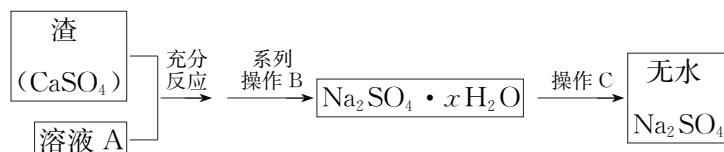


图 2

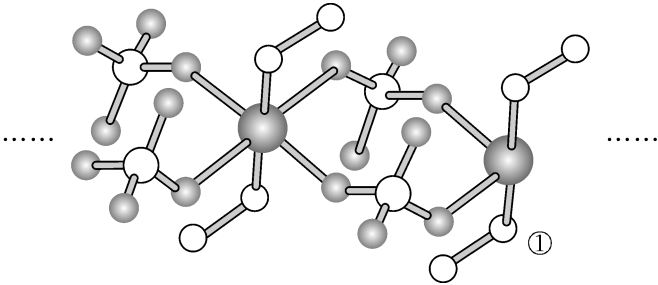
溶液 A 是_____, 系列操作 B 是_____, 操作 C 是_____。

③ 方法 II 中, 脱水得到的 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$ (足量) 与炭 (C)、 SiO_2 高温下反应, 生成白磷 (P_4) 和另一种可燃性气体, 该反应的化学方程式是_____。

46. (2025·浙江6月卷 T6) 可根据物质结构推测其性质, 下列推测的性质不合理的是 ()

选项	结构	性质
A	正戊醇和乙醇分子中均含有一个羟基	两者的水溶性相当
B	金属钨晶体中金属键强	金属钨熔点高
C	$\text{聚乳酸的结构是 } \text{H}-\left[\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n-\text{OH}$	聚乳酸可降解
D	油酸甘油酯分子中有碳碳双键	油酸甘油酯易被氧化变质

47. (2025·浙江6月卷 T13) 能代表化合物 $(\text{N}_2\text{H}_5)_2\text{Zn}(\text{SO}_4)_2$ 的结构片段如图(氢原子未画出), 下列有关该化合物的描述不正确的是 ()



- A. 图中球①代表原子团 NH_2 B. 该化合物易溶于水
C. 作还原剂时, 该化合物释放 H^+ D. 氮原子上没有孤电子对, 晶体中不存在氢键

48. (2025·浙江6月卷 T17) (16分) 铜在自然界中大多以硫化物的形式成矿。

请回答:

(1) 下列有关铜和硫的说法正确的是_____。

- A. 基态硫原子有 7 对成对电子
B. 铜的焰色试验呈绿色, 与铜原子核外电子跃迁释放能量有关
C. 基态铜原子失去 2 个电子, 3d 轨道形成全充满结构
D. 配位键强度: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+} > [\text{Cu}(\text{NH}_3)]^+$

(2) 一种铜化合物的晶胞如图 1, 写出由配离子表示的该化合物的化学式:_____。

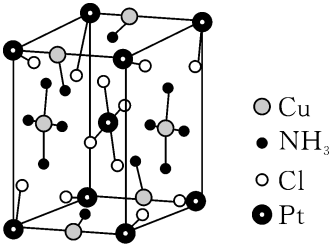


图 1

(3) 化合物 A[化学式: $(\text{H}_2\text{N})_3\text{PS}$] 和 B[化学式: $(\text{H}_2\text{N})_3\text{PO}$] 具有相似的结构, 如图 2。

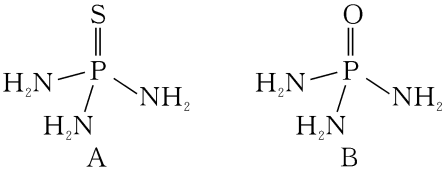


图 2

- ①化合物 B 给出 H^+ 趋势相对更大,请从结构角度分析原因:_____。
- ②将化合物 A 与足量稀硫酸混合,在加热条件下充分反应,得到气体 C 和含 H_3PO_4 的溶液,写出发生反应的化学方程式:_____。
- ③设计实验检验气体 C:_____ (要求利用气体 C 的氧化性或还原性)。
- (4)有同学以 Cu_3FeS_4 为原料,设计如图 3 所示转化方案:



图 3

- ①写出步骤 I 的化学方程式:_____。
- ②步骤 II 中,溶液 E 中铜元素全部转化为难溶性 CuBr。气体 X 为_____ (要求不引入其他新的元素);溶液 F 中除 K^+ 、 H^+ 、 Br^- 外,浓度最高的两种离子为_____ (按浓度由高到低顺序)。

49. (2025 · 四川卷 T6) 生产磷肥时,利用纯碱溶液吸收 SiF_4 的反应为 $3\text{SiF}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{SiF}_6 \downarrow + \text{H}_4\text{SiO}_4 + 2\text{CO}_2$, 下列说法错误的是 ()

- A. Na_2SiF_6 中含有配位键
- B. SiF_4 和 H_2O 都是由极性键构成的极性分子
- C. CO_2 和 SiO_2 晶体分别为分子晶体和共价晶体
- D. CO_3^{2-} 的 VSEPR 模型和空间结构都为平面三角形

50. (2025 · 湖南卷 T5) 下列有关物质性质的解释错误的是 ()

选项	性质	解释
A	酸性: $\text{CH}_3\text{COOH} < \text{HCOOH}$	$-\text{CH}_3$ 是推电子基团
B	熔点: $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3 < \text{NH}_4\text{NO}_3$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$ 的体积大于 NH_4^+
C	熔点: $\text{Fe} > \text{Na}$	Fe 比 Na 的金属性弱
D	沸点: $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$	H_2O 分子间存在氢键

51. (2025 · 北京卷 T9) 依据下列事实进行的推测正确的是 ()

选项	事实	推测
A	NaCl 固体与浓硫酸反应可制备 HCl 气体	NaI 固体与浓硫酸反应可制备 HI 气体
B	BaSO_4 难溶于盐酸, 可作“钡餐”使用	BaCO_3 可代替 BaSO_4 作“钡餐”
C	盐酸和 NaHCO_3 溶液反应是吸热反应	盐酸和 NaOH 溶液反应是吸热反应
D	H_2O 的沸点高于 H_2S	HF 的沸点高于 HCl

52. (2025 · 湖北卷 T5) 下列说法错误的是 ()

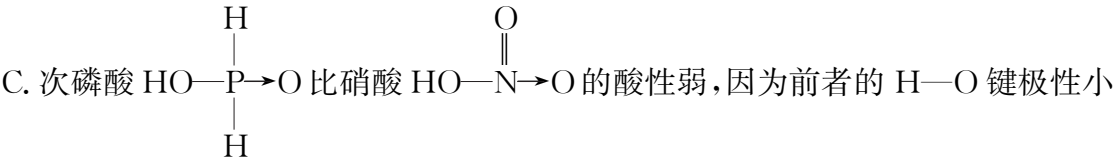
- A. 胶体粒子对光线散射产生丁达尔效应
- B. 合成高分子是通过聚合反应得到的一类纯净物
- C. 配位化合物通过“电子对给予—接受”形成配位键
- D. 超分子可以由两种或两种以上的分子通过分子间相互作用形成

53. (2025 · 湖北卷 T7) 下列关于物质性质或应用解释错误的是 ()

选项	性质或应用	解释
A	石蜡油的流动性比水的差	石蜡油的分子间作用力比水的小
B	NH_3 溶于水显碱性	NH_3 可结合水中的质子
C	OF_2 可以氧化 H_2O	OF_2 中 O 显正电性
D	石墨作为润滑剂	石墨层间靠范德华力维系

54. (2025 · 湖北卷 T13) N 和 P 为同主族相邻元素。下列关于物质性质或现象的解释错误的是 ()

- A. KNO_3 的熔点比 K_3PO_4 的低, 因为 KNO_3 的离子键更强
B. 磷单质通常不以 P_2 的形式存在, 因为磷磷之间难以形成三键



- D. P 形成 PF_5 而 N 形成 NF_3 , 因为 P 的价层电子轨道更多且半径更大

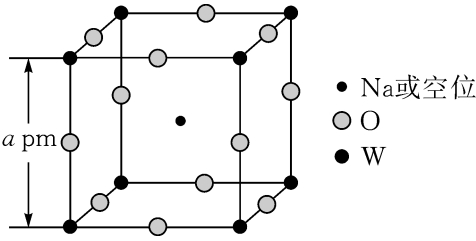
55. (2025 · 江西卷 T2) 下列说法正确的是 ()

- A. 键长: $\text{CO} > \text{CO}_2$ B. 沸点: $\text{HI} > \text{HCl}$ C. 键能: $\text{O}_2 > \text{N}_2$ D. 键角: $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$

题组 4 晶体结构与性质

56. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T9) Na_xWO_3 晶体因 x 变化形成空位而导致颜色各异, 当 $0.44 \leq x \leq 0.95$ 时, 其立方晶胞结构如图所示。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值, 下列说法错误的是 ()

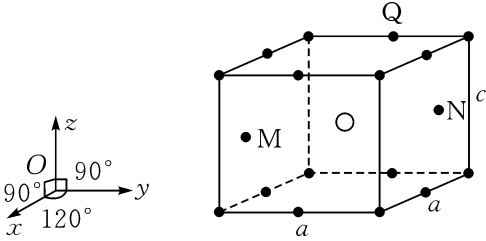
- A. 与 W 最近且等距的 O 有 6 个
B. x 增大时, W 的平均价态升高
C. 密度为 $\frac{243.5 \times 10^{30}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时, $x = 0.5$
D. 空位数不同, 吸收的可见光波长不同



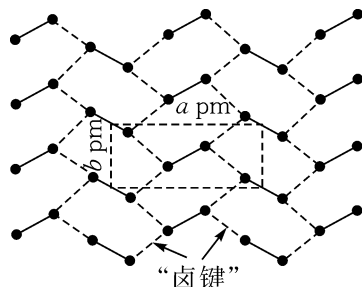
57. (2025 · 河北卷 T11) SmCo_k ($k > 1$) 是一种具有优异磁性能的稀土永磁材料, 在航空航天等领域中获得重要应用。 SmCo_k 的六方晶胞示意图如下, 晶胞参数 $a = 500 \text{ pm}$ 、 $c = 400 \text{ pm}$, M、N 原子的分数坐标分别为 $(\frac{5}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{2})$ 、 $(\frac{1}{6}, \frac{5}{6}, \frac{1}{2})$ 。设 N_A 是阿伏加德罗常数的值。

下列说法错误的是 ()

- A. 该物质的化学式为 SmCo_5
B. 体心原子的分数坐标为 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$
C. 晶体的密度为 $\frac{890\sqrt{3}}{3N_A \times 10^{-22}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
D. 原子 Q 到体心的距离为 $100\sqrt{41} \text{ pm}$

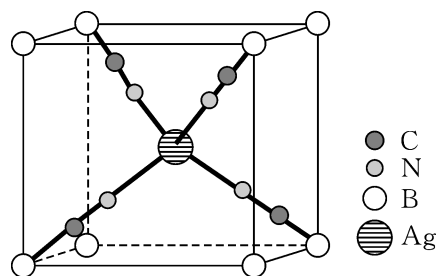
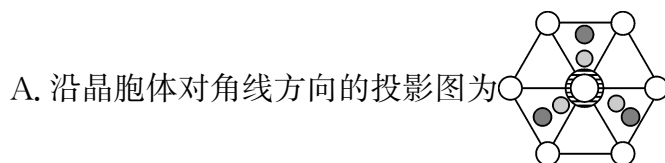


58. (2025 · 安徽卷 T12) 碘晶体为层状结构, 层间作用为范德华力, 层间距为 d pm。如图给出了碘的单层结构, 层内碘分子间存在“卤键”(强度与氢键相近)。 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是 ()



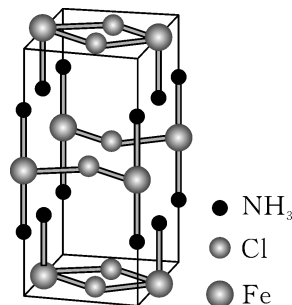
- A. 碘晶体是混合型晶体
B. 液态碘单质中也存在“卤键”
C. 127 g 碘晶体中有 N_A 个“卤键”
D. 碘晶体的密度为 $\frac{2 \times 254}{abd \times N_A \times 10^{-30}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

59. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T8) 一种负热膨胀材料的立方晶胞结构如图, 晶胞密度为 $d \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。阿伏加德罗常数的值为 N_A 。下列说法错误的是 ()



- B. Ag 和 B 均为 sp^3 杂化
C. 晶体中与 Ag 最近且距离相等的 Ag 有 6 个
D. Ag 和 B 的最短距离为 $\frac{\sqrt{3}}{2} \times \sqrt{\frac{223}{N_A d}} \times 10^{10} \text{ pm}$

60. (2025 · 浙江 1 月卷 T13) 某化合物 $\text{Fe}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 的晶胞如图所示, 下列说法不正确的是 ()

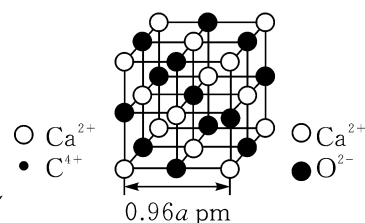
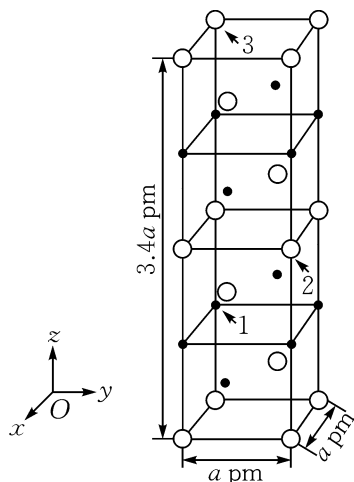


- A. 晶体类型为混合晶体
B. NH_3 与二价铁形成配位键
C. 该化合物与水反应有难溶物生成
D. 该化合物热稳定性比 FeCl_2 高

61. (2025 · 四川卷 T12) CaCO_3 的四方晶胞 (晶胞参数 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, 省略 CO_3^{2-} 中的氧, 只标出 C^{4+}) 和 CaO 的立方晶胞如图所示, N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是 ()

- A. CaCO_3 晶胞中 1 位 C^{4+} 的分数坐标为 $(0, 0, \frac{1}{4})$

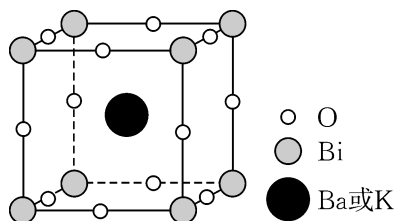
- B. CaCO_3 晶胞中 2 位和 3 位 Ca^{2+} 的核间距为 $\sqrt{4.89}a \text{ pm}$



C. CaO 晶胞和 CaCO_3 晶胞中原子数之比是 4 : 15

D. CaO 晶体密度小于 CaCO_3 晶体密度

62. (2025 · 湖南卷 T7) K^+ 掺杂的铋酸钡具有超导性。 K^+ 替代部分 Ba^{2+} 形成 $\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4}\text{BiO}_3$ (摩尔质量为 $354.8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), 其晶胞结构如图所示。该立方晶胞的参数为 $a \text{ nm}$, 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是 ()



A. 晶体中与铋离子最近且距离相等的 O^{2-} 有 6 个

B. 晶胞中含有的铋离子个数为 8

C. 第一电离能: $\text{Ba} > \text{O}$

D. 晶体的密度为 $\frac{3.548 \times 10^{21}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

63. (2025 · 北京卷 T15) (10 分) 通过 MgCl_2 和 $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的相互转化可实现 NH_3 的高效存储和利用。

(1) 将 Mg 的基态原子最外层轨道表示式补充完整: $\boxed{} \boxed{} \boxed{} \boxed{}$ 。
3s 3p

(2) NH_3 分子中 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角小于 $109^\circ 28'$, 从结构角度解释原因: _____。

(3) $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的晶胞是立方体结构, 边长为 $a \text{ nm}$, 结构示意图如图 1。

① $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的配体中, 配位原子是 _____。

② 已知 $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的摩尔质量为 $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 阿伏加德罗常数为 N_A , 该晶体的密度为 _____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm}$)

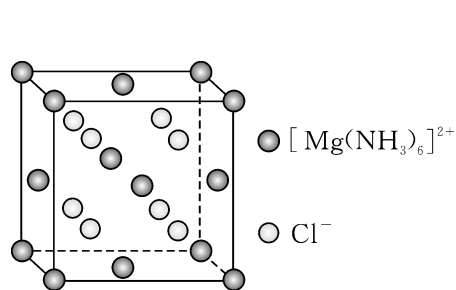


图 1

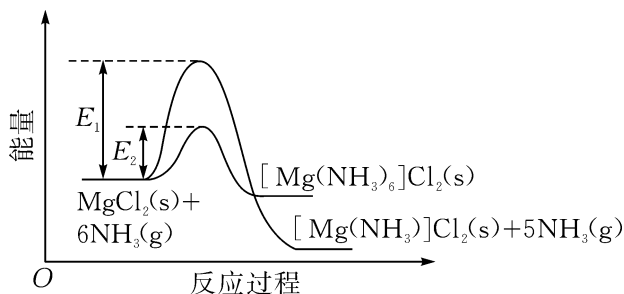


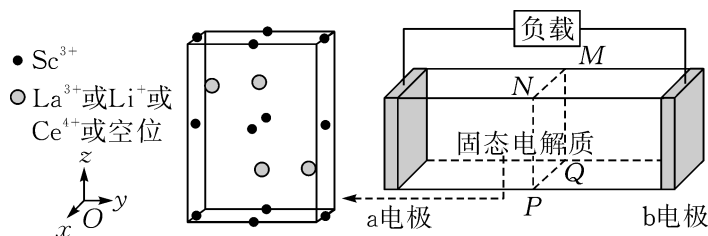
图 2

(4) MgCl_2 和 NH_3 反应过程中能量变化示意图如图 2。

① 室温下, MgCl_2 和 NH_3 反应生成 $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 而不生成 $[\text{Mg}(\text{NH}_3)]\text{Cl}_2$ 。分析原因: _____。

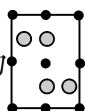
② 从平衡的角度推断利于 $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 脱除 NH_3 生成 MgCl_2 的条件并说明理由: _____。

64. (2025 · 云南卷 T13) $(\text{Li}_{0.45}\text{La}_{0.85})\text{ScO}_3$ 是优良的固态电解质材料, Ce^{4+} 取代部分 La^{3+} 后产生空位, 可提升 Li^+ 传导性能。取代后材料的晶胞结构示意图(O^{2-} 未画出)及其作为电解质的电池装置如图所示。下列说法错误的是 ()



A. 每个晶胞中 O^{2-} 个数为 12

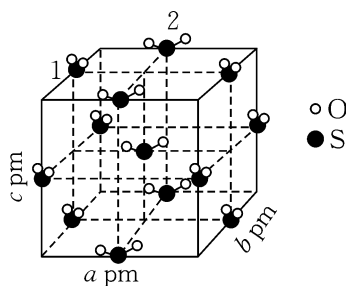
B. 该晶胞在 yz 平面的投影为



C. Ce^{4+} 取代后, 该电解质的化学式为 $(\text{Li}_{0.45}\text{La}_{0.85-y}\text{Ce}_y)\text{ScO}_3$

D. 若只有 Li^+ 发生迁移, 外电路转移的电子数与通过截面 $MNPQ$ 的 Li^+ 数目相等

65. (2025 · 湖北卷 T9) SO_2 晶胞是长方体, 边长 $a \neq b \neq c$, 如图所示。下列说法正确的是 ()



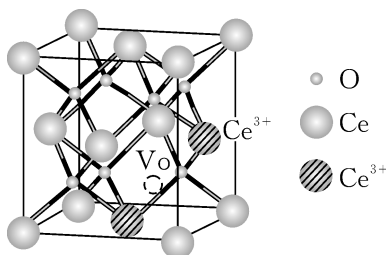
A. 一个晶胞中含有 4 个 O 原子

B. 晶胞中 SO_2 分子的取向相同

C. 1 号和 2 号 S 原子间的核间距为 $\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{a^2 + b^2}$ pm

D. 每个 S 原子周围与其等距且紧邻的 S 原子有 4 个

66. (2025 · 江西卷 T14) CeO_2 晶格中的 O 被去除, 产生一个氧空位 (Vo), Vo 相对原点的分数坐标为 $(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$, 则图中 Ce^{3+} 的分数坐标分别为 ()



A. $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$

B. $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}), (1, 0, 0)$

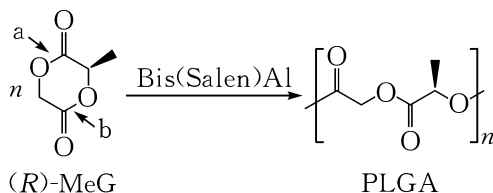
C. $(0, \frac{1}{2}, 0), (\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$

D. $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$



专题八 有机化学基础

1. (2025 · 全国卷 T9) 我国研究人员利用手性催化剂 Bis(Salen)Al 合成了具有优良生物相容性的 PLGA, 如图。



下列叙述正确的是

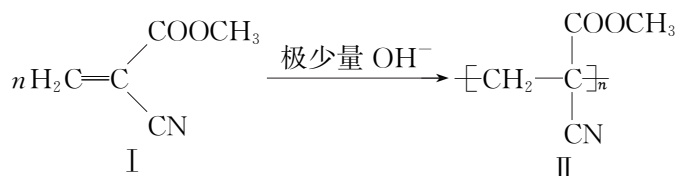
()

- A. 该反应为缩聚反应
- B. (R)-MeG 分子中所有碳原子共平面
- C. 聚合反应过程中, b 键发生断裂
- D. PLGA 碱性水解生成单一化合物

2. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T5)

一种强力胶的黏合原理如图所示。下列说法正确的是

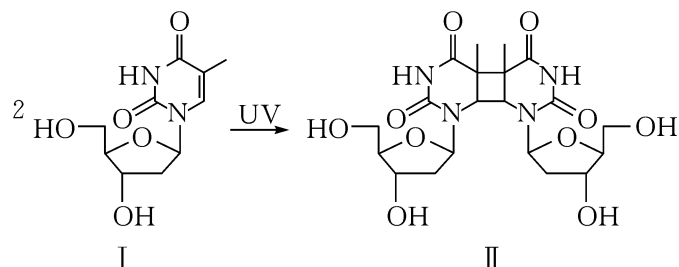
()



- A. I 有 2 种官能团
- B. II 遇水溶解可使黏合物分离
- C. 常温下 II 为固态
- D. 该反应为缩聚反应

3. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T10) 人体皮肤细胞受到紫外线(UV)照射可能造成 DNA 损伤, 原因之一是脱氧核苷上的碱基发生了如下图所示反应。下列说法错误的是

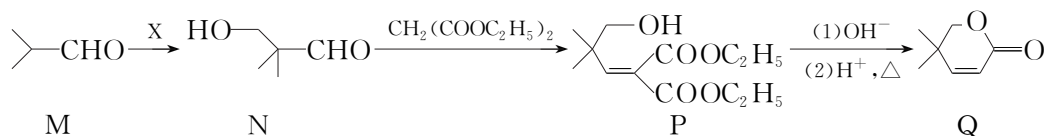
()



- A. 该反应为取代反应
- B. I 和 II 均可发生酯化反应
- C. I 和 II 均可发生水解反应
- D. 乙烯在 UV 下能生成环丁烷

4. (2025 · 山东卷 T14) 以异丁醛(M)为原料制备化合物 Q 的合成路线如图所示, 下列说法错误的是

()



- A. M 的系统命名为 2-甲基丙醛
- B. 若 $\text{M} + \text{X} \rightarrow \text{N}$ 原子利用率为 100%, 则 X 是甲醛

D. P $\longrightarrow$ Q 过程中有 CH_3COOH 生成



K



M

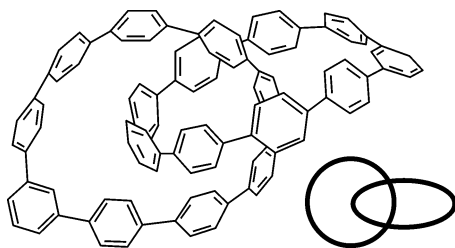
A. K 中含手性碳原子
B. M 中碳原子都是 sp^2 杂化
C. K、M 均能与 $NaHCO_3$ 反应
D. K、M 共有四种含氧官能团

CC(C)(CC)C1C(C)C(C)C1C/C=C/C(C)C/C=C/C(C)C(=O)OC

A. 分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_3$ B. 存在 4 个 $\text{C}-\text{O}$ σ 键
C. 含有 3 个手性碳原子 D. 水解时会生成甲醇

OCC1C(O)C(=O)OC2C1OC(CO)C(O)C2O
AA2G

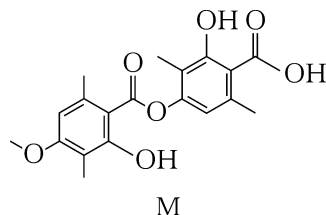
8. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T5)“机械键”是两个或多个分子在空间上穿插互锁的一种结合形式。我国科研人员合成了由两个全苯基大环分子组成的具有“机械键”的索烃,其结构如图所示。下列说法错误的是 ()



A. 该索烃属于芳香烃
B. 该索烃的相对分子质量可用质谱仪测定
C. 该索烃的两个大环之间不存在范德华力
D. 破坏该索烃中的“机械键”需要断裂共价键

9. (2025 · 河南卷 T7) 化合物 M 是从红树林真菌代谢物中分离得到的一种天然产物, 其结构如图所示。下列有关 M 的说法, 正确的是 ()

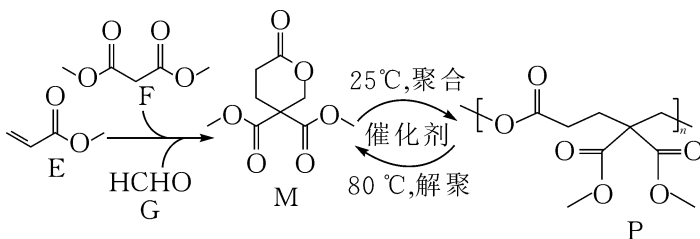
- A. 分子中所有的原子可能共平面
B. 1 mol M 最多能消耗 4 mol NaOH
C. 既能发生取代反应, 又能发生加成反应
D. 能形成分子间氢键, 但不能形成分子内氢键



10. (2025 · 河南卷 T11) 可持续高分子材料在纺织、生物医用等领域具有广阔的应用前景, 一种在温和条件下制备高性能可持续聚酯 P 的路线如图所示。

下列说法错误的是 ()

- A. E 能使溴的四氯化碳溶液褪色
B. 由 E、F 和 G 合成 M 时, 有 HCOOH 生成

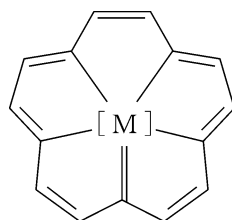


- C. P 在碱性条件下能够发生水解反应而降解

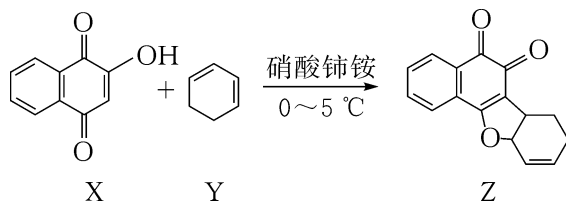
- D. P 解聚生成 M 的过程中, 存在 C—O 键的断裂与形成

11. (2025 · 广东卷 T2) 在法拉第发现苯 200 周年之际, 我国科学家首次制备了以金属 M 为中心的多烯环配合物。该配合物具有芳香性, 其多烯环结构 (如图) 形似梅花。该多烯环上 ()

- A. C—H 键是共价键
B. 有 8 个碳碳双键
C. 共有 16 个氢原子
D. 不能发生取代反应



12. (2025 · 江苏卷 T9) 化合物 Z 是一种具有生理活性的多环呋喃类化合物, 部分合成路线如下:

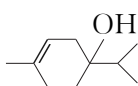


下列说法正确的是 ()

- A. 1 mol X 最多能和 4 mol H₂ 发生加成反应
B. Y 分子中 sp³ 和 sp² 杂化的碳原子数目比为 1 : 2
C. Z 分子中所有碳原子均在同一个平面上
D. Z 不能使 Br₂ 的 CCl₄ 溶液褪色

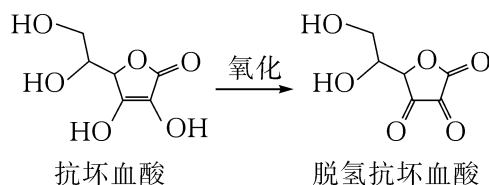
13. (2025 · 甘肃卷 T3) 苦水玫瑰是中国国家地理标志产品, 可从中提取高品质的玫瑰精油。玫瑰精油成分之一的结构简式如图, 下列说法错误的是 ()

- A. 该分子含 1 个手性碳原子
B. 该分子所有碳原子共平面
C. 该物质可发生消去反应



- D. 该物质能使溴的四氯化碳溶液褪色

14. (2025 · 浙江 1 月卷 T9) 抗坏血酸(维生素 C)是常用的抗氧化剂,如图为抗坏血酸的氧化过程。



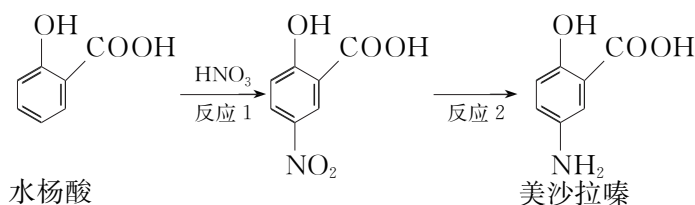
下列说法不正确的是

()

- A. 可用质谱法鉴别抗坏血酸和脱氢抗坏血酸
- B. 抗坏血酸可发生缩聚反应
- C. 脱氢抗坏血酸不能与 NaOH 溶液反应
- D. 1 个脱氢抗坏血酸分子中有 2 个手性碳原子

15. (2025 · 浙江 6 月卷 T9) 科学家通过对水杨酸进行分子结构修饰(如图),得到药物美沙拉嗪,下列说法不正确的是

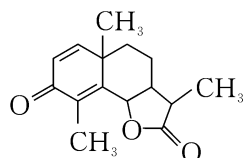
()



- A. 反应 1 产物中是否含有残留的水杨酸,无法用 FeCl_3 溶液检验
- B. 反应 1 中,需控制反应条件,防止水杨酸被氧化
- C. 反应 2 可通过还原反应生成美沙拉嗪
- D. 在盐酸中溶解性:水杨酸 > 美沙拉嗪

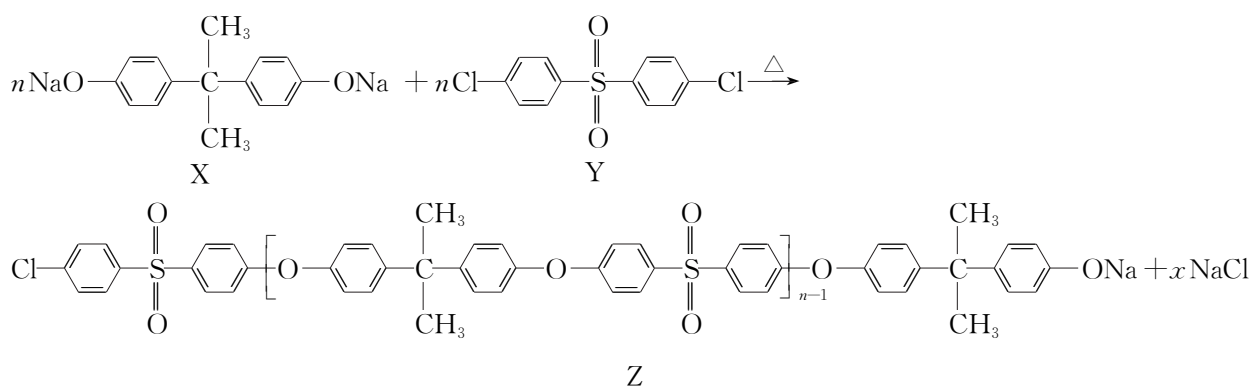
16. (2025 · 四川卷 T4) 中医药学是中国传统文化的瑰宝。 α -山道年是一种蒿类植物提取物,具有驱虫功能,其结构如图所示。下列关于该分子的说法错误的是

()



- A. 分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_3$
- B. 手性碳原子数目为 4
- C. sp^2 杂化的碳原子数目为 6
- D. 不能与 NaOH 溶液发生反应

17. (2025 · 四川卷 T9) 聚合物 Z 可用于制造用途广泛的工程塑料,其合成反应如下:

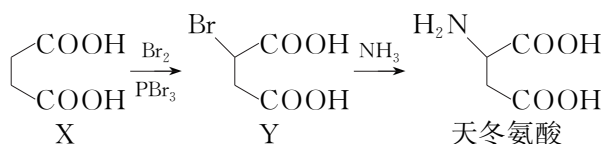


下列说法正确的是

()

- A. X 能与 CO_2 水溶液反应, 不能与 FeCl_3 水溶液反应
 B. Y 中所有原子共平面
 C. x 的值为 $(2n-1)$, 该反应不属于缩聚反应
 D. 若反应体系中有少量水, 则酚钠盐水解, 影响聚合度

18. (2025 · 湖南卷 T10) 天冬氨酸广泛应用于医药、食品和化工等领域。天冬氨酸的一条合成路线如下:



下列说法正确的是

()

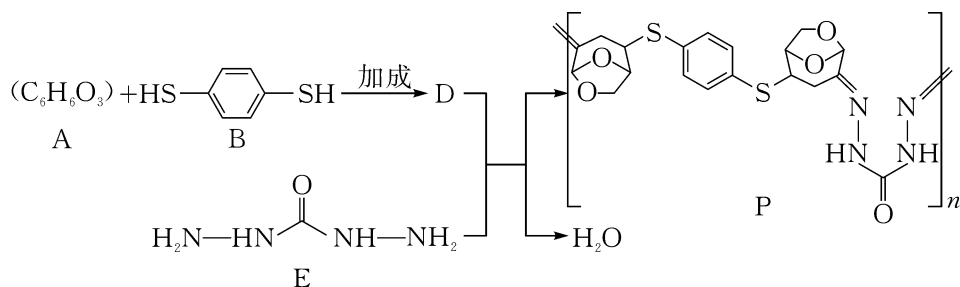
- A. X 的核磁共振氢谱有 4 组峰
 B. 1 mol Y 与 NaOH 水溶液反应, 最多可消耗 2 mol NaOH
 C. 天冬氨酸是两性化合物, 能与酸、碱反应生成盐
 D. 天冬氨酸通过加聚反应可合成聚天冬氨酸

19. (2025 · 北京卷 T4) 物质的微观结构决定其宏观性质。乙腈(CH_3CN)是一种常见的有机溶剂, 沸点较高, 水溶性好。下列说法不正确的是

()

- A. 乙腈的电子式: $\text{H}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{N}}:$
 B. 乙腈分子中所有原子均在同一平面
 C. 乙腈的沸点高于与其分子量相近的丙炔
 D. 乙腈可发生加成反应

20. (2025 · 北京卷 T13) 一种生物基可降解高分子 P 合成路线如下图。



下列说法正确的是

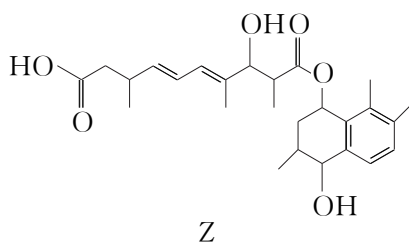
()

- A. 反应物 A 中有手性碳原子
 B. 反应物 A 与 B 的化学计量数之比是 1 : 2
 C. 反应物 D 与 E 生成 P 的反应类型为加聚反应
 D. 高分子 P 可降解是由于 C—O 键断裂

21. (2025 · 云南卷 T6) 化合物 Z 是某真菌的成分之一, 结构如图。下列有关该物质说法错误的是

()

- A. 可形成分子间氢键
 B. 与乙酸、乙醇均能发生酯化反应
 C. 能与 NaHCO_3 溶液反应生成 CO_2
 D. 1 mol Z 与 Br_2 的 CCl_4 溶液反应, 消耗 5 mol Br_2

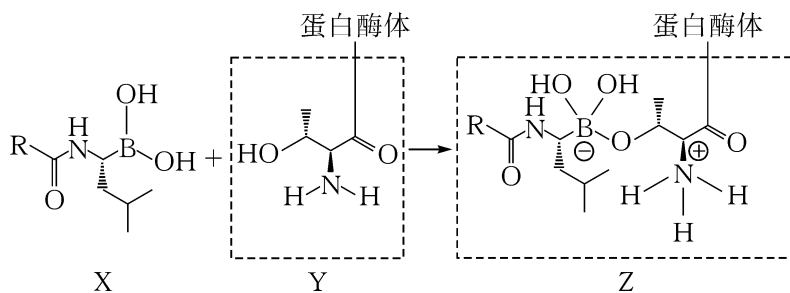


22. (2025 · 湖北卷 T11) 桥头烯烃 I (如图) 的制备曾是百年学术难题, 下列描述正确的是 ()



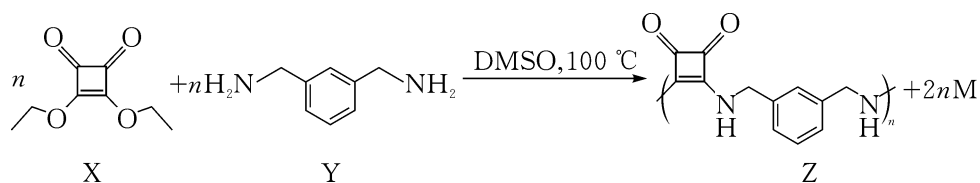
- A. I 的分子式是 C_7H_{12} B. I 的稳定性较低
C. II 有 2 个手性碳 D. II 经浓硫酸催化脱水仅形成 I

23. (2025 · 江西卷 T4) 肽抑制剂 X 可抑制骨髓瘤, 其作用机理是 X 与蛋白酶体片段的活性位点 Y 结合(如图)。下列说法正确的是 ()



- A. 反应为缩合反应 B. X 在反应中显碱性
C. 与 H^+ 反应的活性: $Z > Y$ D. Z 属于盐

24. (2025 · 江西卷 T10) 一种聚四方酰胺高分子材料, 其制备原理如图, 下列说法错误的是 ()



- A. X 中所有氧原子不共平面 B. 反应为缩聚反应
C. Z 的高分子链之间存在氢键 D. M 为乙醇

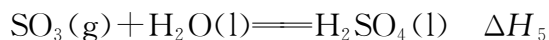
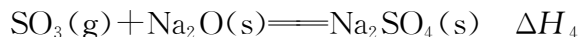
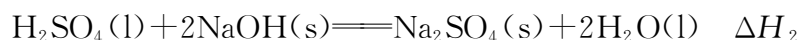
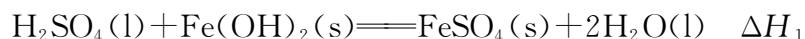
专题九 化学反应的热效应、反应历程

题组1 化学反应的热效应

1. (2025·浙江1月卷T11)下列说法正确的是 ()

- A. 常温常压下 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$ 混合无明显现象, 则反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 在该条件下不自发
- B. $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$, 升高温度, 平衡逆向移动, 则反应的平衡常数减小
- C. $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$, 则正反应的活化能大于逆反应的活化能
- D. $\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{s}) \quad \Delta H < 0$, $\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{s}) \quad \Delta H < 0$, 则 $\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \quad \Delta H < 0$

2. (2025·浙江6月卷T11)下列反应均能自发进行, 相关判断不正确的是 ()



- A. $\Delta H_1 - \Delta H_2 > 0$ B. $\Delta H_2 - \Delta H_3 > 0$ C. $\Delta H_3 - \Delta H_4 < 0$ D. $\Delta H_4 - \Delta H_5 < 0$

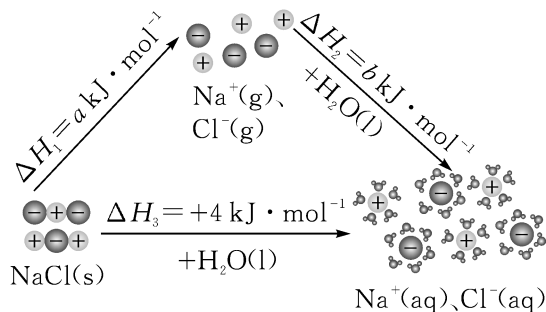
3. (2025·北京卷T11)为理解离子化合物溶解过程的能量变化, 可设想 NaCl 固体溶于水的过程分两步实现, 示意图如下。

下列说法不正确的是

()

- A. NaCl 固体溶解是吸热过程
- B. 根据盖斯定律可知 $a + b = 4$
- C. 根据各微粒的状态, 可判断 $a > 0, b > 0$
- D. 溶解过程的能量变化, 与 NaCl 固体和 NaCl 溶液中

微粒间作用力的强弱有关



4. (2025·江西卷T12)一定压强下, 乙烯水合反应为 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g})$ 。

已知: $\Delta H(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}) = -34\,585 - 26.4T$,

$\Delta G(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}) = -34\,585 + 26.4T \cdot \ln T + 45.19T$ 。

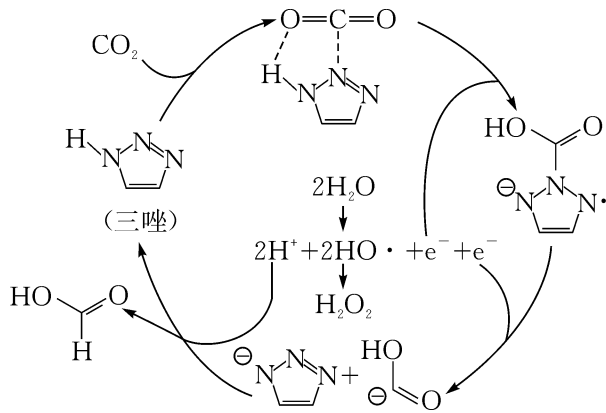
气体均视为理想气体, 下列说法正确的是 ()

- A. 反应的活化能: $E_{\text{正}} > E_{\text{逆}}$ B. 恒温恒容充入 N_2 , 平衡向左移动
- C. ΔS 随温度升高而降低 D. 平衡后, 升高温度, $\Delta v_{\text{正}} > \Delta v_{\text{逆}}$

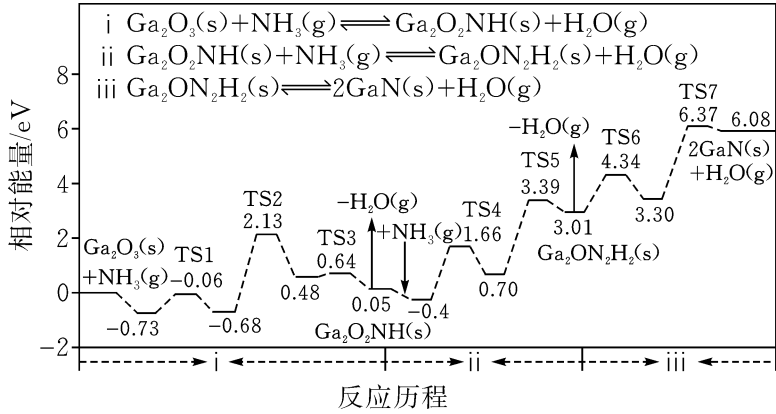
题组 2 反应历程(机理)

5. (2025 · 全国卷 T12)研究发现水微滴表面有强电场,能引发反应 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO} \cdot + \text{e}^-$ 。三唑水溶液微滴表面接触 CO_2 发生反应,可能的反应机理如图所示。

- 根据上述反应机理,下列叙述错误的是 ()
- A. 三唑在反应循环中起催化作用
 - B. CO_2 换成 C^{18}O_2 ,可生成 $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$
 - C. 碳原子轨道的杂化存在从 sp 到 sp^2 的转变
 - D. 总反应为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCOOH}$

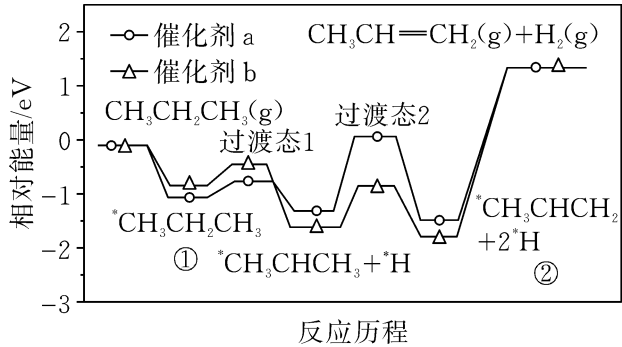


6. (2025 · 河北卷 T12)氮化镓(GaN)是一种重要的半导体材料,其广泛应用于光电信息材料等领域,可利用反应 $\text{Ga}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{GaN}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 制备。反应历程(TS 代表过渡态)如下:



- 下列说法错误的是 ()
- A. 反应 i 是吸热过程
 - B. 反应 ii 中 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 脱去步骤的活化能为 2.69 eV
 - C. 反应 iii 包含 2 个基元反应
 - D. 总反应的速控步包含在反应 ii 中

7. (2025 · 河南卷 T10)在催化剂 a 或催化剂 b 作用下,丙烷发生脱氢反应制备丙烯,总反应的化学方程式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$,反应历程中的相对能量变化如图所示(“ $\cdot$ ”表示吸附态, $\cdot \text{CH}_3\text{CHCH}_2 + 2 \cdot \text{H} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 中部分进程已省略)。

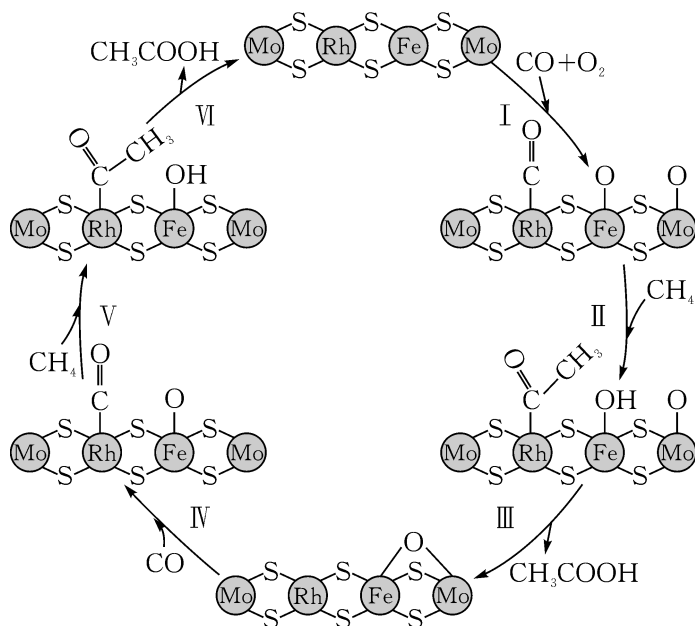


- 下列说法正确的是 ()
- A. 总反应是放热反应
 - B. 两种不同催化剂作用下总反应的化学平衡常数不同

C. 和催化剂 b 相比,丙烷被催化剂 a 吸附得到的吸附态更稳定

D. ①转化为②的进程中,决速步骤为 $^* \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \longrightarrow ^* \text{CH}_3\text{CHCH}_3 + ^* \text{H}$

8. (2025 · 河南卷 T13) 在 MoS_2 负载的 Rh-Fe 催化剂作用下, CH_4 可在室温下高效转化为 CH_3COOH , 其可能的反应机理如图所示。



下列说法错误的是

()

A. 该反应的原子利用率为 100%

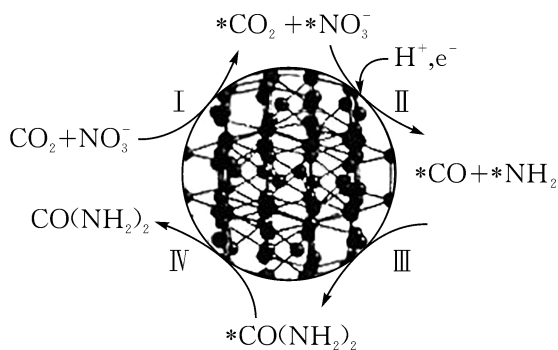
B. 每消耗 1 mol O_2 可生成 1 mol CH_3COOH

C. 反应过程中, Rh 和 Fe 的化合价均发生变化

D. 若以 CD_4 为原料, 用 H_2O 吸收产物可得到 CD_3COOH

9. (2025 · 江苏卷 T10) CO_2 与 NO_3^- 通过电催化反应生成 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 可能的反应机理如图所示 (图中吸附在催化剂表面的物种用“*”标注)。下列说法正确的是

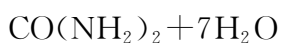
()



A. 过程 II 和过程 III 中都有极性共价键形成

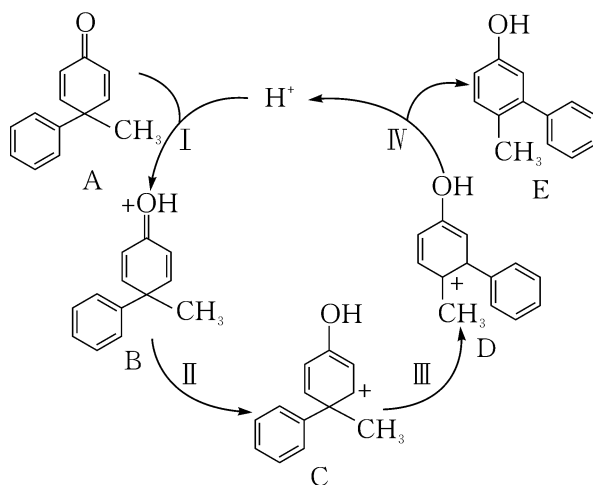
B. 过程 II 中 NO_3^- 发生了氧化反应

C. 电催化 CO_2 与 NO_3^- 生成 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 的离子方程式: $\text{CO}_2 + 2\text{NO}_3^- + 18\text{H}^+ \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{通电}}$



D. 常温常压、无催化剂条件下, CO_2 与 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 反应可生产 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

10. (2025 · 浙江 1 月卷 T14) 化合物 A 在一定条件下可转变为酚 E 及少量副产物, 该反应的主要途径如图。



下列说法不正确的是

()

A. H^+ 为该反应的催化剂

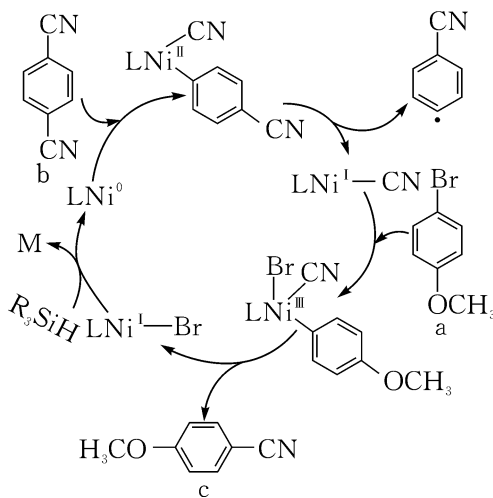
B. 化合物 A 的一溴代物有 7 种

C. 步骤 III, 苯基迁移能力强于甲基

D. 化合物 E 可发生氧化、加成和取代反应

11. (2025 · 浙江 6 月卷 T14) 传统方法中, 制备化合物 c 常用到 NaCN 。某课题组提出了一种避免使用 NaCN 的方法, 机理如图所示(L 表示配体, 0、I、II、III 表示价态)。下列说法不正确的是

()



A. 化合物 b 是 NaCN 的替代品

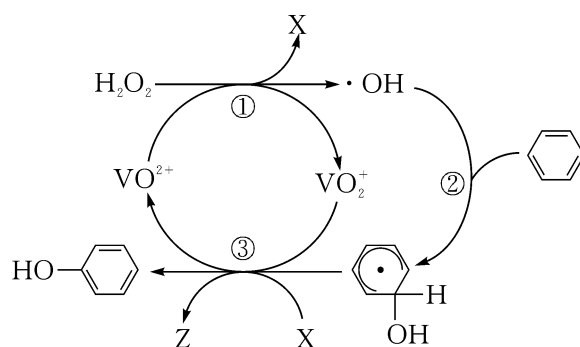
B. $\text{NC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ 是该过程产生的副产物

C. M 可能是 R_3SiBr 和 H^+

D. 整个过程中, 含镍化合物发生了 2 次氧化反应

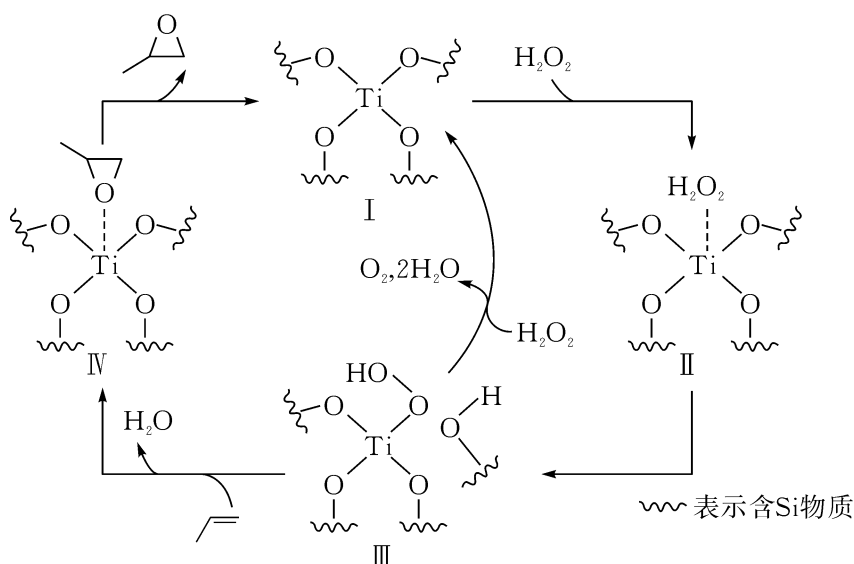
12. (2025 · 四川卷 T11) 钒催化剂对 H_2O_2 氧化苯制备苯酚的反应具有良好的催化活性, 反应机理如图所示, 其中步骤③为放热反应。下列说法错误的是

()



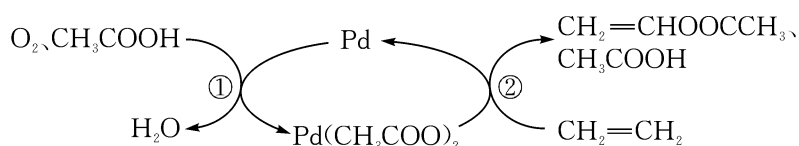
- A. 步骤①反应为 $\text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{VO}_2^+ + \cdot\text{OH} + \text{H}^+$
- B. 步骤③正、逆反应的活化能关系为 $E_{\text{正}} < E_{\text{逆}}$
- C. VO_2^+ 在催化循环中起氧化作用
- D. 步骤③生成的物质 Z 是 H_2

13. (2025 · 湖南卷 T14) 环氧化合物是重要的有机合成中间体。以钛掺杂沸石为催化剂, 由丙烯 ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$) 为原料生产环氧丙烷 ($\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{O}$) 的反应机理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 过程中 II 是催化剂
- B. 过程中有极性键和非极性键的断裂和形成
- C. 过程中 Ti 元素的化合价发生了变化
- D. 丙烯与双氧水反应生成环氧丙烷的原子利用率为 100%

14. (2025 · 北京卷 T10) 乙烯、醋酸和氧气在钯 (Pd) 催化下高效合成醋酸乙烯酯 ($\text{CH}_2=\text{CHOCOCCH}_3$) 的过程示意图如下。



下列说法不正确的是

- A. ①中反应为 $4\text{CH}_3\text{COOH} + \text{O}_2 + 2\text{Pd} \longrightarrow 2\text{Pd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

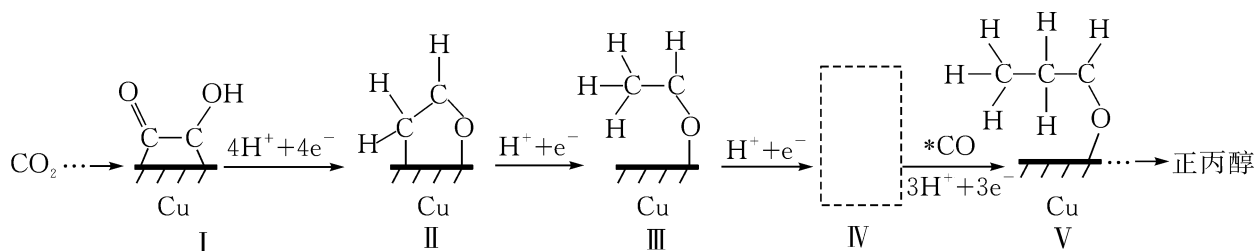
B. ②中生成 $\text{CH}_2=\text{CHOOCCCH}_3$ 的过程中,有 σ 键断裂与形成

C. 生成 $\text{CH}_2=\text{CHOOCCCH}_3$ 总反应的原子利用率为 100%

D. Pd 催化剂通过参与反应改变反应历程,提高反应速率

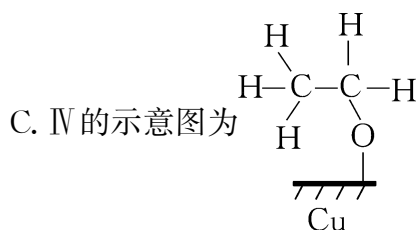
15. (2025 · 云南卷 T10) 铜催化下,由 CO_2 电合成正丙醇的关键步骤如图。下列说法正确的是

()



A. I 到 II 的过程中发生氧化反应

B. II 到 III 的过程中有非极性键生成



D. 催化剂 Cu 可降低反应热

专题十 电化学基础

题组 1 原电池

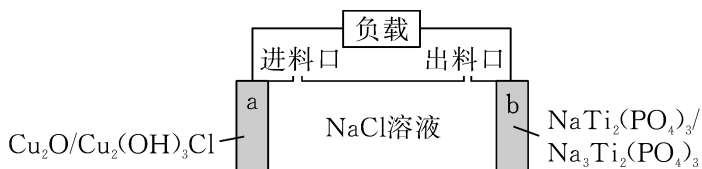
1. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T13) 一种基于 Cu_2O 的储氯电池装置如图, 放电过程中 a、b 极的质量均增大。若将 b 极换成 Ag/AgCl 电极, b 极的质量仍增大。关于图中装置所示电池, 下列说法错误的是 ()

A. 放电时 Na^+ 向 b 极迁移

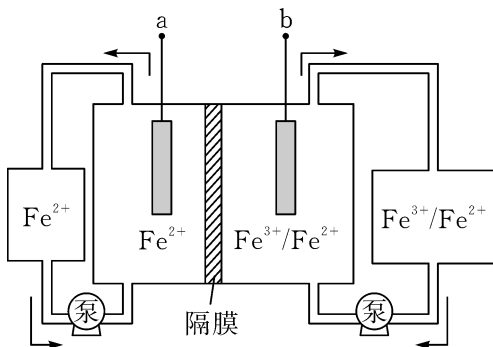
B. 该电池可用于海水脱盐

C. a 极反应: $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$

D. 若以 Ag/AgCl 电极代替 a 极, 电池将失去储氯能力



2. (2025 · 山东卷 T12) 全铁液流电池的工作原理如图所示, 两电极分别为石墨电极和负载铁的石墨电极。下列说法正确的是 ()



A. 隔膜为阳离子交换膜

B. 放电时, a 极为负极

C. 充电时, 隔膜两侧溶液中 Fe^{2+} 的浓度均减小

D. 理论上, Fe^{3+} 每减少 1 mol, Fe^{2+} 总量相应增加 2 mol

3. (2025 · 安徽卷 T13) 研究人员开发出一种锂-氢可充电电池(如图所示), 使用前需先充电, 其固体电解质仅允许 Li^+ 通过。下列说法正确的是 ()

A. 放电时电解质溶液质量减小

B. 放电时电池总反应为 $\text{H}_2 + 2\text{Li} = 2\text{LiH}$

C. 充电时 Li^+ 移向惰性电极

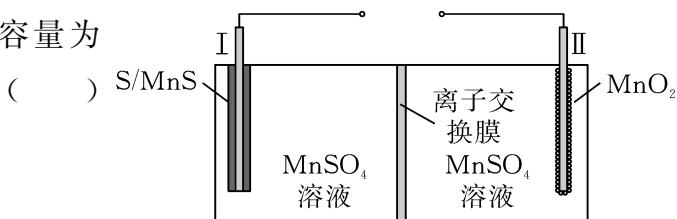
D. 充电时每转移 1 mol 电子, $c(\text{H}^+)$ 降低 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

4. (2025 · 广东卷 T14) 一种高容量水系电池示意图如图。已知: 放电时, 电极 II 上 MnO_2 减少; 电极材料每转移 1 mol 电子, 对应的理论容量为

26.8 A · h。下列说法错误的是 ()

A. 充电时 II 为阳极

B. 放电时 II 极室中溶液的 pH 降低



C. 放电时负极反应为 $\text{MnS} - 2\text{e}^- = \text{S} + \text{Mn}^{2+}$

D. 充电时 16 g S 能提供的理论容量为 $26.8 \text{ A} \cdot \text{h}$

5. (2025 · 广东卷 T16) 某理论研究认为: 燃料电池(图 2)的电极 I 和 II 上所发生反应的催化机理示意图分别如图 1 和图 3, 其中 O_2 获得第一个电子的过程最慢。由此可知, 理论上 ()

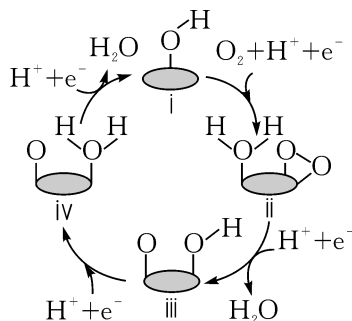


图 1

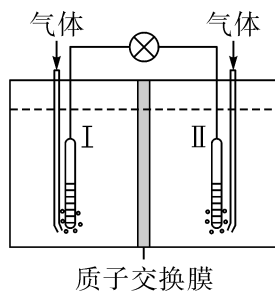


图 2

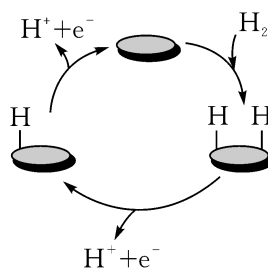


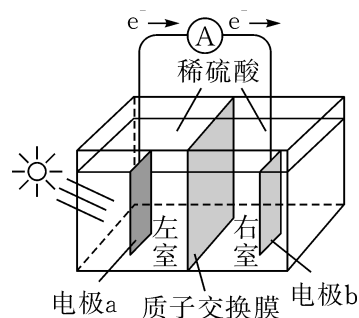
图 3

- A. 负极反应的催化剂是 i
B. 图 1 中, i 到 ii 过程的活化能一定最低
C. 电池工作过程中, 负极室的溶液质量保持不变
D. 相同时间内, 电极 I 和电极 II 上的催化循环完成次数相同

6. (2025 · 江苏卷 T8) 以稀硫酸为电解质溶液的光解水装置如图所示,

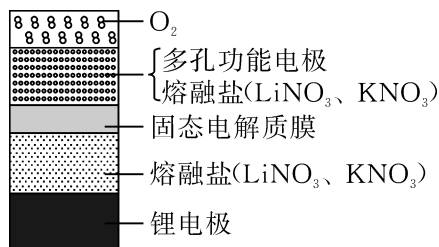
总反应为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{光}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 电极 a 上发生氧化反应生成 O_2
B. H^+ 通过质子交换膜从右室移向左室
C. 光解前后, H_2SO_4 溶液的 pH 不变
D. 外电路每通过 0.01 mol 电子, 电极 b 上产生 0.01 mol H_2



7. (2025 · 浙江 1 月卷 T12) 一种可充放电 $\text{Li}-\text{O}_2$ 电池的结构示意图如图所示。该电池放电时, 产物为 Li_2O 和 Li_2O_2 , 随温度升高 Q (消耗 1 mol O_2 转移的电子数) 增大。下列说法不正确的是 ()

- A. 熔融盐中 LiNO_3 的物质的量分数影响充放电速率
B. 充放电时, Li^+ 优先于 K^+ 通过固态电解质膜
C. 放电时, 随温度升高 Q 增大, 是因为正极区 O_2^- 转化为 O_2^{2-}
D. 充电时, 锂电极接电源负极

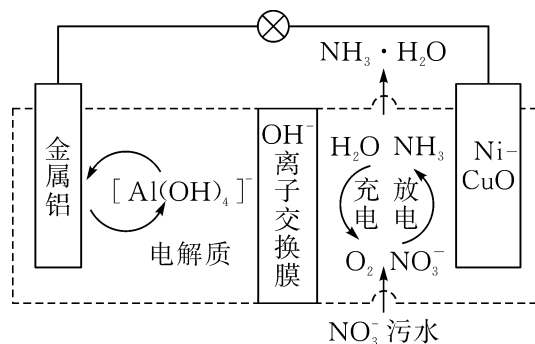


8. (2025 · 四川卷 T14) 最近, 我国科学工作者制备了一种 $\text{Ni}-\text{CuO}$ 电催化剂, 并将其与金属铝组装成可充电电池, 用于还原污水中的 NO_3^- 为 NH_3 , 其工作原理如图所示。研究证明, 电池放电时, 水中的氢离子在电催化剂表面获得电子成为氢原子, 氢原子再将吸附在电催化剂表面的 NO_3^- 逐步还原为 NH_3 。

下列说法错误的是

()

- A. 放电时, 负极区游离的 OH^- 数目保持不变
 B. 放电时, 还原 1.0 mol NO_3^- 为 NH_3 , 理论上需要 8.0 mol 氢原子
 C. 充电时, OH^- 从阴极区穿过离子交换膜进入阳极区
 D. 充电时, 电池总反应为 $4[\text{Al}(\text{OH})_4]^- \rightleftharpoons 4\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- + 3\text{O}_2 \uparrow$



9. (2025 · 北京卷 T14) 用电解 Na_2SO_4 溶液(图 1)后的石墨电极 1、2 探究氢氧燃料电池, 重新取 Na_2SO_4 溶液并用图 2 所示装置按表中 i → iv 的顺序依次完成实验。

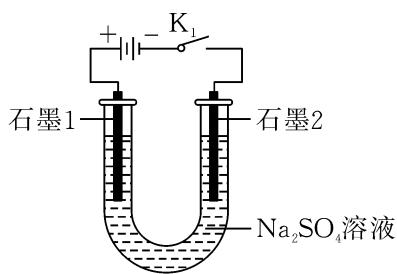


图 1

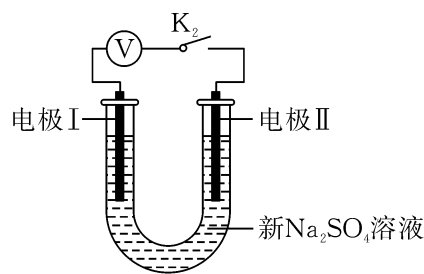


图 2

实验	电极 I	电极 II	电压/V	关系
i	石墨 1	石墨 2	a	$a > d > c > b > 0$
ii	石墨 1	新石墨	b	
iii	新石墨	石墨 2	c	
iv	石墨 1	石墨 2	d	

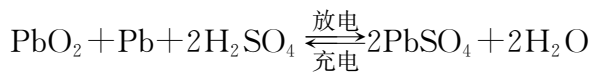
下列分析不正确的是

()

- A. $a > 0$, 说明实验 i 中形成原电池, 反应为 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$
 B. $b < d$, 是因为 ii 中电极 II 上缺少 H_2 作为还原剂
 C. $c > 0$, 说明 iii 中电极 I 上有 O_2 发生反应
 D. $d > c$, 是因为电极 II 上吸附 H_2 的量: iv > iii

10. (2025 · 北京卷 T16) (12 分) 铅酸电池是用途广泛并不断发展的化学电源。

(1) 19 世纪, 铅酸电池的工作原理初步形成并延续至今。铅酸电池的工作原理如下:



① 充电时, 阴极发生的电极反应为_____。

② 放电时, 产生 a 库仑电量, 消耗 H_2SO_4 的物质的量为_____ mol。

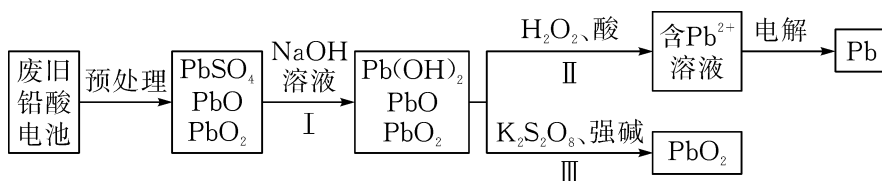
已知: 转移 1 mol 电子所产生的电量为 $96\,500$ 库仑。

③ $35\% \sim 40\% \text{H}_2\text{SO}_4$ 作为电解质溶液性质稳定、有较强的导电能力, SO_4^{2-} 参与电极反应并有利于保持电压稳定。该体系中 SO_4^{2-} 不氧化 Pb, SO_4^{2-} 氧化性弱与其结构有关, SO_4^{2-} 的空间结构是_____。

④ 铅酸电池储存过程中, 存在化学能的缓慢消耗: PbO_2 电极在 H_2SO_4 作用下产生的 O_2

可将 Pb 电极氧化。O₂ 氧化 Pb 发生反应的化学方程式为_____。

(2) 随着铅酸电池广泛应用,需要回收废旧电池材料,实现资源的再利用。回收过程中主要物质的转化关系示意图如下。



①将 PbSO₄ 等物质转化为 Pb²⁺ 的过程中,步骤 I 加入 NaOH 溶液的目的是_____。

②步骤 II、III 中 H₂O₂ 和 K₂S₂O₈ 的作用分别是_____。

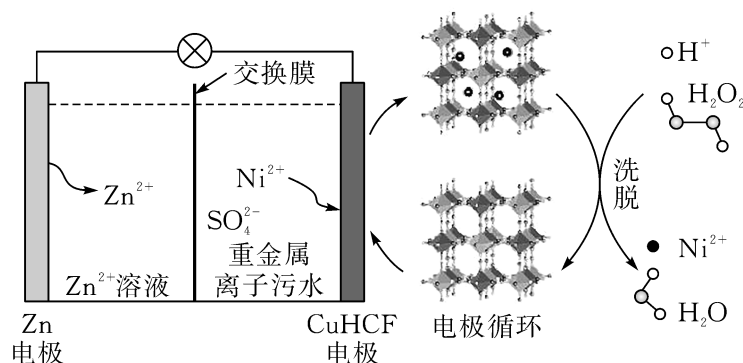
(3) 铅酸电池使用过程中,负极因生成导电性差的大颗粒 PbSO₄,导致电极逐渐失活。通过向负极添加石墨、多孔碳等碳材料,可提高铅酸电池性能。碳材料的作用有_____ (填序号)。

- a. 增强负极导电性
- b. 增大负极材料比表面积,利于生成小颗粒 PbSO₄
- c. 碳材料作还原剂,使 PbO₂ 被还原

11. (2025 · 湖北卷 T12) 某电池的正极材料为 LiFePO₄, 负极材料为嵌锂石墨。利用人工智能筛选出的补锂试剂 LiSO₂CF₃, 能使失活的电池再生并延长寿命, 且保持电池原结构。将 LiSO₂CF₃ 注入电池后充电补锂, 该过程中 [SO₂CF₃]⁻ 转化为气体离去。下列有关充电补锂的说法错误的是 ()

- A. [SO₂CF₃]⁻ 在阳极失去电子
- B. 生成气体中含有氟代烃
- C. 过程中铁元素的价态降低
- D. [SO₂CF₃]⁻ 反应并离去是该电池保持原结构的原因

12. (2025 · 江西卷 T9) 我国学者设计了一种新型去除工业污水重金属离子的电池(如图)。下列说法错误的是 ()



已知: CuHCF 为铜基普鲁士蓝 {Cu[Fe(CN)₆]_{0.67} · nH₂O}。

- A. CuHCF 中的铁为 +3 价
- B. 交换膜为阴离子交换膜
- C. 洗脱的目的是去除电极吸附的 Ni²⁺
- D. Zn²⁺ 溶液可电解再生电池负极

题组 2 电解池

13. (2025 · 全国卷 T10) 某研究小组设计了如图所示的电解池, 既可将中性废水中的硝酸盐转化

为氨,又可将废塑料(PET)碱性水解液中的乙二醇转化为羟基乙酸盐,实现变废为宝。

电解时,下列说法错误的是

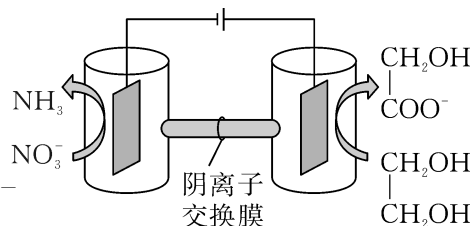
()

A. 阳极区 pH 下降

B. OH^- 从阴极区向阳极区迁移

C. 阴极发生反应 $\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^-$

D. 阴极转化 1 mol NO_3^- , 阳极将生成 4 mol $\text{HOCH}_2\text{COO}^-$



14. (2025 · 河北卷 T10) 科研工作者设计了一种用于废弃电极材料 Li_xCoO_2 ($x < 1$) 再锂化的电化学装置, 其示意图如下:

已知参比电极的作用是确定 Li_xCoO_2 再锂化为 LiCoO_2

的最优条件, 不干扰电极反应。下列说法正确的是 ()

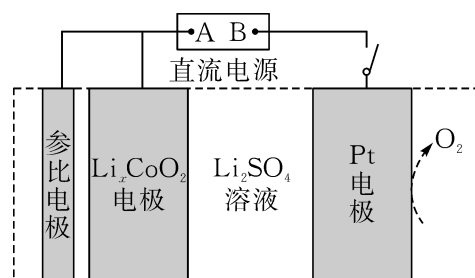
A. Li_xCoO_2 电极上发生的反应: $\text{Li}_x\text{CoO}_2 + x\text{e}^- + x\text{Li}^+ \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$

B. 产生标准状况下 5.6 L O_2 时, 理论上可转化 $\frac{1}{1-x}$ mol

的 Li_xCoO_2

C. 再锂化过程中, SO_4^{2-} 向 Li_xCoO_2 电极迁移

D. 电解过程中, 阳极附近溶液 pH 升高



15. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T13) 我国科研人员采用图 1 所示的电解池, 由百里酚 (TY) 合成了百里醌 (TQ)。电极 b 表面的主要反应历程见图 2 (灰球表示电极表面催化剂)。下列说法错误的是 ()

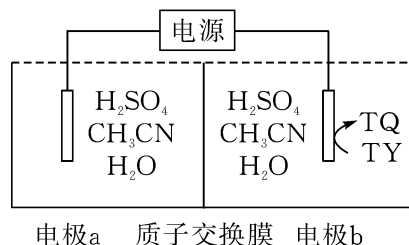


图 1

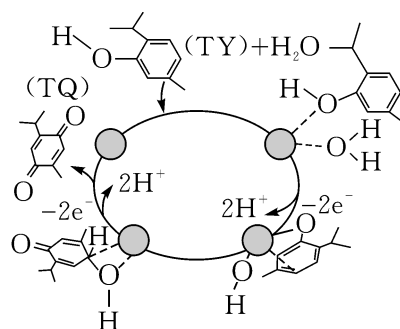


图 2

A. 电解时, H^+ 从右室向左室移动

B. 电解总反应: $\text{TY} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{TQ} + 2\text{H}_2 \uparrow$

C. 以 为原料, 也可得到 TQ

D. 用 ^{18}O 标记电解液中的水, 可得到

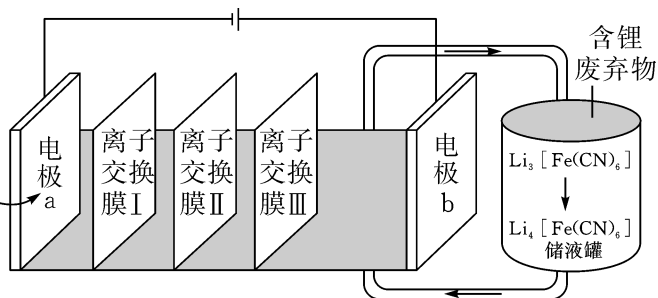
16. (2025 · 河南卷 T12) 一种液流电解池在工作时可以实现海水淡化, 并以 LiCl 形式回收含锂废弃物中的锂元素, 其工作原理如图所示。下列说法正确的是 ()

A. II 为阳离子交换膜

B. 电极 a 附近溶液的 pH 减小

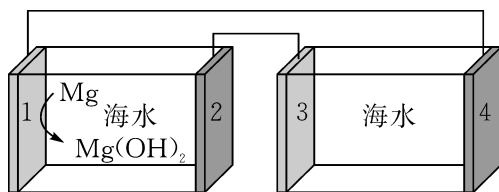
C. 电极 b 上发生的电极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$

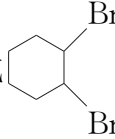
D. 若海水用 NaCl 溶液模拟, 则每脱除 O_2 58.5 g NaCl, 理论上可回收 1 mol LiCl



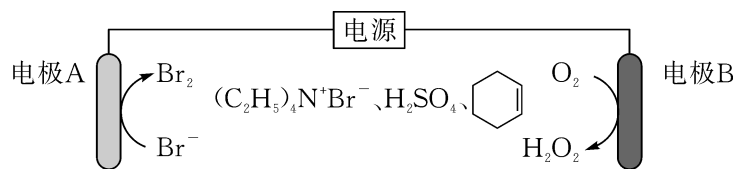
17. (2025 · 甘肃卷 T12) 我国科研工作者设计了一种 Mg-海水电池驱动海水 (pH=8.2) 电解系统 (如图), 以新型 MoNi/NiMoO₄ 为催化剂 (生长在泡沫镍电极上), 在电池和电解池中同时产生氢气。下列关于该系统的说法错误的是 ()

- A. 将催化剂生长在泡沫镍电极上可提高催化效率
B. 在外电路中, 电子从电极 1 流向电极 4
C. 电极 3 的反应为: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
D. 理论上, 每通过 2 mol 电子, 可产生 1 mol H₂

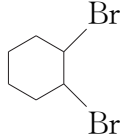


18. (2025 · 浙江 6 月卷 T12) 通过电化学方法制备 Br₂, 进而由 Br₂ 与  反应合成 。为提高电流利用效率, 某小组设计电化学合成示意图如下, 已知氧化性: H₂O₂ > Br₂。下列说法不正确的是 ()

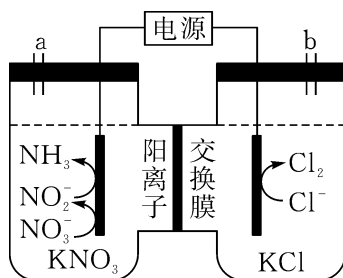
提高电流利用效率, 某小组设计电化学合成示意图如下, 已知氧化性: H₂O₂ > Br₂。下列说法不正确的是 ()



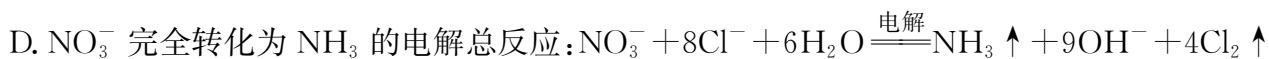
- A. 电极 A 与电源正极相连
B. 电极 B 的电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$
C. 电解液中 H₂SO₄ 可以用氢溴酸代替

D. 原料足量的情况下, 理论上电路中转移 0.2 mol e⁻ 可得到 0.1 mol 

19. (2025 · 湖南卷 T9) 一种电化学处理硝酸盐产氨的工作原理如图所示。下列说法错误的是 ()



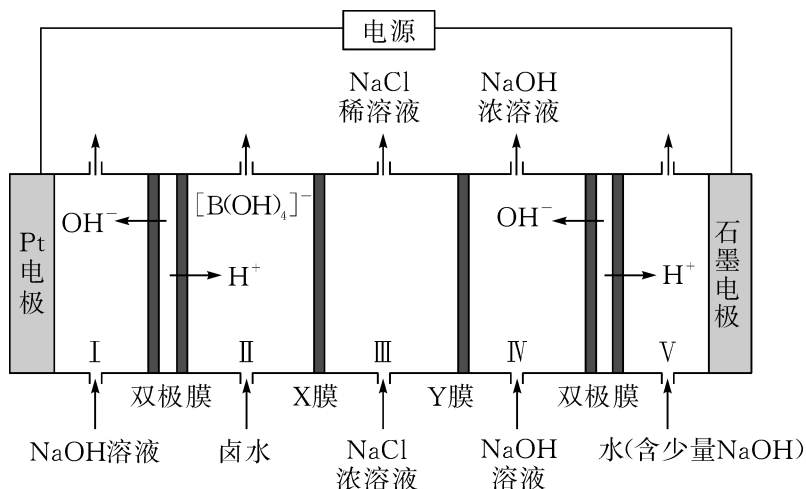
- A. 电解过程中, K^+ 向左室迁移
 B. 电解过程中, 左室中 NO_2^- 的浓度持续下降
 C. 用湿润的蓝色石蕊试纸置于 b 处, 试纸先变红后褪色



20. (2025 · 云南卷 T11) 一种用双极膜电渗析法卤水除硼的装置如图所示, 双极膜中 H_2O 解离

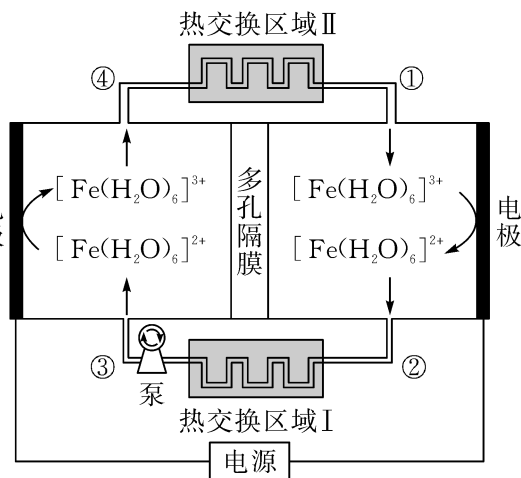
的 H^+ 和 OH^- 在电场作用下向两极迁移。除硼原理: $[B(OH)_4]^- + H^+ \rightleftharpoons B(OH)_3 + H_2O$ 。下列说法错误的是 ()

- A. Pt 电极反应: $4OH^- - 4e^- \rightleftharpoons O_2 \uparrow + 2H_2O$
 B. 外加电场可促进双极膜中水的电离
 C. Ⅲ室中, X 膜、Y 膜分别为阳离子交换膜和阴离子交换膜
 D. Ⅳ室每生成 1 mol NaOH, 同时 Ⅱ室最多生成 1 mol $B(OH)_3$



21. (2025 · 湖北卷 T15) 某电化学制冷系统的装置如图所示。 $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ 和 $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ 在电极上发生相互转化, 伴随着热量的吸收或释放, 经由泵推动电解质溶液的循环流动 (① → ② → ③ → ④ → ①) 实现制冷。装置只通过热交换区域 I 和 II 与环境进行传热, 其他区域绝热。下列描述错误的是 ()

- A. 阴极反应为 $[Fe(H_2O)_6]^{3+} + e^- \rightleftharpoons [Fe(H_2O)_6]^{2+}$
 B. 已知 ② 处的电解液温度比 ① 处的低, 可推断 $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ 比 $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ 稳定
 C. 多孔隔膜可以阻止阴极区和阳极区之间的热交换
 D. 已知电子转移过程非常快, 物质结构来不及改变。热效应主要来自电子转移后 $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ 和 $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ 离子结构的改变



题组 3 金属的腐蚀与防护

22. (2025 · 全国卷 T8) 下列关于铁腐蚀与防护的反应式正确的是 ()

- A. 酸性环境中铁发生析氢腐蚀的负极反应: $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$
 B. 铁发生腐蚀生锈的反应: $3Fe + 2O_2 + xH_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 \cdot xH_2O$
 C. 铁经过发蓝处理形成致密氧化膜: $Fe + 2HNO_3(\text{浓}) \rightleftharpoons FeO + 2NO_2 \uparrow + H_2O$
 D. 安装锌块保护船舶外壳, 铁电极上发生的反应: $Fe^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Fe$

专题十一 化学反应速率与化学平衡

1. (2025·辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T18) (14 分) 乙二醇是一种重要化工原料, 以合成气 (CO 、 H_2) 为原料合成乙二醇具有重要意义。

I. 直接合成法: $2\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$, 不同温度下平衡常数如表所示。

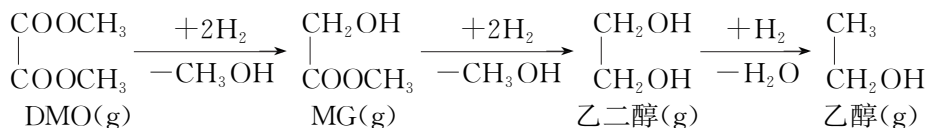
温度/K	298	355	400
平衡常数	6.5×10^4	1.0	1.3×10^{-3}

(1) 该反应的 ΔH _____ (填“>”或“<”) 0。

(2) 已知 $\text{CO}(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 的燃烧热 (ΔH) 分别为 $-a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则上述合成反应的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用 a 、 b 和 c 表示)。

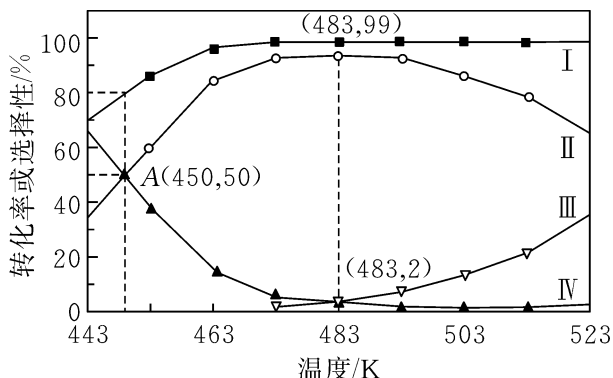
(3) 实验表明, 在 500 K 时, 即使压强 (34 MPa) 很高, 乙二醇的产率 (7%) 也很低, 可能的原因是 _____ (答出一条即可)。

II. 间接合成法: 用合成气和 O_2 制备的 DMO 合成乙二醇, 发生如下 3 个均放热的连续反应, 其中 MG 生成乙二醇的反应为可逆反应。



(4) 在 2 MPa、 Cu/SiO_2 催化、固定流速条件下, 发生上述反应, 初始氢酯比 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{DMO})} = 52.4$, 出口处检测到 DMO 的实际转化率及 MG、乙二醇、乙醇的选择性随温度的变化曲线如图所示

$$\left[\text{某物质的选择性} = \frac{n_{\text{生成}}(\text{该物质})}{n_{\text{消耗}}(\text{DMO})} \times 100\% \right]$$



① 已知曲线 II 表示乙二醇的选择性, 则曲线 _____ (填图中序号, 下同) 表示 DMO 的转化率, 曲线 _____ 表示 MG 的选择性。

② 有利于提高 A 点 DMO 转化率的措施有 _____ (填序号)。

A. 降低温度

B. 增大压强

C. 减小初始氢酯比

D. 延长原料与催化剂的接触时间

③483 K 时,出口处 $\frac{n(\text{乙醇})}{n(\text{DMO})}$ 的值为_____ (精确至 0.01)。

④A 点反应 $\text{MG}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的浓度商 $Q_x =$ _____ (用物质的量分数代替浓度计算,精确至 0.001)。

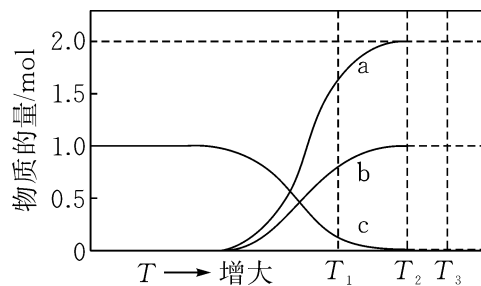
2. (2025 · 山东卷 T10) 在恒容密闭容器中, $\text{Na}_2\text{SiF}_6(\text{s})$ 热解反应所得固相产物和气相产物均为含氟化合物。平衡体系中各组分物质的量随温度的变化关系(实线部分)如图所示。已知: T_2 温度时, $\text{Na}_2\text{SiF}_6(\text{s})$ 完全分解; 体系中气相产物在 T_1 、 T_3 温度时的分压分别为 p_1 、 p_3 。下列说法错误的是 ()

A. a 线所示物质为固相产物

B. T_1 温度时, 向容器中通入 N_2 , 气相产物分压仍为 p_1

C. p_3 小于 T_3 温度时热解反应的平衡常数 K_p

D. T_1 温度时, 向容器中加入 b 线所示物质, 重新达到平衡时逆反应速率增大



3. (2025 · 河北卷 T17) (15 分) 乙二醇(EG)是一种重要的基础化工原料, 可通过石油化工和煤化工等工业路线合成。

(1) 石油化工路线中, 环氧乙烷(EO)水合工艺是一种成熟的乙二醇生产方法, 环氧乙烷和水反应生成乙二醇, 伴随生成二乙二醇(DEG)的副反应。

主反应: $\text{EO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{EG}(\text{aq}) \quad \Delta H < 0$

副反应: $\text{EO}(\text{aq}) + \text{EG}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{DEG}(\text{aq})$

体系中环氧乙烷初始浓度为 $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 恒温下反应 30 min, 环氧乙烷完全转化, 产物中 $n(\text{EG}) : n(\text{DEG}) = 10 : 1$ 。

①0~30 min 内, $v_{\text{总}}(\text{EO}) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

②下列说法正确的是_____ (填序号)。

a. 主反应中, 生成物总能量高于反应物总能量

b. 0~30 min 内, $v_{\text{总}}(\text{EO}) = v_{\text{总}}(\text{EG})$

c. 0~30 min 内, $v_{\text{主}}(\text{EG}) : v_{\text{副}}(\text{DEG}) = 11 : 1$

d. 选择适当催化剂可提高乙二醇的最终产率

(2) 煤化工路线中, 利用合成气直接合成乙二醇, 原子利用率可达 100%, 具有广阔的发展前景。

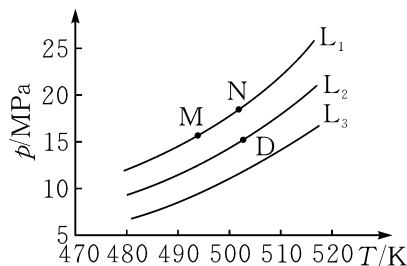
反应如下:

$2\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H$

按化学计量比进料, 固定平衡转化率 α , 探究温度与压强的关系。 α 分别为 0.4、0.5 和 0.6 时, 温度与压强的关系如图所示。

①代表 $\alpha = 0.6$ 的曲线为_____ (填“ L_1 ”“ L_2 ”或“ L_3 ”); 原因是_____。

② ΔH _____ 0 (填“>”“<”或“=”)。

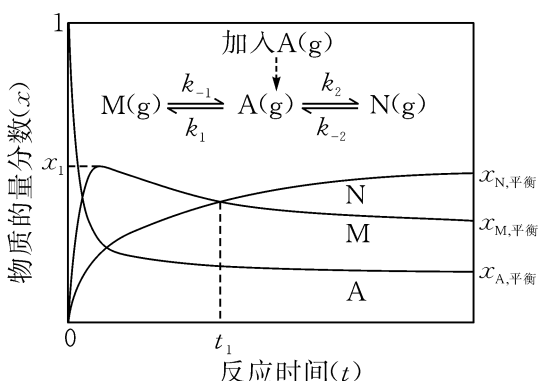


③已知:反应 $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons yY(g) + zZ(g)$, $K_x = \frac{x^y(Y)x^z(Z)}{x^a(A)x^b(B)}$, x 为组分的物质的量分数。

M、N 两点对应的体系, $K_x(M)$ _____ $K_x(N)$ (填“>”“<”或“=”), D 点对应体系的 K_x 的值为 _____。

④已知:反应 $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons yY(g) + zZ(g)$, $K_p = \frac{p^y(Y)p^z(Z)}{p^a(A)p^b(B)}$, p 为组分的分压。调整进料比为 $n(CO) : n(H_2) = m : 3$, 系统压强维持 p_0 MPa, 使 $\alpha(H_2) = 0.75$, 此时 $K_p =$ _____ MPa^{-4} (用含有 m 和 p_0 的代数式表示)。

4. (2025 · 安徽卷 T11) 恒温恒压密闭容器中, $t=0$ 时加入 $A(g)$, 各组分物质的量分数 x 随反应时间 t 变化的曲线如图(反应速率 $v=kx$, k 为反应速率常数)。



下列说法错误的是

()

A. 该条件下, $\frac{x_{N,平衡}}{x_{M,平衡}} = \frac{k_{-1}k_2}{k_1k_{-2}}$

B. $0 \sim t_1$ 时间段, 生成 M 和 N 的平均反应速率相等

C. 若加入催化剂, k_1 增大, k_2 不变, 则 x_1 和 $x_{M,平衡}$ 均变大

D. 若 $A(g) \rightarrow M(g)$ 和 $A(g) \rightarrow N(g)$ 均为放热反应, 则升高温度 $x_{A,平衡}$ 变大

5. (2025 · 江苏卷 T13) 甘油($C_3H_8O_3$) 水蒸气重整获得 H_2 过程中的主要反应:

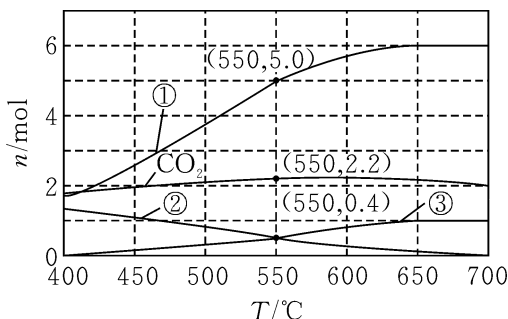
反应 I $C_3H_8O_3(g) \rightleftharpoons 3CO(g) + 4H_2(g)$ $\Delta H > 0$

反应 II $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ $\Delta H < 0$

反应 III $CO_2(g) + 4H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + 2H_2O(g)$ $\Delta H < 0$

1.0×10^5 Pa 条件下, 1 mol $C_3H_8O_3$ 和 9 mol H_2O 发生上述反应达到平衡状态时, 体系中 CO 、 H_2 、 CO_2 和 CH_4 的物质的量随温度变化的理论计算结果如图所示。下列说法正确的是

()



A. 550 °C时, H_2O 的平衡转化率为 20%

B. 550 °C反应达到平衡状态时, $n(\text{CO}_2) : n(\text{CO}) = 11 : 25$

C. 其他条件不变, 在 400~550 °C范围, 平衡时 H_2O 的物质的量随温度升高而增大

D. 其他条件不变, 加压有利于增大平衡时 H_2 的物质的量

6. (2025 · 甘肃卷 T4) CO_2 加氢转化成甲烷, 是综合利用 CO_2 实现“碳中和”和“碳达峰”的重要方式。525 °C, 101 kPa 下, $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -185 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。反应达到平衡时, 能使平衡向正反应方向移动的是 ()

A. 减小体系压强

B. 升高温度

C. 增大 H_2 浓度

D. 恒容下充入惰性气体

7. (2025 · 浙江 1 月卷 T15) 25 °C时, H_2CO_3 的电离常数 $K_{\text{a1}} = 4.5 \times 10^{-7}$, $K_{\text{a2}} = 4.7 \times 10^{-11}$; $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) = 3.4 \times 10^{-9}$ 。下列描述不正确的是 ()

A. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$, $K = 2.2 \times 10^{-8}$

B. $2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_3^{2-}$, $K = 1.0 \times 10^{-4}$

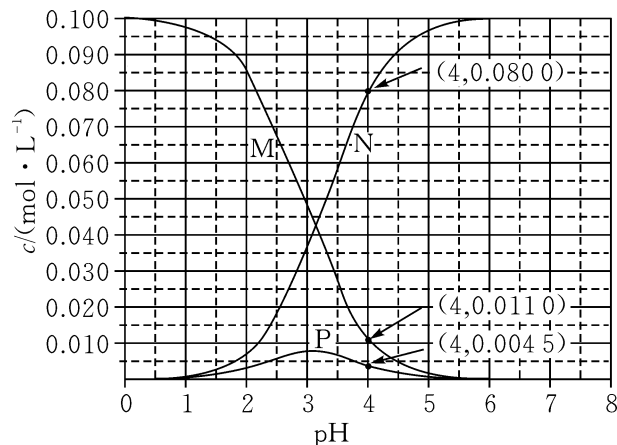
C. $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+$, $K = 1.4 \times 10^{-2}$

D. NaHCO_3 溶液中, $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{OH}^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$, 则 $c(\text{H}^+) =$

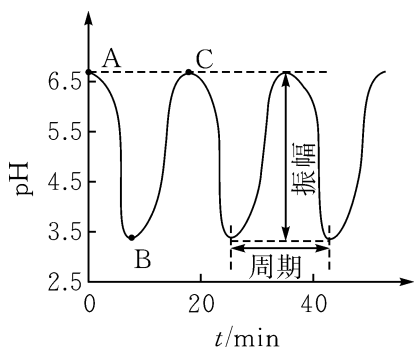
$$\frac{K_{\text{a1}}[K_{\text{a2}}c(\text{HCO}_3^-) + K_{\text{w}}]}{K_{\text{a1}} + c(\text{HCO}_3^-)}$$

专题十二 水溶液中的离子平衡与沉淀溶解平衡

1. (2025 · 全国卷 T13) HF 总浓度 $c_{\text{总}}(\text{HF})$ 为 $0.100\ 0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的水溶液中存在平衡: $\text{HF} \xrightleftharpoons{K_1} \text{H}^+ + \text{F}^-$ 、 $\text{HF} + \text{F}^- \xrightleftharpoons{K_2} \text{HF}_2^-$ 。溶液中 $c(\text{HF})$ 、 $c(\text{HF}_2^-)$ 、 $c(\text{F}^-)$ 与 pH 的关系如下图所示。下列叙述正确的是 ()



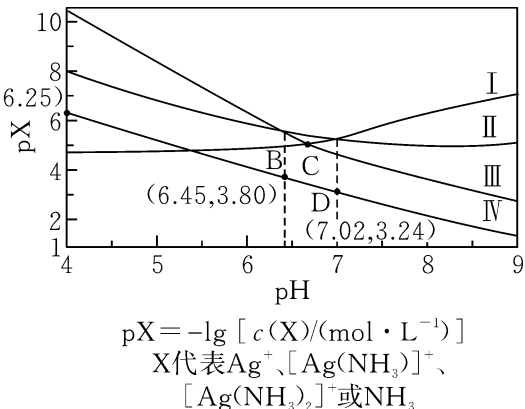
- A. M、N 分别为 $c(\text{HF}) \sim \text{pH}$ 、 $c(\text{HF}_2^-) \sim \text{pH}$ 关系曲线
- B. $K_1 = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{F}^-)}{c(\text{HF})} \approx 7 \times 10^{-4}$, $K_2 = \frac{c(\text{HF}_2^-)}{c(\text{HF})c(\text{F}^-)} \approx 5$
- C. 溶液中 $c_{\text{总}}(\text{HF}) = c(\text{F}^-) + c(\text{HF}) + c(\text{HF}_2^-)$
- D. $\text{pH}=1$ 的溶液中 $c(\text{H}^+) = c(\text{F}^-) + c(\text{HF}_2^-) + c(\text{OH}^-)$
2. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T14) 一定条件下, 将“ $\text{BrO}_3^- - \text{SO}_3^{2-} - [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{H}^+$ ”4 种原料按固定流速不断注入连续流动反应器中, 体系中 $\text{pH}-t$ 振荡图像如图所示, 涉及的反应如表所示。其中 AB 段发生反应①~④, ①②为快速反应。下列说法错误的是 ()



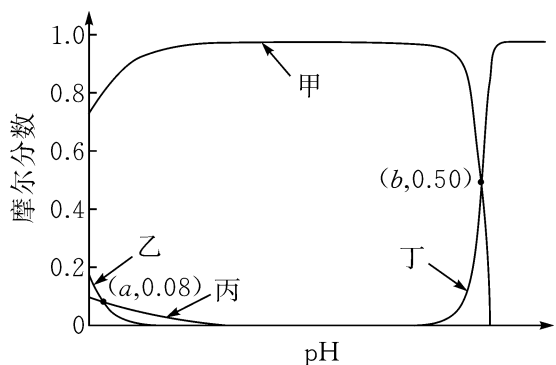
序号	反应
①	$\text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$
②	$\text{HSO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$
③	$3\text{HSO}_3^- + \text{BrO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + 3\text{H}^+$
④	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{BrO}_3^- \longrightarrow$
⑤	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightleftharpoons \text{Br}^- + 6[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$

- A. 原料中 $c(\text{H}^+)$ 不影响振幅和周期
- B. 反应④: $3\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{BrO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + 6\text{H}^+$
- C. 反应①~④中, H^+ 对 SO_3^{2-} 的氧化起催化作用
- D. 利用 pH 响应变色材料, 可将 pH 振荡可视化

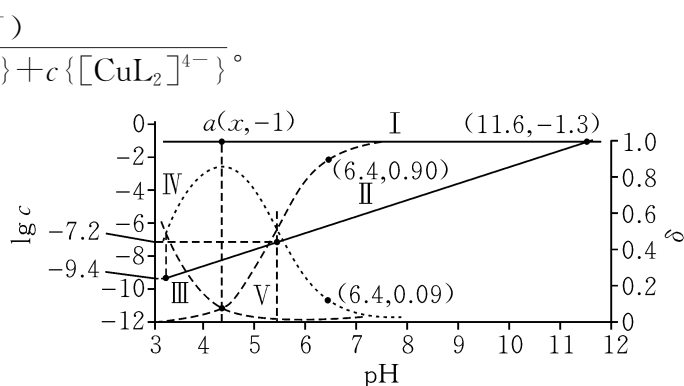
3. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T15) 室温下, 将 0.1 mol AgCl 置于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NH_4NO_3 溶液中, 保持溶液体积和 N 元素总物质的量不变, pX-pH 曲线如图所示, $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$ 和 $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的平衡常数分别为 K_1 和 K_2 ; NH_4^+ 的水解常数 $K_h(\text{NH}_4^+) = 10^{-9.25}$ 。下列说法错误的是



- () A(4.00, 6.25)
- A. III 为 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的变化曲线
- B. D 点: $c(\text{NH}_4^+) - c(\text{OH}^-) > 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - c(\text{H}^+)$
- C. $K_1 = 10^{3.24}$
- D. C 点: $c(\text{NH}_3) = 10^{-3.52} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
4. (2025 · 山东卷 T15) 常温下, 假设 1 L 水溶液中 Co^{2+} 和 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 初始物质的量浓度均为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。平衡条件下, 体系中全部四种含碳物质的摩尔分数随 pH 的变化关系如图所示(忽略溶液体积变化)。已知: 体系中含钴物质的存在形式为 Co^{2+} 、 $\text{CoC}_2\text{O}_4(\text{s})$ 和 $\text{Co}(\text{OH})_2(\text{s})$; 常温下 $K_{\text{sp}}(\text{CoC}_2\text{O}_4) = 6.0 \times 10^{-8}$, $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 5.9 \times 10^{-15}$ 。



- 下列说法正确的是 ()
- A. 甲线所示物质为 HC_2O_4^-
- B. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的电离平衡常数 $K_{a2} = 10^{-a}$
- C. $\text{pH} = a$ 时, Co^{2+} 物质的量浓度为 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. $\text{pH} = b$ 时, 物质的量浓度: $c(\text{OH}^-) < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
5. (2025 · 河北卷 T14) 已知 Cu^{2+} 和 L^{3-} 结合形成两种配离子 $[\text{CuL}]^-$ 和 $[\text{CuL}_2]^{4-}$ 。常温下, $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_3L 和 $0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CuSO_4 混合溶液中, HL^{2-} 和 L^{3-} 的浓度对数 $\lg c$ (实线)、含铜微粒的分布系数 δ (虚线) 与溶液 pH 的关系如图所示, $\delta_{\text{Cu}^{2+}} =$

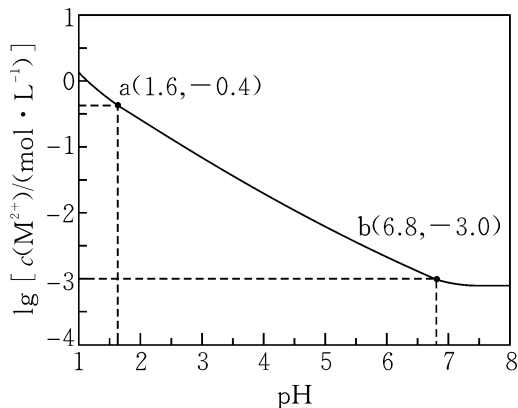


- 下列说法错误的是 ()
- A. $\text{Cu}^{2+} + \text{L}^{3-} \rightleftharpoons [\text{CuL}]^-, K = 10^{9.4}$
- B. $\text{HL}^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{L}^{3-}, K = 10^{-11.6}$

C. 图中 a 点对应的 $\text{pH}=4.2$

D. 当 $\text{pH}=6.4$ 时, 体系中 $c(\text{HL}^{2-}) > c([\text{CuL}_2]^{4-}) > c([\text{CuL}]^-) > c(\text{L}^{3-})$

6. (2025 · 安徽卷 T14) H_2A 是二元弱酸, M^{2+} 不发生水解。25 °C 时, 向足量的难溶盐 MA 粉末中加入稀盐酸, 平衡时溶液中 $\lg[c(\text{M}^{2+})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 与 pH 的关系如图所示。



已知 25 °C 时, $K_{\text{a}1}(\text{H}_2\text{A})=10^{-1.6}$, $K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{A})=10^{-6.8}$, $\lg 2=0.3$ 。下列说法正确的是 ()

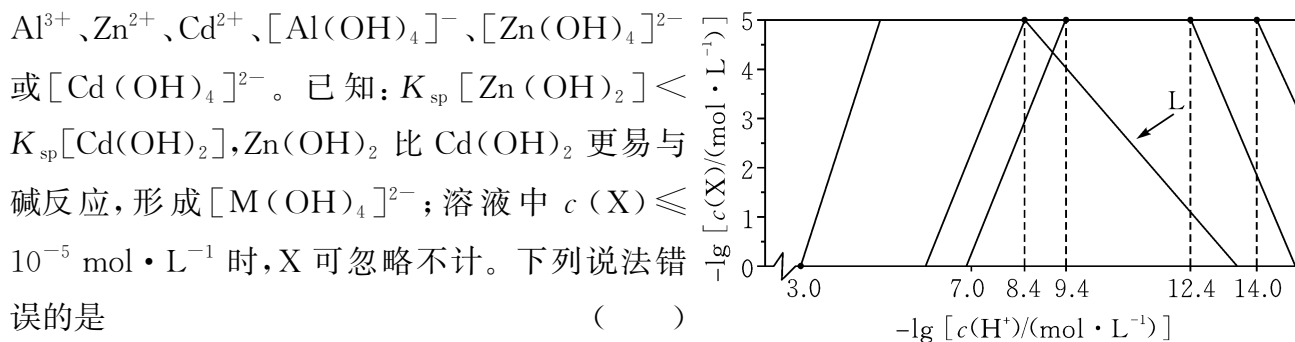
A. 25 °C 时, MA 的溶度积常数 $K_{\text{sp}}(\text{MA})=10^{-6.3}$

B. $\text{pH}=1.6$ 时, 溶液中 $c(\text{M}^{2+}) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{HA}^-) > c(\text{A}^{2-})$

C. $\text{pH}=4.5$ 时, 溶液中 $c(\text{HA}^-) > c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{A}^{2-})$

D. $\text{pH}=6.8$ 时, 溶液中 $c(\text{H}^+) + 2c(\text{HA}^-) + c(\text{H}_2\text{A}) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$

7. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T14) 常温下, 溶液中 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 以氢氧化物形式沉淀时, $-\lg[c(\text{X})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 与 $-\lg[c(\text{H}^+)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 的关系如图所示, 其中 X 代表 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 或 $[\text{Cd}(\text{OH})_4]^{2-}$ 。已知: $K_{\text{sp}}[\text{Zn}(\text{OH})_2] < K_{\text{sp}}[\text{Cd}(\text{OH})_2]$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 比 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 更易与碱反应, 形成 $[\text{M}(\text{OH})_4]^{2-}$; 溶液中 $c(\text{X}) \leq 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, X 可忽略不计。下列说法错误的



A. L 为 $-\lg c\{[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}\}$ 与 $-\lg c(\text{H}^+)$ 的关系曲线

B. $\text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 的平衡常数为 $10^{11.2}$

C. 调节 NaOH 溶液浓度, 通过碱浸可完全分离 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$

D. 调节溶液 pH 为 4.7~6.4, 可将浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Zn^{2+} 和 Al^{3+} 完全分离

8. (2025 · 河南卷 T14) 乙二胺 ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$, 简称为 Y) 可结合 H^+ 转化为 $[\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3]^+$ (简称为 HY^+) 和 $[\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3]^{2+}$ (简称为 H_2Y^{2+})。 Ag^+ 与 Y 可形成 $[\text{AgY}]^+$ 和 $[\text{AgY}_2]^+$ 两种配离子。室温下向 AgNO_3 溶液中加入 Y , 通过调节混合溶液的 pH 改变 Y 的浓度, 从而调控不同配离子的浓度 (忽略体积变化)。混合溶液中 Ag^+ 和 Y 的初始浓度分别为 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。 $-\lg[c(\text{M})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$

与 $-\lg[c(Y)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 的变化关系如图 1 所示,其中 M 代表 Ag^+ 、 $[\text{AgY}]^+$ 或 $[\text{AgY}_2]^+$, 分布系数 $\delta(N)$ 与 pH 的变化关系如图 2 所示(其中 N 代表 Y、 HY^+ 或 H_2Y^{2+}), 比如

$$\delta(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) = \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})}{c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})}.$$

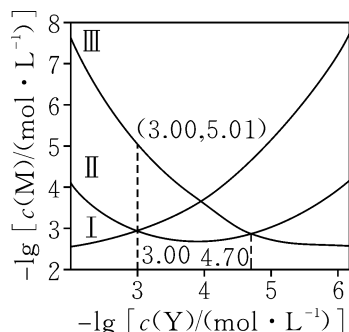


图 1

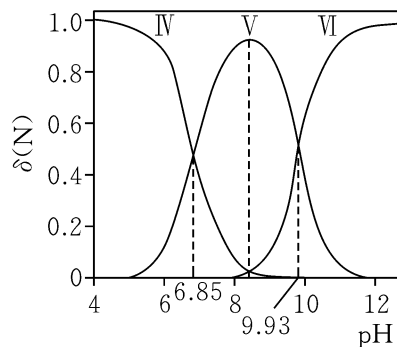


图 2

下列说法错误的是

()

A. 曲线 I 对应的离子是 $[\text{AgY}_2]^+$

B. $\delta(\text{HY}^+)$ 最大时对应的 $\text{pH} = 8.39$

C. 反应 $\text{Ag}^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}]^+$ 的平衡常数 $K_1 = 10^{4.70}$

D. $-\lg[c(Y)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})] = 3.00$ 时, $c(\text{HY}^+) > c(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) > c(\text{Y})$

9. (2025 · 广东卷 T12) CuCl 微溶于水,但在 Cl^- 浓度较高的溶液中因形成 $[\text{CuCl}_2]^-$ 和 $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ 而溶解。将适量 CuCl 完全溶于盐酸,得到含 $[\text{CuCl}_2]^-$ 和 $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ 的溶液,下列叙述正确的是

()

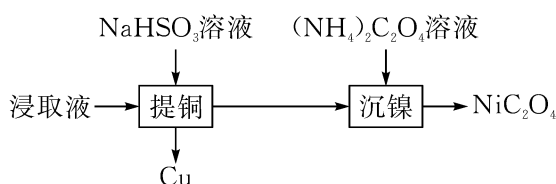
A. 加水稀释, $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ 浓度一定下降

B. 向溶液中加入少量 NaCl 固体, $[\text{CuCl}_2]^-$ 浓度一定上升

C. $\text{H}[\text{CuCl}_2]$ 的电离方程式为: $\text{H}[\text{CuCl}_2] \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cu}^+ + 2\text{Cl}^-$

D. 体系中, $c(\text{Cu}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c\{[\text{CuCl}_2]^- \} + c\{[\text{CuCl}_3]^{2-} \} + c(\text{OH}^-)$

10. (2025 · 江苏卷 T12) 室温下,有色金属冶炼废渣(含 Cu、Ni、Si 等的氧化物)用过量的较浓硫酸溶液酸浸后,提取铜和镍的过程如图所示。



已知: $K_a(\text{HSO}_4^-) = 1.2 \times 10^{-2}$, $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.2 \times 10^{-2}$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.0 \times 10^{-8}$ 。下列说法正确的是

()

A. 较浓硫酸溶液中: $c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$

B. NaHSO_3 溶液中: $2\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3$ 的平衡常数 $K = 5.0 \times 10^{-6}$

C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中: $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}^+)$

D. “提铜”和“沉镍”后的两份滤液中: $c_{\text{提铜}}(\text{Na}^+) = c_{\text{沉镍}}(\text{Na}^+)$

11. (2025 · 甘肃卷 T14) 氨基乙酸($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$)是结构最简单的氨基酸分子,其分子在水溶液中存在如下平衡:



在 25 °C 时,其分布分数 δ 与溶液 pH 关系如图 1 所示 [如 $\delta(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-) = \frac{c(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-)}{c(^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + c(^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-) + c(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-)}$]。在 100 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \cdot \text{Cl}^-$ 溶液中逐滴滴入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液,溶液 pH 与 NaOH 溶液滴入体积的变化关系如图 2 所示。下列说法错误的是 ()

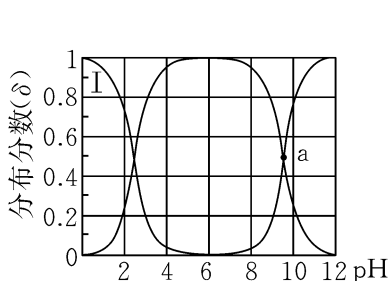


图 1

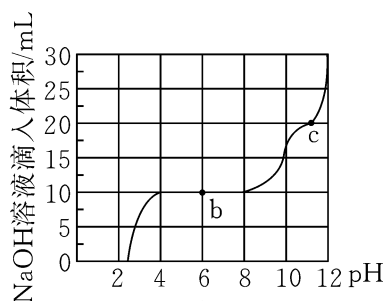
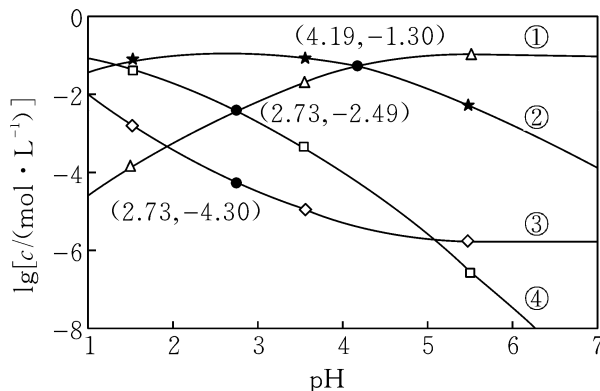


图 2

- A. 曲线 I 对应的离子是 $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 B. a 点处对应的 pH 为 9.6
 C. b 点处 $c(^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = c(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-)$
 D. c 点处 $2c(^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) + c(^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$
12. (2025 · 浙江 6 月卷 T15) 已知: $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \quad K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-10}$
 $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{AgCl}_2]^- (\text{aq}) \quad K = 1.1 \times 10^5$
 下列有关说法不正确的是 ()
- A. 过量 AgCl 在 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中, $c(\text{Ag}^+) = 1.8 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 B. 过量 AgCl 在水中所得的饱和溶液中滴加 $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AgNO_3 溶液,有 AgCl 生成
 C. 过量 AgCl 在水中溶解的质量大于在相同体积 $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中溶解的质量
 D. 0.010 mol AgCl 在 1 L $10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸中不能完全溶解
13. (2025 · 四川卷 T15) H_2A 是一种二元酸,MA 是一种难溶盐。图中曲线分别表示室温下:
 (i) $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2A 溶液中,各物质的 $\lg[c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 与 pH 的关系;
 (ii) 含 MA(s) 的 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2A 溶液中, $\lg[c(\text{M}^{2+})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 与 pH 的关系。



下列说法正确的是

()

A. 曲线④表示 $\lg[c(M^{2+})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 与 pH 的关系

B. (i) 中 $\text{pH}=2.00$ 时, $\frac{c(A^{2-})}{c(H_2A)}=10^{-1.46}$

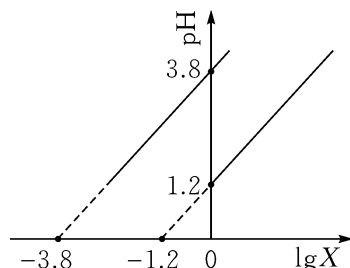
C. $\text{p}K_{\text{sp}}(\text{MA})=5.60$

D. (ii) 中增加 MA(s) , 平衡后溶液中 H_2A 、 HA^- 、 A^{2-} 浓度之和增大

14. (2025 · 湖南卷 T13) 草酸广泛应用于食品、药品等领域。常温下, 通过下列实验探究了草酸的性质:

实验 1: 向 10 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中滴入一定量 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KOH}$ 溶液。混合

溶液的 pH 与 $\lg X \left[X = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} \text{ 或 } \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} \right]$ 的关系如图所示。



实验 2: 向 10 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中加入 10 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$ 溶液。

已知: 25°C 时, $K_{\text{sp}}(\text{BaC}_2\text{O}_4)=10^{-7.6}$ 。混合后溶液体积变化忽略不计。

下列说法错误的是

()

A. 实验 1, 当溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 时, $\text{pH}=2.5$

B. 实验 1, 当溶液呈中性时, $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})>c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)>c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$

C. 实验 2, 溶液中有沉淀生成

D. 实验 2, 溶液中存在: $2c(\text{Ba}^{2+})+c(\text{H}^+)=c(\text{Cl}^-)+c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)+2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

15. (2025 · 云南卷 T14) 甲醛法测定 NH_4^+ 的反应原理为 $4\text{NH}_4^++6\text{HCHO}=(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^++3\text{H}^++6\text{H}_2\text{O}$ 。取含 NH_4Cl 的废水浓缩至原体积的 $\frac{1}{10}$ 后, 移取 20.00 mL, 加入足量甲醛反应

后, 用 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 标准溶液滴定。滴定曲线如图 1, 含氮微粒的分布分数 δ

与 pH 关系如图 2 (比如: $\delta[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+]=\frac{c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+]}{c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+]+c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]}$)。下列说法

正确的是

()

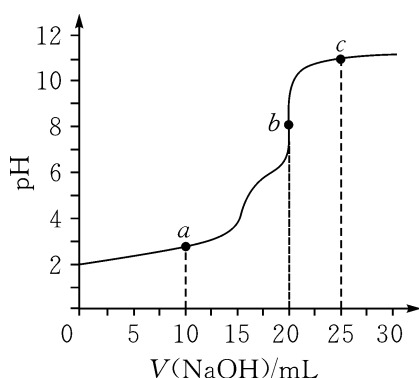


图 1

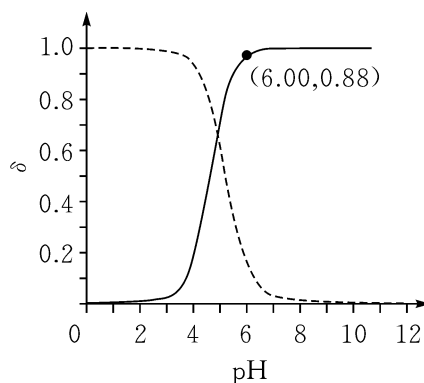


图 2

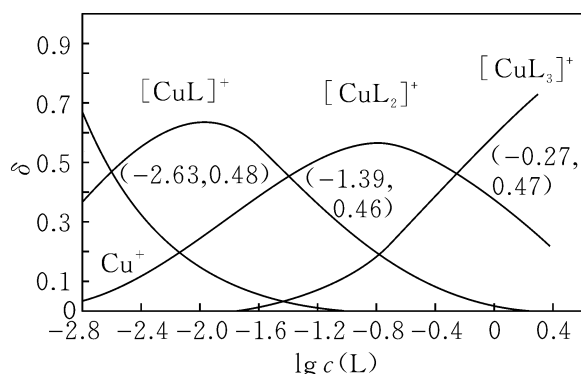
A. 废水中 NH_4^+ 的含量为 $20.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

B. c 点: $c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+] + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$

C. a 点: $c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+] > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-) > c[(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$

D. $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+ \rightleftharpoons (\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + \text{H}^+$ 的平衡常数 $K \approx 7.3 \times 10^{-6}$

16. (2025 · 湖北卷 T14) 铜(I)、乙腈(简写为 L)的某水溶液体系中含铜物种的分布曲线如图。纵坐标(δ)为含铜物种占总铜的物质的量分数,总铜浓度为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列描述正确的是 ()



A. $\text{Cu}^+ + 3\text{L} \rightleftharpoons [\text{CuL}_3]^+$ 的 $\lg K = 0.27$

B. 当 $c(\text{Cu}^+) = c\{[\text{CuL}]^+\}$ 时, $c\{[\text{CuL}_2]^+\} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

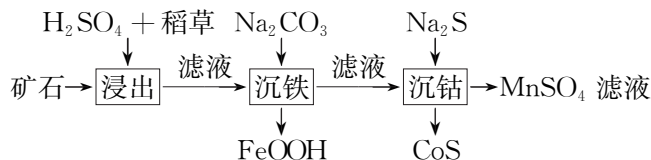
C. n 从 0 增加到 2, $[\text{CuL}_n]^+$ 结合 L 的能力随之减小

D. 若 $c\{[\text{CuL}]^+\} = c\{[\text{CuL}_3]^+\}$, 则 $2c\{[\text{CuL}_2]^+\} < c\{[\text{CuL}]^+\} + 3c\{[\text{CuL}_3]^+\}$

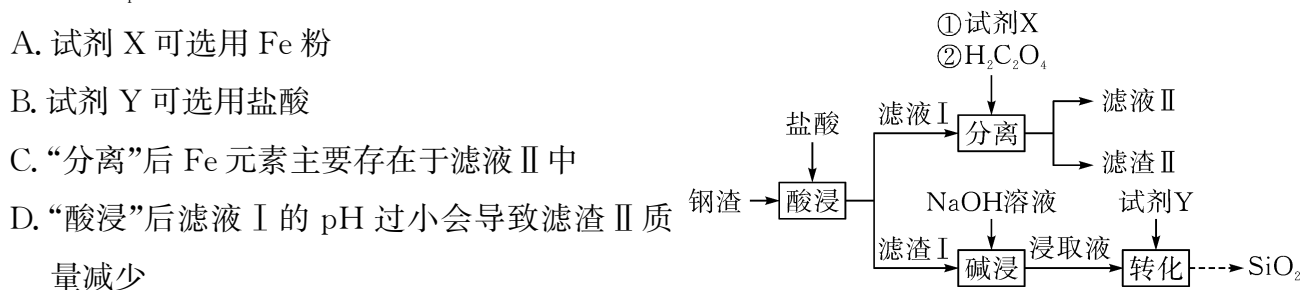
专题十三 工艺流程分析

题组1 工艺微流程

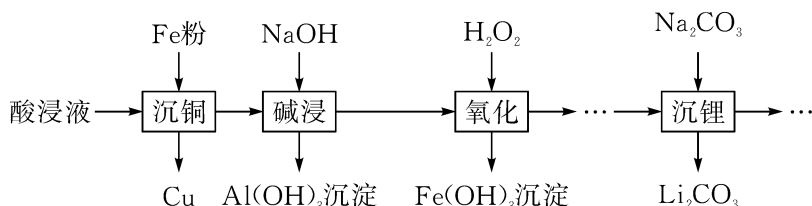
1. (2025·辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T11) 某工厂利用生物质(稻草)从高锰钴矿(含 MnO_2 、 Co_3O_4 和少量 Fe_2O_3) 中提取金属元素, 流程如图。已知“沉钴”温度下 $K_{\text{sp}}(\text{CoS})=10^{-20.4}$, 下列说法错误的是 ()



- A. 硫酸用作催化剂和浸取剂
B. 使用生物质的优点是来源广泛且可再生
C. “浸出”时, 3 种金属元素均被还原
D. “沉钴”后上层清液中 $c(\text{Co}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})=10^{-20.4}$
2. (2025·山东卷 T13) 钢渣中富含 CaO 、 SiO_2 、 FeO 、 Fe_2O_3 等氧化物, 实验室利用酸碱协同法分离钢渣中的 Ca 、 Si 、 Fe 元素, 流程如下。已知: $\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 能溶于水; $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4)=2.3 \times 10^{-9}$, $K_{\text{sp}}(\text{FeC}_2\text{O}_4)=3.2 \times 10^{-7}$ 。下列说法错误的是 ()

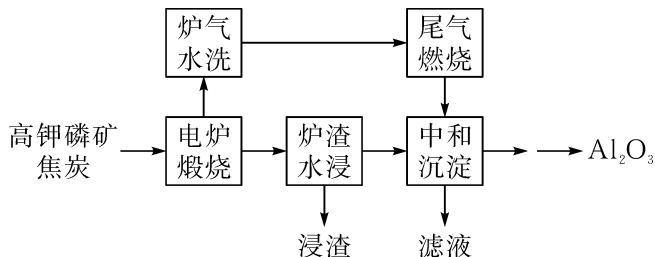


3. (2025·甘肃卷 T11) 处理某酸浸液(主要含 Li^+ 、 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+}) 的部分流程如下:



- 下列说法正确的是 ()

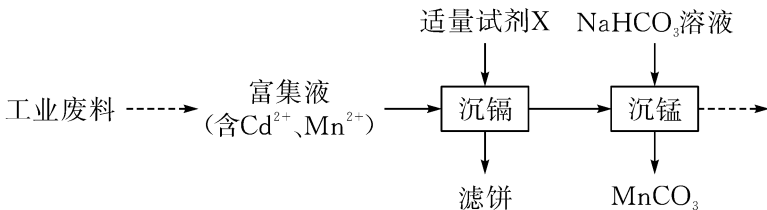
- A. “沉铜”过程中发生反应的离子方程式: $2\text{Fe}+3\text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons 3\text{Cu}+2\text{Fe}^{3+}$
B. “碱浸”过程中 NaOH 固体加入量越多, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀越完全
C. “氧化”过程中铁元素化合价降低
D. “沉锂”过程利用了 Li_2CO_3 的溶解度比 Na_2CO_3 小的性质
4. (2025·四川卷 T13) 一种主要成分为 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 KAlSi_3O_8 的高钾磷矿, 通过如下流程可制得重要的化工产品白磷(P_4)、 K_2CO_3 、 Al_2O_3 。其中, 电炉煅烧发生的反应为 $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 10\text{C} \xrightarrow{\text{煅烧}} 6\text{CaSiO}_3 + 2\text{KAlO}_2 +$



$\text{P}_4 \uparrow + 10\text{CO} \uparrow$ 。下列说法错误的是 ()

- A. “电炉煅烧”必须隔绝空气
- B. 浸渣的主要成分是 CaSiO_3
- C. “炉气水洗”使 P_4 溶于水而与 CO 分离
- D. “中和沉淀”需要控制溶液的 pH

5. (2025 · 湖南卷 T12) 工业废料的综合处理有利于减少环境污染并实现资源循环利用。常温下,从某工业废料中回收镉、锰的部分工艺流程如下:



已知:①富集液中两种金属离子的浓度相当;

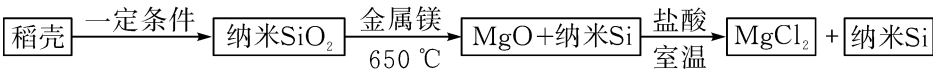
②常温下,金属化合物的 K_{sp} (如表):

金属化合物	CdS	CdCO ₃	MnS	MnCO ₃
K_{sp}	8.0×10^{-27}	1.0×10^{-12}	2.5×10^{-13}	2.3×10^{-11}

下列说法错误的是 ()

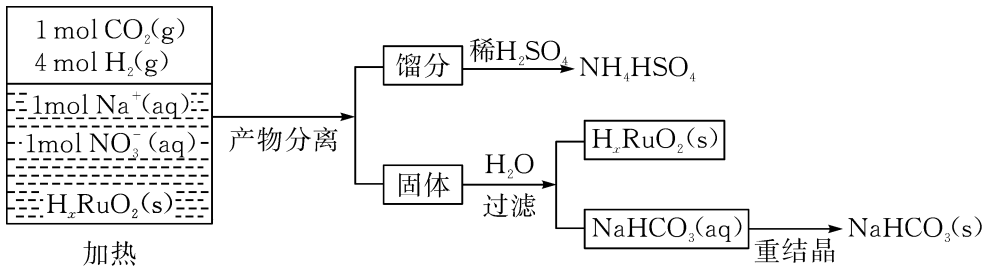
- A. 粉碎工业废料有利于提高金属元素的浸出率
- B. 试剂 X 可以是 Na_2S 溶液
- C. “沉镉”和“沉锰”的顺序不能对换
- D. “沉锰”时,发生反应的离子方程式为 $\text{Mn}^{2+} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{H}^+$

6. (2025 · 云南卷 T7) 稻壳制备纳米 Si 的流程图如下。下列说法错误的是 ()



- A. SiO_2 可与 NaOH 溶液反应
- B. 盐酸在该工艺中体现了还原性
- C. 高纯 Si 可用于制造硅太阳能电池
- D. 制备纳米 Si: $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{650\text{ °C}} \text{Si} + 2\text{MgO}$

7. (2025 · 江西卷 T8) 一种以 H_xRuO_2 为催化剂,捕捉 CO_2 制备 NaHCO_3 的流程如图所示。

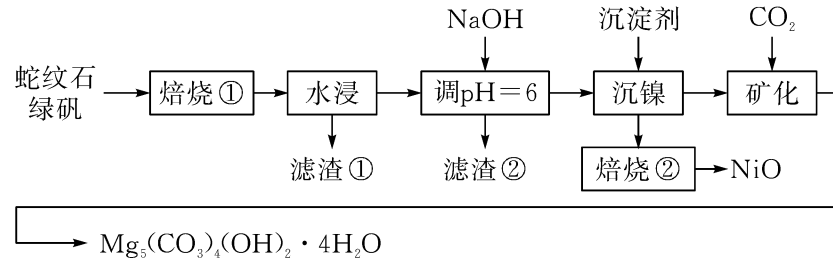


下列说法正确的是 ()

- A. 氢气的作用是还原 CO_2
- B. 反应中有 NH_4HCO_3 生成
- C. “产物分离”方法为过滤
- D. 温度升高, NaHCO_3 的产率增大

题组 2 工艺流程综合题

8. (2025 · 全国卷 T27) (14 分) 我国的蛇纹石资源十分丰富, 它的主要成分是 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, 伴生有少量 Ni、Fe、Al 等元素。利用蛇纹石转化与绿矾分解的耦合回收 NiO 并矿化固定二氧化碳的实验流程如图所示。



常温下部分物质的 K_{sp} 如下表所示:

物质	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$
K_{sp}	1.3×10^{-33}	2.8×10^{-39}	5.6×10^{-12}	5.5×10^{-16}

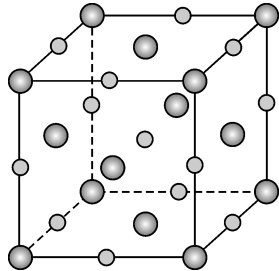
回答下列问题:

(1) 绿矾($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)在高温下分解, 得到红棕色固体和气体产物, 反应的化学方程式为 _____。

(2) 经“焙烧①”“水浸”, 过滤分离后, 滤液中金属离子的浓度分别为 Ni^{2+} $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Fe^{3+} $0.150 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Mg^{2+} $0.430 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Al^{3+} $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。滤渣①的主要成分是 _____。

(3) 常温下加入 NaOH“调 pH=6”, 过滤后, 滤渣②是 _____, 滤液中 Al^{3+} 的浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

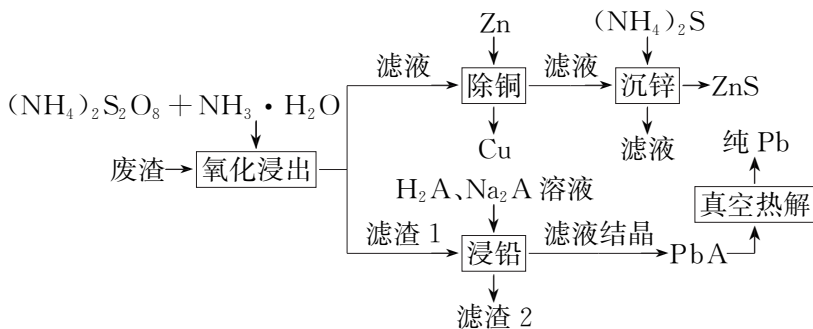
(4) “焙烧②”后得到 NiO。NiO 晶胞如图所示, 晶胞中含有 Ni^{2+} 的个数为 _____。



(5) 调节“沉镍”后的溶液为碱性, “矿化”反应的离子方程式为 _____。

(6) 1.0 kg 蛇纹石“矿化”固定 CO_2 , 得到 0.466 kg $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 相当于固定 CO_2 _____ L(标准状况)。

9. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T16) (14 分) 某工厂采用如下工艺回收废渣(含有 ZnS 、 PbSO_4 、 FeS 和 CuCl)中的 Zn、Pb 元素。



已知:①“氧化浸出”时, PbSO_4 不发生变化, ZnS 转变为 $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$,

②室温下, $K_{\text{sp}}[\text{Pb}(\text{OH})_2]=10^{-14.8}$;

③酒石酸(记作 H_2A)的结构简式为 $\text{HOOC}(\text{CHOH})_2\text{COOH}$ 。

回答下列问题:

(1) H_2A 分子中手性碳原子的数目为_____。

(2)“氧化浸出”时,过二硫酸根($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)转变为_____ (填离子符号)。

(3)“氧化浸出”时,浸出率随温度升高先增大后减小的原因为_____。

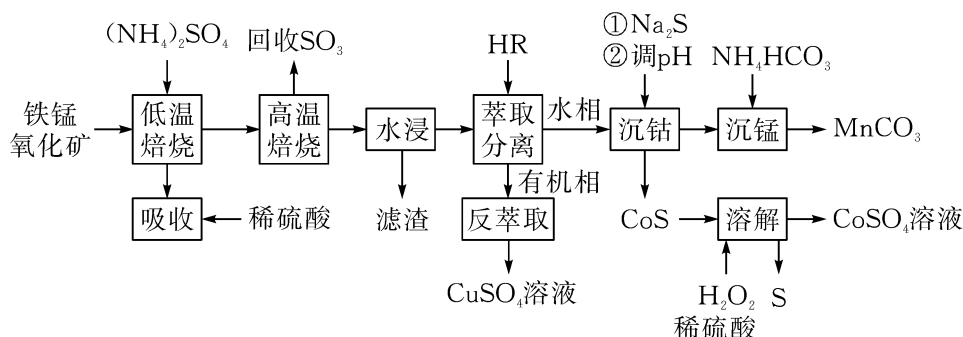
(4)“除铜”步骤中发生反应的离子方程式为_____。

(5)滤渣 2 中的金属元素为_____ (填元素符号)。

(6)室温下,“浸铅”步骤中 PbSO_4 和 Na_2A 反应生成 PbA 。 PbA 的产率随体系 pH 的升高先增大的原因为_____, pH 过高可能生成_____ (填化学式)。

(7) 290°C 下“真空热解”生成 2 种气态氧化物,该反应的化学方程式为_____。

10. (2025 · 山东卷 T17) (12 分) 采用两段焙烧-水浸法从铁锰氧化矿(主要含 Fe_2O_3 、 MnO_2 及 Co 、 Cu 、 Ca 、 Si 等元素的氧化物)分离提取 Cu 、 Co 、 Mn 等元素,工艺流程如下:



已知:该工艺条件下, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 低温分解生成 NH_4HSO_4 , 高温则完全分解为气体; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 在 650°C 完全分解,其他金属硫酸盐分解温度均高于 700°C 。

回答下列问题:

(1)“低温焙烧”时金属氧化物均转化为硫酸盐。 MnO_2 与 NH_4HSO_4 反应转化为 MnSO_4 时有 N_2 生成,该反应的化学方程式为_____。“高温焙烧”的温度为 650°C ,“水浸”所得滤渣的主要成分除 SiO_2 外还含有_____ (填化学式)。

(2)在 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 投料量不变的情况下,与两段焙烧工艺相比,直接“高温焙烧”,“水浸”时金属元素的浸出率_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

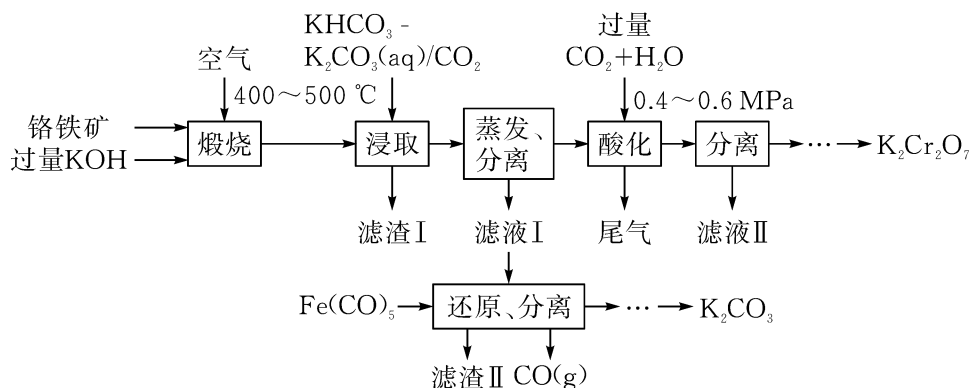
(3) HR 萃取 Cu^{2+} 的反应为: $2\text{HR}(\text{有机相}) + \text{Cu}^{2+}(\text{水相}) \rightleftharpoons \text{CuR}_2(\text{有机相}) + 2\text{H}^+(\text{水相})$ 。“反萃取”时加入的试剂为_____ (填化学式)。

(4)“沉钴”中, $\text{pH}=4$ 时 Co^{2+} 恰好沉淀完全 $[c(\text{Co}^{2+})=1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}]$, 则此时溶液中 $c(\text{H}_2\text{S})=_____ \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知: $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{S})=1 \times 10^{-7}$, $K_{\text{a2}}(\text{HS}^-)=1 \times 10^{-13}$,

$K_{sp}(\text{CoS})=4\times 10^{-21}$ 。CoS“溶解”时发生反应的离子方程式为_____。

(5)“沉锰”所得滤液并入“吸收”液中,经处理后所得产品导入“_____”(填操作单元名称)循环利用。

11. (2025·河北卷 T16)(14分)铬盐产品广泛应用于化工、医药、印染等领域。通过闭环生产工艺将铬铁矿转化为重铬酸钾,同时回收利用钾资源,可实现绿色化学的目标。流程如下:

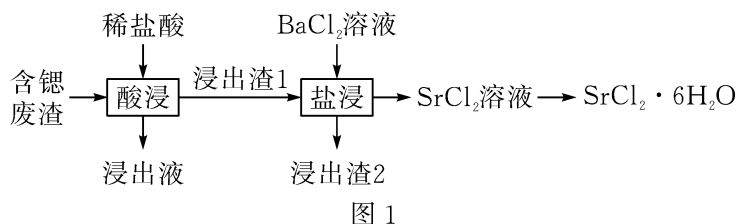


已知:铬铁矿的主要成分是 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{CrO}_2)_2$ 、 Al_2O_3 、 SiO_2 。

回答下列问题:

- (1)基态铬原子的价层电子排布式:_____。
- (2)“煅烧”工序中 $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 反应生成 K_2CrO_4 的化学方程式:_____。
- (3)“浸取”工序中滤渣 I 的主要成分: Fe_2O_3 、 H_2SiO_3 、____、____(填化学式)。
- (4)“酸化”工序中需加压的原因:_____。
- (5)滤液 II 的主要成分:_____(填化学式)。
- (6)补全“还原、分离”工序中发生反应的化学方程式: $\text{Fe}(\text{CO})_5 + \text{_____} + \text{_____} = \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{_____} + \text{_____} + \text{CO} \uparrow$ 。
- (7)滤渣 II 可返回“_____”(填工序名称)工序。

12. (2025·安徽卷 T15)(14分)某含锶(Sr)废渣主要含有 SrSO_4 、 SiO_2 、 CaCO_3 、 SrCO_3 和 MgCO_3 等,一种提取该废渣中锶的流程如图 1 所示。



已知 25 °C 时, $K_{sp}(\text{SrSO}_4)=10^{-6.46}$, $K_{sp}(\text{BaSO}_4)=10^{-9.97}$ 。回答下列问题:

- (1)锶位于元素周期表第五周期第 II A 族。基态锶原子价电子排布式为_____。
- (2)浸出液中主要的金属离子有 Sr^{2+} 、_____(填离子符号)。
- (3)“盐浸”中 SrSO_4 转化反应的离子方程式为_____; 25 °C 时,向 0.01 mol SrSO_4 粉末中加入 100 mL 0.11 mol · L⁻¹ BaCl_2 溶液,充分反应后,理论上溶液中 $c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) = \text{_____ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ (忽略溶液体积的变化)。

(4)其他条件相同时,“盐浸”2 h,浸出温度对锑浸出率的影响如图 2 所示。随温度升高锑浸出率增大的原因是_____。

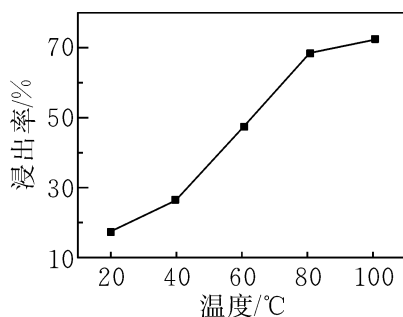


图 2

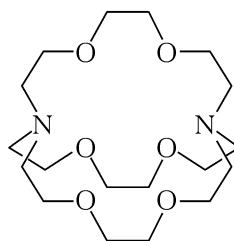


图 3

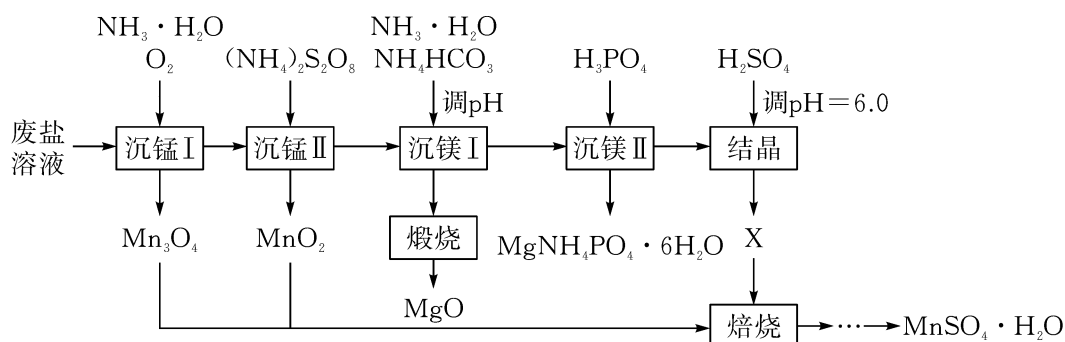
(5)浸出渣 2 中主要含有 SrSO_4 、_____ (填化学式)。

(6)将窝穴体 a(结构如图 3 所示)与 K^+ 形成的超分子加入浸出液中,能提取其中的 Sr^{2+} ,原因是_____。

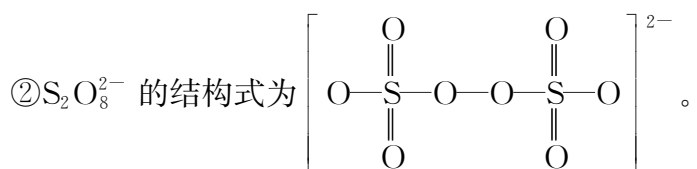
(7)由 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 制备无水 SrCl_2 的最优方法是_____ (填序号)。

- a. 加热脱水
- b. 在 HCl 气流中加热
- c. 常温加压
- d. 加热加压

13. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T16) (14 分)一种综合回收电解锰工业废盐(主要成分为 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 的硫酸盐)的工艺流程如下。



已知:①常温下 $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3) = 10^{-5.17}$, $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 10^{-11.25}$, $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 10^{-12.72}$;



回答下列问题:

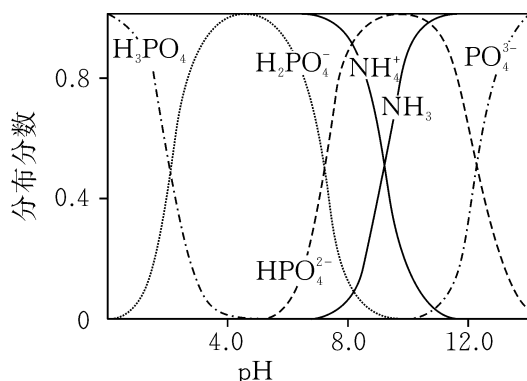
(1)制备废盐溶液时,为加快废盐溶解,可采取的措施有_____ (写出两种即可)。

(2)“沉锰 I”中,写出形成的 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 被氧化成 Mn_3O_4 的化学方程式:_____。
当 Mg^{2+} ($c = 10^{-0.68} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 将要开始沉淀时,溶液中剩余 Mn^{2+} 的浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)“沉锰Ⅱ”中,过量的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 经加热水解去除,最终产物是 NH_4HSO_4 和_____ (填化学式)。

(4)“沉镁Ⅰ”中,当pH为8.0~10.2时,生成碱式碳酸镁 $[x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}]$,煅烧得到疏松的轻质 MgO 。pH过大时,不能得到轻质 MgO 的原因是_____。

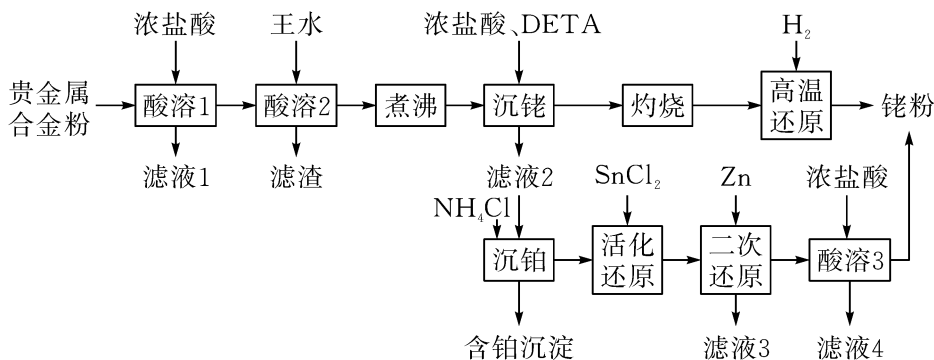
(5)“沉镁Ⅱ”中,加 H_3PO_4 至pH=8.0时, Mg^{2+} 沉淀完全;若加至pH=4.0时沉淀完全溶解,据图分析,写出沉淀溶解的离子方程式:_____。



(6)“结晶”中,产物X的化学式为_____。

(7)“焙烧”中,Mn元素发生了_____ (填“氧化”或“还原”)反应。

14. (2025·河南卷 T15) (14分)一种从预处理得到的贵金属合金粉[主要成分为Fe、Rh(铑)、Pt,含有少量 SiO_2]中尽可能回收铑的工艺流程如下:



回答下列问题:

(1)“酸溶1”的目的是_____。

(2)已知“酸溶2”中Rh转化为 $\text{H}_3[\text{RhCl}_6]$,则生成该物质的化学方程式为_____;“滤渣”的主要成分是_____ (填化学式)。

(3)“沉铑”中得到的沉淀经“灼烧”后分解成铑单质,但夹杂少量 Rh_2O_3 和 RhCl_3 ,则“高温还原”中发生反应的化学方程式为_____。

(4)若“活化还原”在室温下进行, SnCl_2 初始浓度为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,为避免生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀,溶液适宜的pH为_____ (填序号)[已知 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = 5.5 \times 10^{-28}$]。

A. 2.0

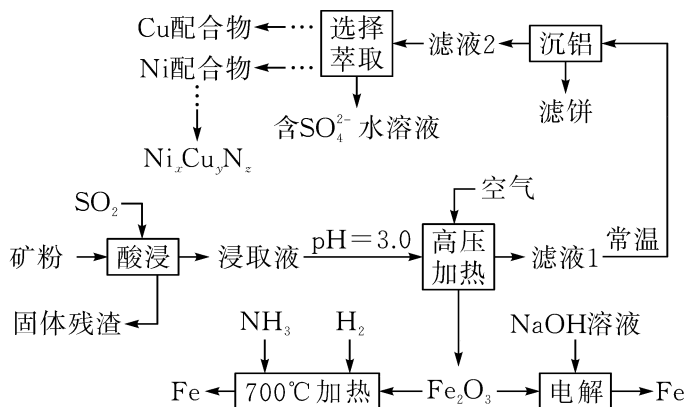
B. 4.0

C. 6.0

(5)“活化还原”中, SnCl_2 必须过量, 其与 Rh(III) 反应可生成 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$, 提升了 Rh 的还原速率, 该配离子中 Rh 的化合价为 _____; 反应中同时生成 $[\text{SnCl}_6]^{2-}$, Rh(III) 以 $[\text{RhCl}_6]^{3-}$ 计, 则理论上 SnCl_2 和 Rh(III) 反应的物质的量之比为 _____。

(6)“酸溶 3”的目的是 _____。

15. (2025 · 广东卷 T18) (14 分) 我国是金属材料生产大国, 绿色生产是必由之路。一种从多金属精矿中提取 Fe 、 Cu 、 Ni 等并探究新型绿色冶铁方法的工艺如下。



已知: 多金属精矿中主要含有 Fe 、 Al 、 Cu 、 Ni 、 O 等元素。

氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$
$K_{\text{sp}}(298 \text{ K})$	2.8×10^{-39}	1.3×10^{-33}	2.2×10^{-20}	5.5×10^{-16}

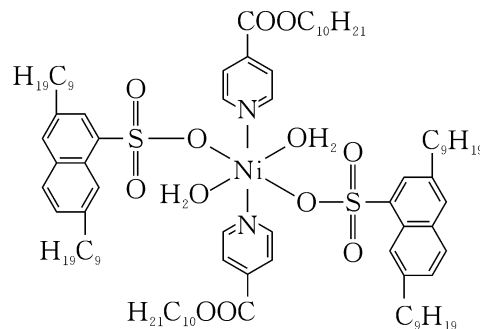
(1)“酸浸”中, 提高浸取速率的措施有 _____ (写一条)。

(2)“高压加热”时, 生成 Fe_2O_3 的离子方程式为 _____ + O_2 + _____ $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\Delta]{\text{高压}}$ _____ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \downarrow$ + _____ H^+ 。

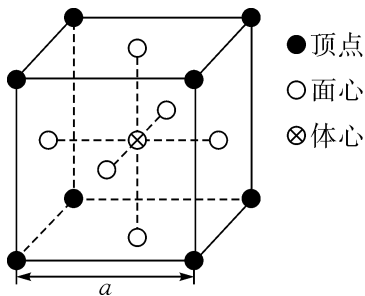
(3)“沉铝”时, pH 最高可调至 _____ (溶液体积变化可忽略)。已知: 滤液 1 中 $c(\text{Cu}^{2+}) = 0.022 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Ni}^{2+}) = 0.042 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4)“选择萃取”中, 镍形成如图的配合物。镍易进入有机相的原因有 _____。

- A. 镍与 N 、 O 形成配位键
- B. 配位时 Ni^{2+} 被还原
- C. 配合物与水能形成分子间氢键
- D. 烷基链具有疏水性



(5) $\text{Ni}_x\text{Cu}_y\text{N}_z$ 晶体的立方晶胞中原子所处位置如图。已知: 同种位置原子相同, 相邻原子间的最近距离之比 $d_{\text{Ni}-\text{Cu}} : d_{\text{Ni}-\text{N}} = \sqrt{2} : 1$, 则 $x : y : z =$ _____; 晶体中与 Cu 原子最近且等距离的原子的数目为 _____。



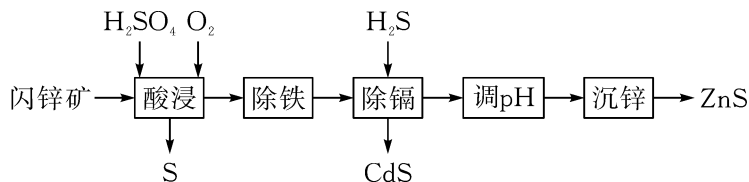
(6)①“700 °C 加热”步骤中, 混合气体中仅加少量 H_2 , 但借助工业合成氨的逆反应, 可使 Fe 不断生成。该步骤发生反应的化学方程式为 _____ 和 _____。

②“电解”时, Fe_2O_3 颗粒分散于溶液中, 以 Fe 片、石墨棒为电极, 画出电解池示意图并做相应标注: _____。

③与传统高炉炼铁工艺相比, 上述两种新型冶铁方法所体现“绿色化学”思想的共同点是 _____ (写一条)。

16. (2025 · 江苏卷 T14) (14 分) ZnS 可用于制备光学材料和回收砷。

(1) 制备 ZnS 。由闪锌矿[含 ZnS 、 FeS 及少量硫化镉(CdS)等]制备 ZnS 的过程如下:



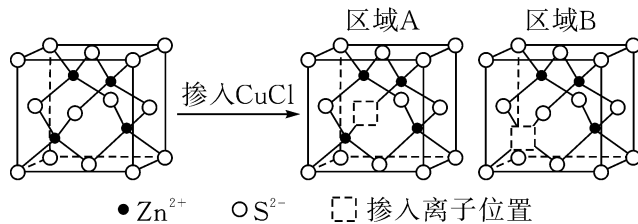
已知: 常温下, $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) = 1.6 \times 10^{-24}$, $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = 8.0 \times 10^{-27}$, $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-7}$, $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{S}) = 1.2 \times 10^{-13}$ 。当离子浓度小于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 认为该离子沉淀完全。

①“酸浸”时通入 O_2 可提高 Zn^{2+} 浸出率的原因是 _____。

②通入 H_2S “除镉”。通过计算判断常温下当溶液 $\text{pH}=0$ 、 $c(\text{H}_2\text{S})=0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Cd^{2+} 是否沉淀完全: _____ (写出计算过程)。

③“沉锌”前调节溶液的 pH 至 4~5, 加入的氧化物为 _____ (填化学式)。

(2) 制备光学材料。如图所示, ZnS 晶体中掺入少量 CuCl 后, 会出现能量不同的“正电”区域、“负电”区域, 光照下发出特定波长的光。

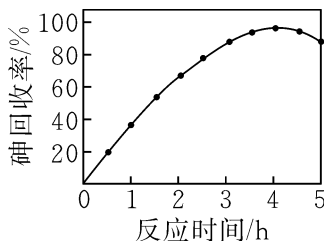


区域 A“□”中的离子为 _____ (填离子符号), 区域 B 带 _____ (填“正电”或“负电”)。

(3) 回收砷。用 ZnS 去除酸性废液中的三价砷[$\text{As}(\text{III})$], 并回收生成的 As_2S_3 沉淀。

已知: 溶液中 $\text{As}(\text{III})$ 主要以弱酸 H_3AsO_3 形式存在, $\text{As}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S}$ 。

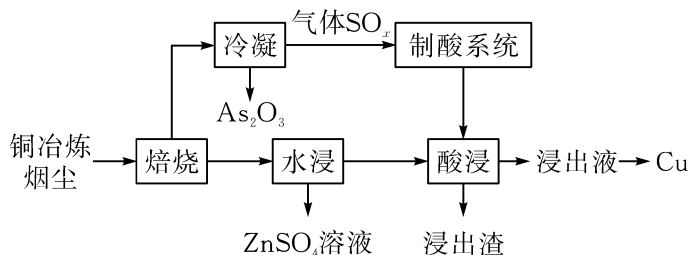
60 °C 时, 按 $n(\text{S}) : n(\text{As}) = 7 : 1$ 向酸性废液中加入 ZnS , 砷回收率随反应时间的变化如图所示。



①写出 ZnS 与 H_3AsO_3 反应生成 As_2S_3 的离子方程式: _____。

②反应 4 h 后, 砷回收率下降的原因有 _____。

17. (2025 · 甘肃卷 T16) (15 分) 研究人员设计了一种从铜冶炼烟尘(主要含 S、As₂O₃ 及 Cu、Zn、Pb 的硫酸盐)中高效回收砷、铜、锌和铅的绿色工艺,部分流程如下:



已知:As₂O₃ 熔点为 314 °C,沸点为 460 °C;分解温度为 CuO 1 100 °C,CuSO₄ 560 °C,ZnSO₄ 680 °C,PbSO₄ 高于 1 000 °C; $K_{sp}(\text{PbSO}_4)=1.8\times 10^{-8}$ 。

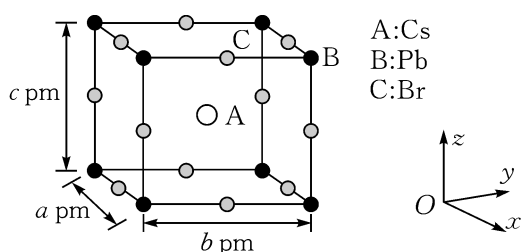
(1)设计“焙烧”温度为 600 °C,理由为_____。

(2)将 SO₂ 通入 Na₂CO₃ 和 Na₂S 的混合溶液可制得 Na₂S₂O₃,该反应的化学方程式为_____。

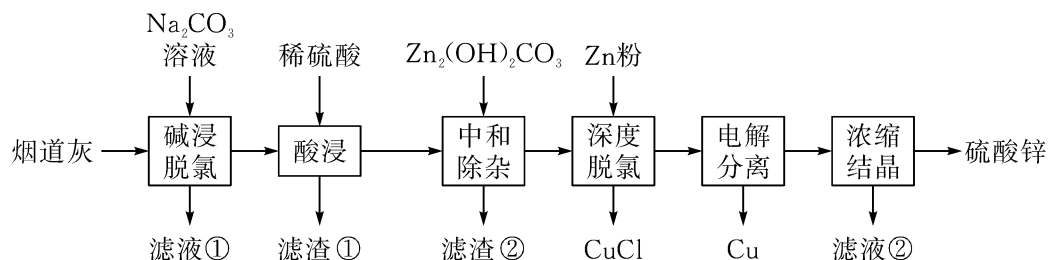
(3)“酸浸”的目的为_____。

(4)从浸出液得到 Cu 的方法为_____ (任写一种)。

(5)某含 Pb 化合物是一种被广泛应用于太阳能电池领域的晶体材料,室温下该化合物晶胞如图所示,晶胞参数 $a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。Cs 与 Pb 之间的距离为_____ pm(用带有晶胞参数的代数式表示);该化合物的化学式为_____,晶体密度计算式为_____ g · cm⁻³ (用带有阿伏加德罗常数 N_A 的代数式表示, M_{Cs} 、 M_{Pb} 和 M_{Br} 分别表示 Cs、Pb 和 Br 的摩尔质量)。



18. (2025 · 四川卷 T17) (15 分) 为了节约资源,减少重金属对环境的污染,一研究小组对某有色金属冶炼厂的高氯烟道灰(主要含有 CuCl₂、ZnCl₂、CuO、ZnO、PbO、Fe₂O₃、SiO₂ 等)进行研究,设计如下工艺流程,实现了铜和锌的分离回收。

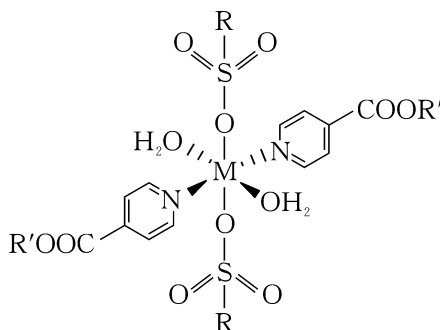


回答下列问题:

(1)铜元素位于元素周期表第_____周期、第_____族。

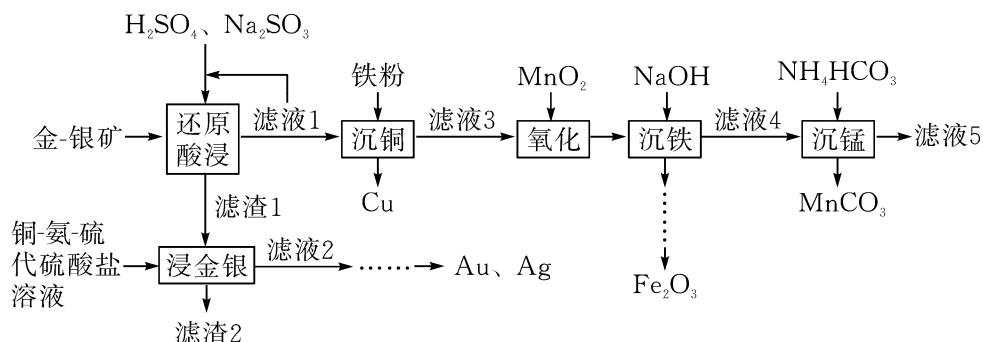
(2)“碱浸脱氯”使可溶性铜盐、锌盐转化为碱式碳酸盐沉淀。其中,铜盐发生反应的化学方程式为_____。

- (5)“第二次萃取”时,_____、_____ (填离子符号)与混合萃取剂形成的配合物(其结构如图所示,M表示金属元素)更稳定,这些配合物中氮原子的杂化类型为_____。



注:R、R'为长链烷基。

20. (2025·云南卷 T15) (14分)从褐铁矿型金-银矿(含 Au、Ag、Fe₂O₃、MnO₂、CuO、SiO₂ 等)中提取 Au、Ag,并回收其他有价金属的一种工艺如下:



已知:①金-银矿中 Cu、Mn 元素的含量分别为 0.19%、2.35%。

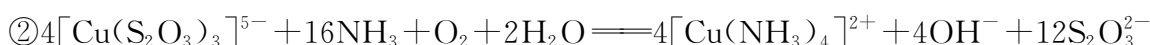
②25℃时,Mn(OH)₂ 的 K_{sp} 为 1.9×10^{-13} 。

回答下列问题:

(1)基态 Cu 原子的价层电子排布式为_____。

(2)“还原酸浸”时,MnO₂ 反应的离子方程式为_____。

(3)“浸金银”时,Au 溶解涉及的主要反应如下:



上述过程中的催化剂为_____。

(4)“沉铜”前,滤液 1 多次循环的目的为_____。

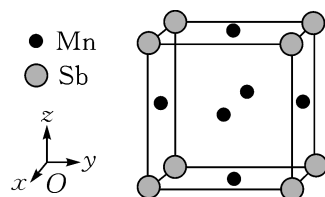
(5)根据“还原酸浸”“氧化”,推断 Fe³⁺、Cu²⁺、MnO₂ 的氧化性由强到弱的顺序为_____。

(6)25℃“沉铁”后,调节滤液 4 的 pH 至 8.0,无 Mn(OH)₂ 析出,则 $c(\text{Mn}^{2+}) \leq$ _____ mol·L⁻¹。

(7)一种锑锰(Mn₃Sb)合金的立方晶胞结构如图。

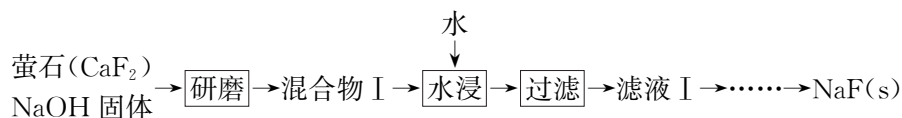
①该晶胞中,每个 Sb 周围与它最近且相等距离的 Mn 有 _____ 个。

②N_A 为阿伏加德罗常数的值,晶胞边长为 a nm,则晶体的密度为 _____ g·cm⁻³ (列出计算式即可)。

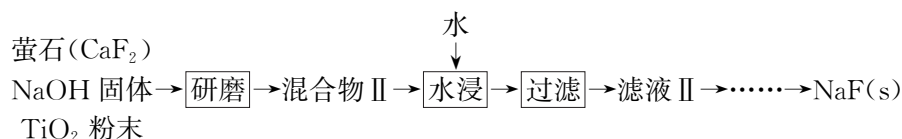


21. (2025 · 湖北卷 T16) (14 分) 氟化钠是一种用途广泛的氟化试剂, 通过以下两种工艺制备:

工艺 I:



工艺 II:



已知: 室温下, TiO_2 是难溶酸性氧化物, CaTiO_3 的溶解度极低。

20 °C 时, NaF 的溶解度为 4.06 g/100 g 水, 温度对其溶解度影响不大。

回答下列问题:

(1) 基态氟离子的电子排布式为_____。

(2) 20 °C 时, CaF_2 饱和溶液的浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 用 c 表示 CaF_2 的溶度积 $K_{\text{sp}} =$ _____。

(3) 工艺 I 中“研磨”引发的固相反应为 $\text{CaF}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NaF}$ 。分析混合物 I, 测得反应的转化率为 78%。“水浸”分离, NaF 的产率仅为 8%。

① 工艺 I 的固相反应_____ (填“正向”或“逆向”) 进行程度大。

② 分析以上产率变化, 推测溶解度 $S(\text{CaF}_2)$ _____ (填“>”或“<”) $S[\text{Ca(OH)}_2]$ 。

(4) 工艺 II “水浸”后 NaF 的产率可达 81%, 写出工艺 II 的总化学反应方程式:_____。

(5) 从滤液 II 获取 NaF 晶体的操作为_____ (填序号)。

a. 蒸发至大量晶体析出, 趁热过滤

b. 蒸发至有晶膜出现后冷却结晶, 过滤

(6) “研磨”能够促进固相反应的原因可能有_____ (填序号)。

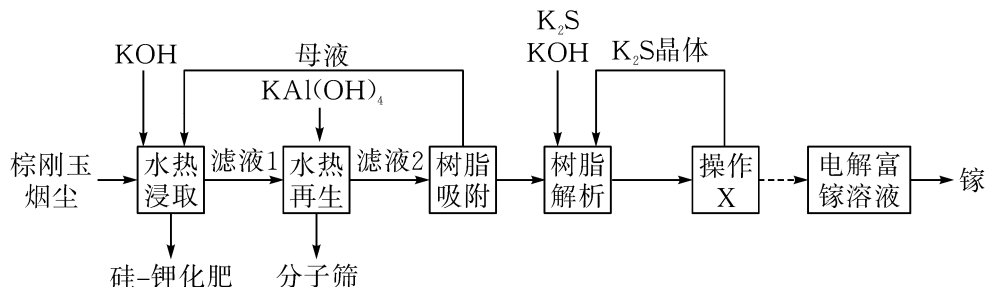
a. 增大反应物间的接触面积

b. 破坏反应物的化学键

c. 降低反应的活化能

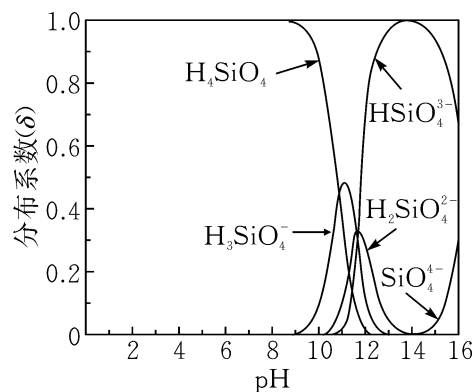
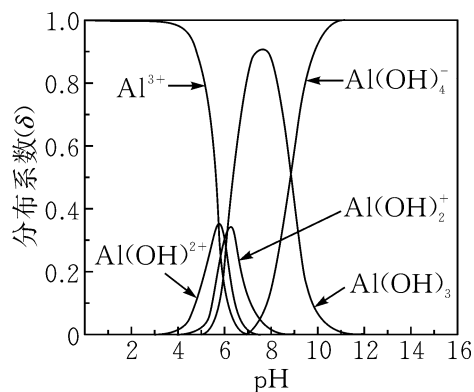
d. 研钵表面跟反应物更好接触

22. (2025 · 江西卷 T16) 稀散金属镓(Ga , 第 III A 族) 是重要的战略资源。以棕刚玉烟尘 (主要成分为 SiO_2 、 KAlSi_3O_8 、 Al_2O_3 、 Al_2SiO_5 和少量 Ga) 为原料制备金属镓的工艺流程图 1 如下:



回答下列问题:

(1) 滤液 1 的 pH 为 14.78, 依据 Al(III) 和 Si(IV) 的分布系数图 (如图), 铝元素在溶液中的主要存在形式为_____ (填化学式), SiO_2 与碱反应的离子方程式为_____、

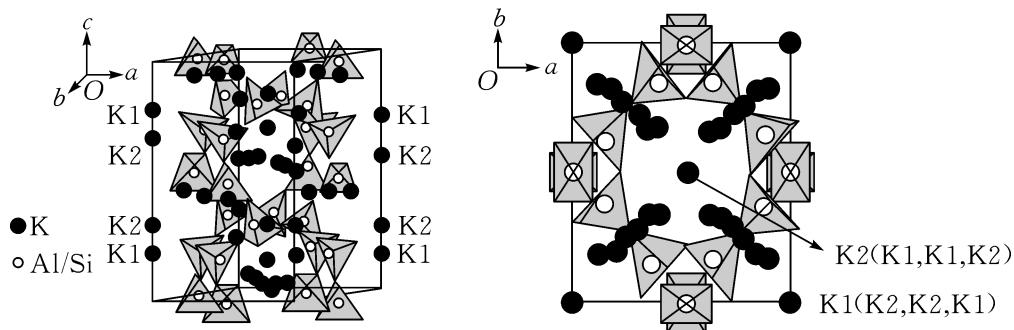


(2)“水热再生”过程中,需要定量补充 $\text{KAl}(\text{OH})_4$ 固体的目的是_____ ,以获得高纯度分子筛($\text{KAlSiO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$)材料。滤液 2 的 pH _____ (填“大于”或“小于”)滤液 1 的 pH。

(3)已知树脂片段的结构为 $\left\{ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \diagup \\ \text{=N} \end{array} \right\}$ 。在吸附 $\text{Ga}(\text{OH})_4^-$ 时,中心镓离子与树脂间存在的主要相互作用是_____。

(4)“操作 X”为_____。

(5)硅-钾化肥可改良土壤环境。依据其一有效组分的晶胞结构(如图),推测该组分中钾离子能被植物吸收的原因是_____。



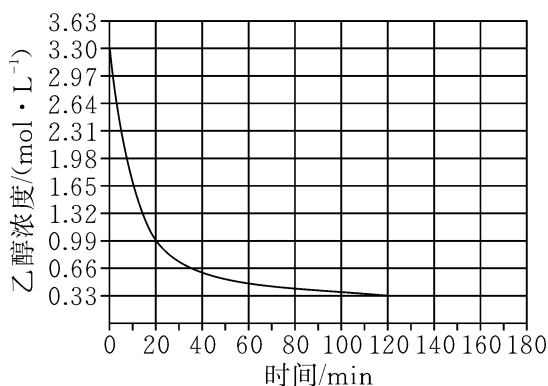
专题十四 化学反应原理的综合应用

1. (2025 · 全国卷 T28) (15 分) 乙酸乙酯是一种应用广泛的有机化学品, 可由乙酸和乙醇通过酯化反应制备。回答下列问题:

(1) 乙酸、乙醇和乙酸乙酯的燃烧热分别为 $-874 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-1367 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-2238 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则酯化反应 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 酯化反应中的 3 种有机物的沸点从高到低的顺序为 _____, 原因是 _____。

(3) 在常压和 353.15 K 时, 初始组成 $n(\text{CH}_3\text{COOH}) : n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 3 : 1$ 、 NaHSO_4 作催化剂的条件下进行反应, 得到乙醇浓度随反应时间的变化如图所示。

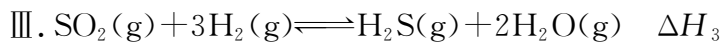
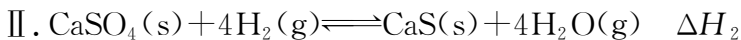
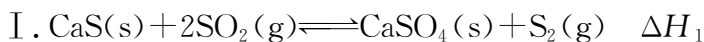


平衡时乙酸的转化率 $\alpha =$ _____ %, 平衡常数 $K =$ _____ (保留两位有效数字)。已知酯化反应的速率方程为 $r = k_+ c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) - k_- c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) c(\text{H}_2\text{O})$, 其中 $k_+ = 1.0 \times 10^{-5} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 则 $k_- =$ _____ $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (保留两位有效数字)。

(4) 研究发现, 难以通过改变反应温度或压强来提高乙酸乙酯的平衡产率, 原因是 _____。

若要提高乙酸乙酯的产率, 可以采用的方法是 _____ (举一例)。

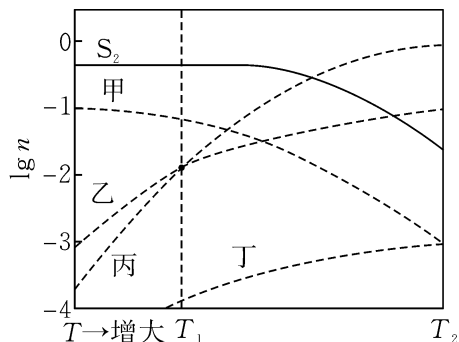
2. (2025 · 山东卷 T20) (12 分) 利用 CaS 循环再生可将燃煤尾气中的 SO_2 转化生成单质硫, 涉及的主要反应如下:



恒容条件下, 按 1 mol CaS 、1 mol SO_2 和 0.1 mol H_2 投料反应。平衡体系中, 各气态物质的 $\lg n$ 随温度的变化关系如图所示, n 为气态物质物质的量的值。已知: 图示温度范围内反应 II 的平衡常数 $K = 10^8$ 基本不变。

回答下列问题:

(1) 反应 $4\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H =$ _____ (用含 ΔH_1 、 ΔH_2 的代数式表示)。

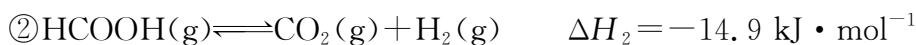


(2)乙线所示物质为_____ (填化学式)。反应Ⅲ的焓变 ΔH_3 _____ (填“>”“<”或“=”)0。

(3) T_1 温度下,体系达到平衡时,乙线、丙线所示物质的物质的量相等,若丁线所示物质为 a mol,则 S_2 为_____ mol(用含 a 的代数式表示);此时, CaS 与 CaSO_4 物质的量的差 $n(\text{CaS}) - n(\text{CaSO}_4) =$ _____ mol(用含 a 的最简代数式表示)。

(4) T_2 温度下,体系达到平衡后,压缩容器体积, S_2 产率增大。与压缩前相比,重新达到平衡时, H_2S 与 H_2 物质的量之比 $\frac{n(\text{H}_2\text{S})}{n(\text{H}_2)}$ _____ (填“增大”“减小”或“不变”), H_2O 的物质的量 $n(\text{H}_2\text{O})$ _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

3. (2025·安徽卷 T17) (15分) I. 通过甲酸分解可获得超高纯度的 CO 。甲酸有两种可能的分解反应:



(1)反应 $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)一定温度下,向恒容密闭容器中通入一定量的 HCOOH(g) ,发生上述两个分解反应,下列说法中能表明反应达到平衡状态的是_____ (填序号)。

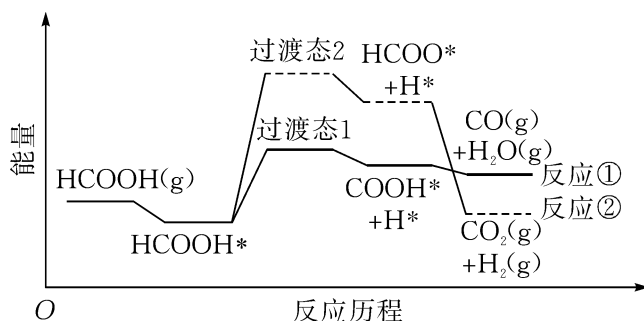
a. 气体密度不变

b. 气体总压强不变

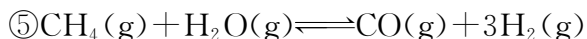
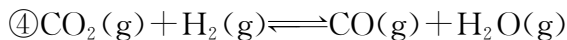
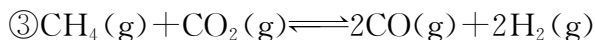
c. $\text{H}_2\text{O(g)}$ 的浓度不变

d. CO 和 CO_2 的物质的量相等

(3)一定温度下,使用某催化剂时反应历程如图,反应①的选择性接近 100%,原因是_____ ;升高温度,反应历程不变,反应①的选择性下降,可能的原因是_____ 。



II. 甲烷和二氧化碳重整是制取合成气(CO 和 H_2)的重要方法,主要反应有:



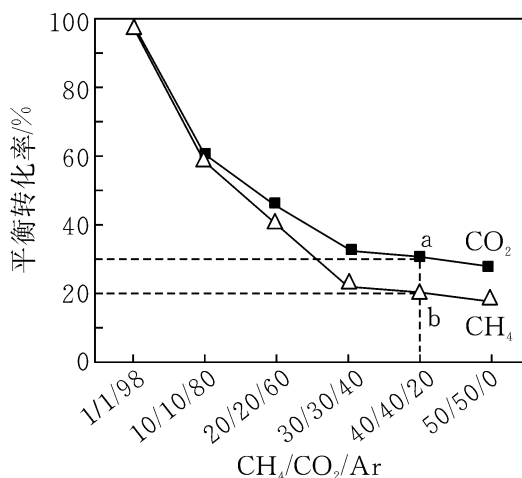
(4)恒温恒容条件下,可提高 CH_4 平衡转化率的措施有_____ (填序号)。

a. 增加原料中 CH_4 的量

b. 增加原料中 CO_2 的量

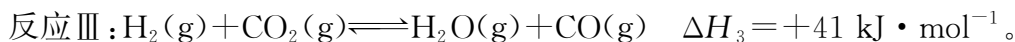
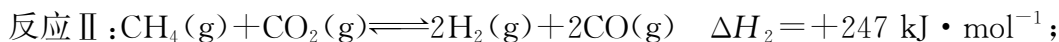
c. 通入 Ar 气

(5)恒温恒压密闭容器中,投入不同物质的量之比的 $\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{Ar}$ 混合气,投料组成与 CH_4 和 CO_2 的平衡转化率之间的关系如图所示。



- i. 投料组成中 Ar 含量下降,平衡体系中 $n(\text{CO}) : n(\text{H}_2)$ 的值将_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。
- ii. 若平衡时 Ar 的分压为 p kPa, 根据 a、b 两点计算反应⑤的平衡常数 $K_p =$ _____ (kPa)² (用含 p 的代数式表示, K_p 是用分压代替浓度计算的平衡常数, 分压 = 总压 $\times$ 物质的量分数)。

4. (2025 · 河南卷 T17) (15 分) CaCO_3 的热分解与 Ni_xP_y 催化的 CH_4 重整结合, 可生产高纯度合成气 ($\text{H}_2 + \text{CO}$), 实现碳资源的二次利用。主要反应如下:



回答下列问题:

- (1) Ca 位于元素周期表中_____区; 基态 Ni^{2+} 的价电子排布式为_____。
- (2) 水分子的 VSEPR 模型与其空间结构模型不同, 原因是_____。
- (3) Ni_xP_y 的晶胞如图 1 所示 (晶胞参数 $a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$), 该物质的化学式为_____。
- (4) 恒压条件下, CH_4 重整反应可以促进 CaCO_3 分解, 原因是_____。
- (5) 在温度分别为 T_1 、 T_2 和 T_3 下, CH_4 的平衡转化率与压强的关系如图 2 所示, 反应温度最高的是_____ (填“ T_1 ”“ T_2 ”或“ T_3 ”), 原因是_____。

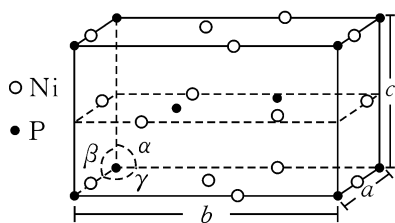


图 1

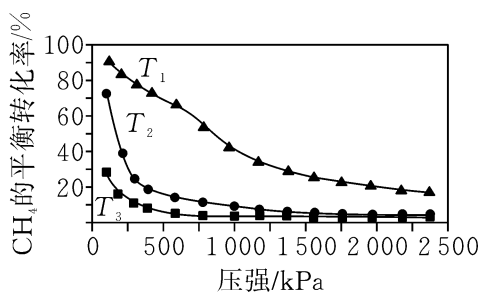
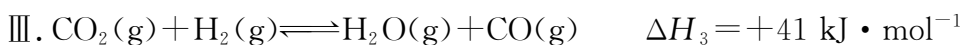
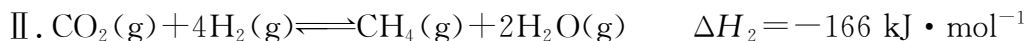
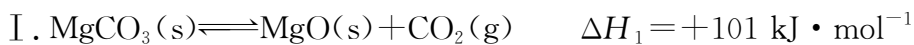


图 2

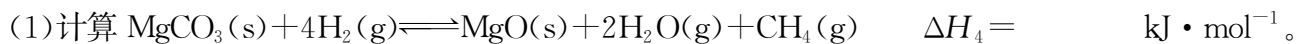
- (6) 一定温度、100 kPa 下, 向体系中加入 1.0 mol CaCO_3 和 1.0 mol CH_4 , 假设此条件下其他副反应可忽略, 恒压反应至平衡时, 体系中 CaCO_3 转化率为 80%, CH_4 转化率为 60%, CO 物质的量为 1.3 mol, 反应 III 的平衡常数 $K_p =$ _____ (保留小数点后一位), 此时原位 CO_2 利用率为_____。

$$\text{已知: 原位 CO}_2 \text{ 利用率} = \frac{[n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始}) - n_{\text{CaCO}_3}(\text{平衡})] - n_{\text{CO}_2}(\text{平衡})}{n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始})} \times 100\%$$

5. (2025 · 陕西、山西、青海、宁夏卷 T17) (15 分) MgCO_3/MgO 循环在 CO_2 捕获及转化等方面具有重要应用。科研人员设计了利用 MgCO_3 与 H_2 反应生成 CH_4 的路线, 主要反应如下:



回答下列问题:



(2) 提高 CH_4 平衡产率的条件是_____。

A. 高温高压

B. 低温高压

C. 高温低压

D. 低温低压

(3) 高温下 MgCO_3 分解产生的 MgO 催化 CO_2 与 H_2 反应生成 CH_4 , 部分历程如图 1, 其中吸附在催化剂表面的物种用“*”标注。图 1 所示步骤中最慢的基元反应是_____ (填序号); 生成水的基元反应方程式为_____。

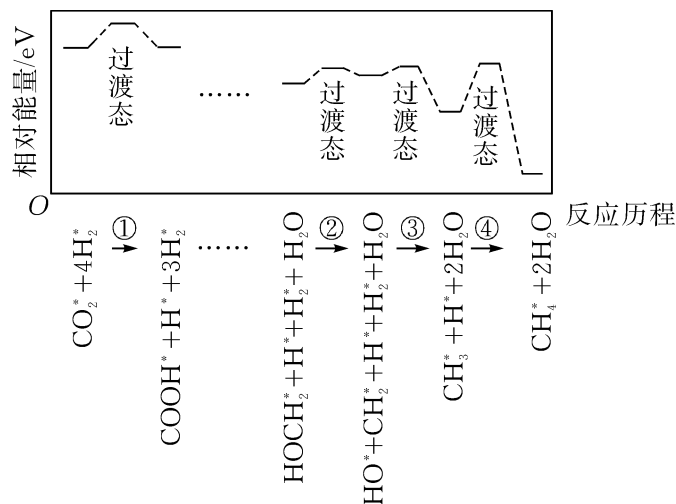


图 1

(4) 100 kPa 下, 在密闭容器中 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ 各 1 mol 发生反应。反应物 (H_2 、 MgCO_3) 的平

衡转化率和生成物 (CH_4 、 CO_2) 的选择性 (含碳生成物的选择性 = $\frac{\text{含碳生成物的物质的量}}{\text{MgCO}_3 \text{ 转化的物质的量}} \times$

100%) 随温度变化关系如图 2 (反应 III 在 360 °C 以下不考虑), 图 2 中点 M 附近区域放大图如图 3。

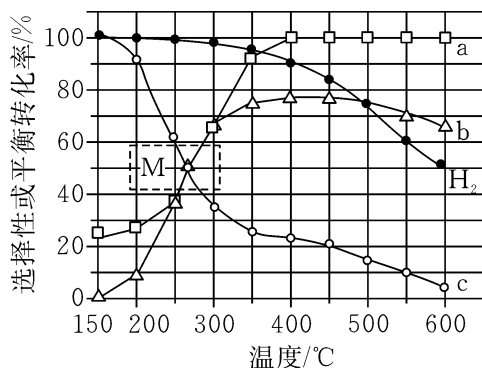


图 2

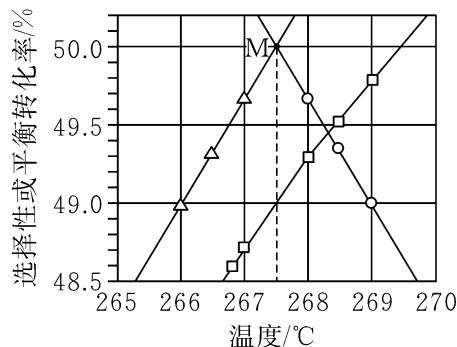


图 3

①表示 CH_4 选择性的曲线是_____ (填字母)。

②点 M 温度下, 反应 II 的 $K_p = \text{_____} (\text{kPa})^{-2}$ (列出计算式即可)。

③在 550°C 下达到平衡时, $n(\text{CO}) = \text{_____ mol}$ 。 $500 \sim 600^\circ\text{C}$, 随温度升高 H_2 平衡转化率下降的原因可能是_____。

6. (2025 · 广东卷 T19) (14 分) 钛单质及其化合物在航空、航天、催化等领域应用广泛。

(1) 基态 Ti 原子的价层电子排布式为_____。

(2) 298 K 下, 反应 $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{C}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{TiCl}_4(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$ 的 $\Delta H < 0, \Delta S > 0$, 则 298 K 下该反应_____ (填“能”或“不能”) 自发进行。

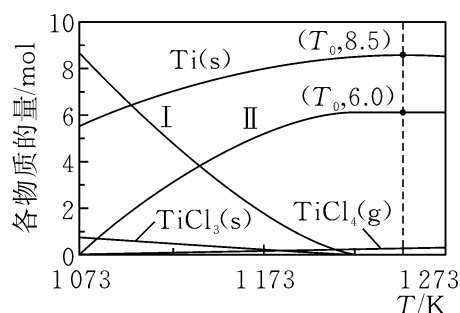
(3) 以 TiCl_4 为原料可制备 TiCl_3 。将 5.0 mol TiCl_4 与 10.0 mol Ti 放入容积为 $V_0\text{ L}$ 的恒容密闭容器中, 反应体系存在下表所示过程。

编号	过程	ΔH
(a)	$\text{Ti}(\text{s}) + \text{TiCl}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{TiCl}_2(\text{s})$	ΔH_1
(b)	$\text{TiCl}_2(\text{s}) + \text{TiCl}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{TiCl}_3(\text{g})$	$+200.1\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
(c)	$\text{Ti}(\text{s}) + 3\text{TiCl}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{TiCl}_3(\text{g})$	$+132.4\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
(d)	$\text{TiCl}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{TiCl}_3(\text{s})$	ΔH_2

① $\Delta H_1 = \text{_____} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

②不同温度下, 平衡时反应体系的组成如图。曲线 I 对应的物质为_____。

③温度 $T_0\text{ K}$ 下, $n[\text{TiCl}_4(\text{g})] = \text{_____ mol}$, 反应(c)的平衡常数 $K = \text{_____}$ (列出算式, 无须化简)。



(4) 钛基催化剂可以催化储氢物质肼(N_2H_4)的分解反应:



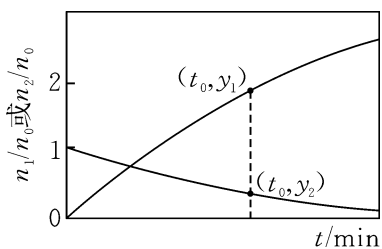
为研究某钛基催化剂对上述反应的影响, 以肼的水溶液为原料 (含 N_2H_4 的物质的量为 n_0), 进行实验, 得到 $n_1/n_0, n_2/n_0$ 随时间 t 变化的曲线如图。其中, n_1 为 H_2 与 N_2 的物质的量之和; n_2 为剩余 N_2H_4 的物质的量。

设 n_e 为 $0 \sim t\text{ min}$ 时间段内反应(e)消耗 N_2H_4 的物质的量, 该

时间段内, 本体系中催化剂的选择性用 $\frac{n_e}{n_0 - n_2} \times 100\%$ 表示。

① $0 \sim t_0\text{ min}$ 内, N_2H_4 的转化率为_____ (用含 y_2 的代数式表示)。

② $0 \sim t_0\text{ min}$ 内, 催化剂的选择性为_____ (用含 y_1 与 y_2 的代数式表示, 写出推导过程)。



10. (2025 · 江苏卷 T16) (15 分) 海洋出水铁质文物表面有凝结物, 研究其形成原理和脱氯方法对保护文物意义重大。

(1) 文物出水清淤后, 须尽快浸泡在稀 NaOH 或 Na_2CO_3 溶液中进行现场保护。

①玻璃中的 SiO_2 能与 NaOH 反应生成_____ (填化学式), 故不能使用带磨口玻璃塞的试剂瓶盛放 NaOH 溶液。

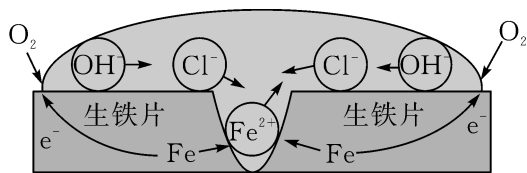
②文物浸泡在碱性溶液中比暴露在空气中能减缓吸氧腐蚀, 其原因为_____。

(2) 文物表面凝结物种类受文物材质和海洋环境等因素的影响。

①无氧环境中, 文物中的 Fe 与海水中的 SO_4^{2-} 在细菌作用下形成 FeS 等含铁凝结物。写出 Fe 与 SO_4^{2-} 反应生成 FeS 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的离子方程式:_____。

②有氧环境中, 海水中的铁质文物表面形成 FeOOH 等凝结物。

(i) 铁在盐水中腐蚀的可能原理如图所示。依据原理设计如下实验: 向 NaCl 溶液中加入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液 (能与 Fe^{2+} 形成蓝色沉淀) 和酚酞, 将混合液滴到生铁片上。预测该实验的现象为_____。



(ii) 铁的氢氧化物吸附某些阳离子形成带正电的胶粒, 是凝结物富集 Cl^- 的可能原因。

该胶粒的形成过程中, 参与的主要阳离子有_____ (填离子符号)。

(3) 为比较含氯 FeOOH 在 NaOH 溶液与蒸馏水中浸泡的脱氯效果, 请补充实验方案: 取一定量含氯 FeOOH 模拟样品, 将其分为两等份, _____,

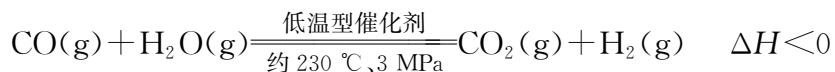
比较滴加 AgNO_3 溶液体积 [$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ 。实验须遵循节约试剂用量的原则, 必须使用的试剂: 蒸馏水、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ 溶液、 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液]。

11. (2025 · 江苏卷 T17) (17 分) 合成气 (CO 和 H_2) 是重要的工业原料气。

(1) 合成气制备甲醇: $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。 CO 的结构式为 $\text{C} \equiv \text{O}$, 估算该反应的 ΔH 需要_____ (填数字) 种化学键的键能数据。

(2) 合成气经“变换”“脱碳”获得纯 H_2 。

①合成气“变换”。向绝热反应器中通入 CO 、 H_2 和过量的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$:



催化作用受接触面积和温度等因素影响, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的比热容较大。 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 过量能有效防止催化剂活性下降, 其原因有_____。

②“脱碳”在钢制吸收塔中进行, 吸收液成分: 质量分数为 30% 的 K_2CO_3 吸收剂、 K_2CrO_4 (Cr 正价有 +3、+6) 缓蚀剂等。 K_2CO_3 溶液浓度偏高会堵塞设备, 导致堵塞的物质是_____ (填化学式)。 K_2CrO_4 减缓设备腐蚀的原理是_____。

(3) 研究 CH_4 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 与不同配比的铁铈载氧体 $\left[\frac{x}{2}\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (1-x)\text{CeO}_2, 0 \leq x \leq 1\right]$, Ce 是活

泼金属,正价有+3、+4]反应,气体分步制备原理示意如图1。相同条件下,先后以一定流速通入固定体积的CH₄、H₂O(g),依次发生的主要反应如下:

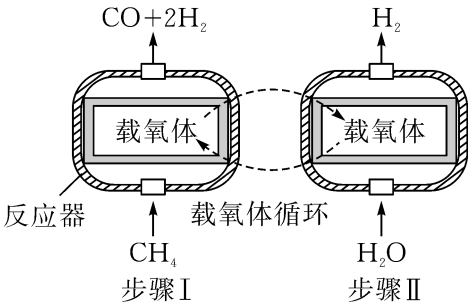
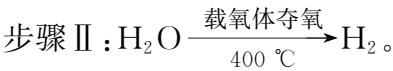
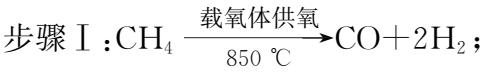


图1

①步骤Ⅰ中,产物气体体积分数与*x*的关系如图2,CH₄转化率、*n*(H₂)/*n*(CO)与*x*的关系如图3所示。*x*=0时,*n*(H₂)/*n*(CO)大于理论值2的可能原因有_____;

x=0.5时,通入标准状况下300 mL的CH₄至反应结束,CO的选择性= $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times$

100%=80%,则生成标准状况下CO和H₂的总体积为_____ mL。

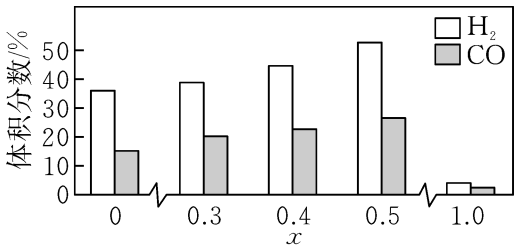


图2

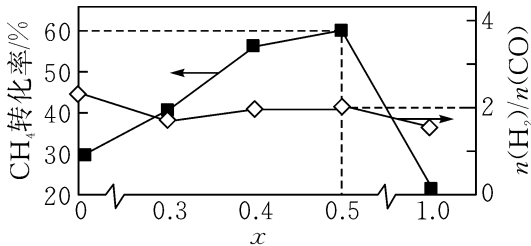


图3

②*x*=0.5时,新制载氧体、与CH₄反应后的载氧体的X射线衍射谱图如图4所示(X射线衍射用于判断某晶态物质是否存在,不同晶态物质出现衍射峰的衍射角不同)。步骤Ⅱ中,能与H₂O(g)反应的物质有_____ (填化学式)。

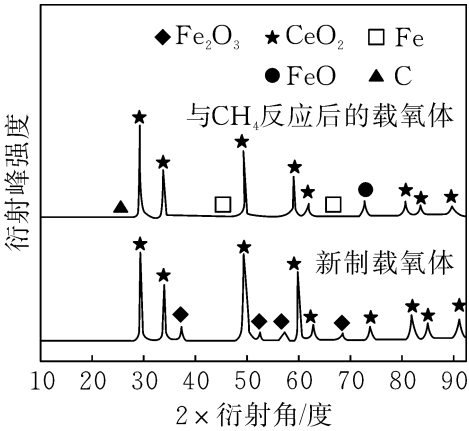


图4

③结合图示综合分析,步骤Ⅰ中Fe₂O₃的作用、气体分步制备的价值:_____。

12. (2025 · 甘肃卷 T17)(14 分)乙炔加氢是除去乙烯中少量乙炔杂质,得到高纯度乙烯的重要方法。该过程包括以下两个主要反应:



(1) $25^\circ\text{C}, 101 \text{ kPa}$ 时,反应 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \quad \Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)一定条件下,使用某含 Co 催化剂,在不同温度下测得乙炔转化率和产物选择性
 $\left(\frac{\text{指定产物的物质的量}}{\text{转化的乙炔的物质的量}} \right)$ 分别如图 1、2 所示(反应均未达到平衡)。

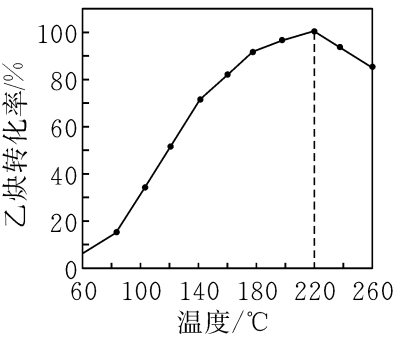


图 1

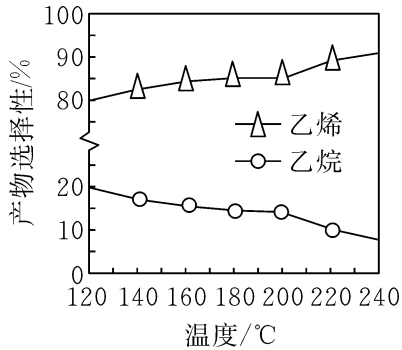


图 2

在 $60 \sim 220^\circ\text{C}$ 范围内,乙炔转化率随温度升高而增大的原因为 _____
 (任写一条),当温度由 220°C 升高至 260°C 时,乙炔转化率减小的原因可能为 _____。

在 $120 \sim 240^\circ\text{C}$ 范围内,反应 1 和反应 2 乙炔的转化速率大小关系为 v_1 _____ v_2 (填“>”“<”或“=”),理由为 _____。

(3)对于反应 1,反应速率 $v(\text{C}_2\text{H}_2)$ 与 H_2 浓度 $c(\text{H}_2)$ 的关系可用方程式 $v(\text{C}_2\text{H}_2) = k[c(\text{H}_2)]^a$ 表示(k 为常数)。 145°C 时,保持其他条件不变,测定了不同浓度时的反应速率(如表)。当 $v(\text{C}_2\text{H}_2) = 1.012 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, $c(\text{H}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

实验组	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$v(\text{C}_2\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$
一	4.60×10^{-3}	5.06×10^{-5}
二	1.380×10^{-2}	1.518×10^{-4}

(4)以 Pd/W 或 Pd 为催化剂,可在常温常压($25^\circ\text{C}, 101 \text{ kPa}$)下实现乙炔加氢,反应机理如图 3 所示(虚线为生成乙烷的路径)。以 _____ 为催化剂时,乙烯的选择性更高,原因为 _____。

(图中“*”表示吸附态;数值为生成相应过渡态的活化能)。

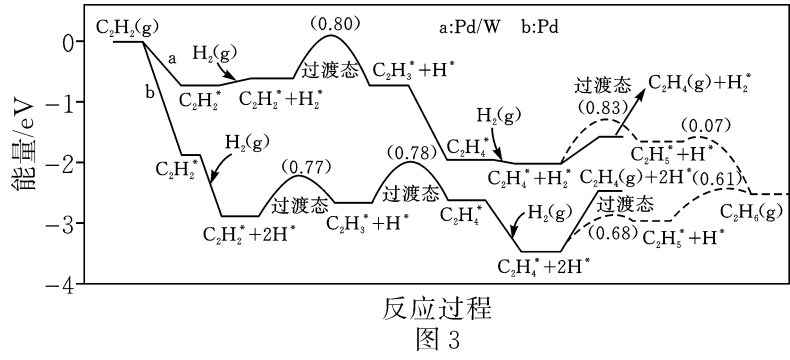
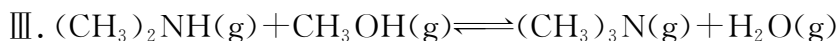
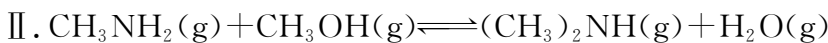
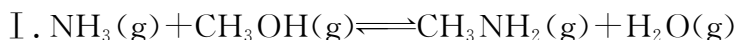


图 3

13. (2025·浙江1月卷T18)(12分)二甲胺 $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}]$ 、 N,N -二甲基甲酰胺 $[\text{HCON}(\text{CH}_3)_2]$ 均是用途广泛的化工原料。请回答:

(1)用氨和甲醇在密闭容器中合成二甲胺,反应方程式如下:



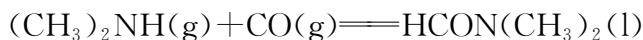
可改变甲醇平衡转化率的因素是_____。

A. 温度 B. 投料比 $[n(\text{NH}_3) : n(\text{CH}_3\text{OH})]$ C. 压强 D. 催化剂

(2)25℃下, $(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离常数为 K_b , $-\lg K_b = 3.2$,则 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2]^+ \text{Cl}^-$ 的水溶液的 $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

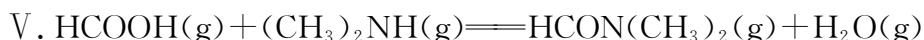
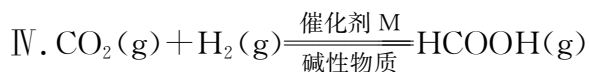
(3)在 $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2]^+ \text{Cl}^-$ 的有机溶液中电化学还原 CO_2 制备 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$,阴极上生成 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ 的电极反应方程式是_____。

(4)上述电化学方法产率不高,工业中常用如下反应生产 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$:



某条件下反应自发且熵减,则反应在该条件下 ΔH _____ 0(填“>”“<”或“=”)。

(5)有研究采用 CO_2 、 H_2 和 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ 催化反应制备 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ 。在恒温密闭容器中,投料比 $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) : n[(\text{CH}_3)_2\text{NH}] = 20 : 15 : 1$,催化剂M足量。反应方程式如下:

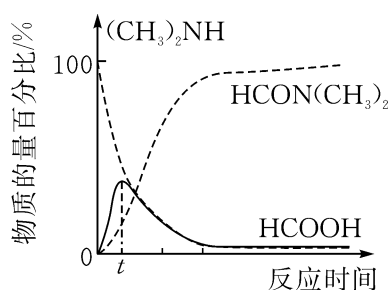


HCOOH 、 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ 、 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ 三种物质的物质的量百分比随反应时间变化如图所示。

例: HCOOH 的物质的量百分比 = $\frac{n(\text{HCOOH})}{n(\text{HCOOH}) + n[(\text{CH}_3)_2\text{NH}] + n[\text{HCON}(\text{CH}_3)_2]} \times 100\%$ 。

①请解释 HCOOH 的物质的量百分比随反应时间变化的原因(不考虑催化剂M活性降低或失活):_____。

②若用 SiH_4 代替 H_2 作为氢源与 CO_2 反应生成 HCOOH ,可以降低反应所需温度。请从化学键角度解释原因:_____。

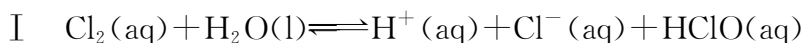


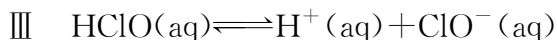
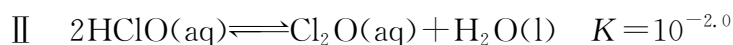
14. (2025·浙江6月卷T18)(12分)氯气、二氧化氯常用于漂白、杀菌,有重要的应用价值。请回答:

(1)下列措施中能提高新制饱和氯水中 HClO 浓度的是_____。

A. 加 NaCl 固体 B. 加水
C. 加 CaCO_3 粉末 D. 加足量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液

(2)氯气常用于自来水消毒。稀氯水中存在如下反应(不考虑其他反应):





$T_1^\circ\text{C}$ 时,在不同 pH 下,约 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯水中部分含氯微粒的平衡浓度对数值($\lg c$)如图 1 所示(溶液体积保持不变)。

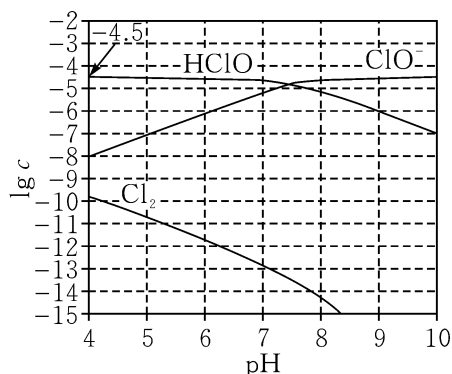


图 1

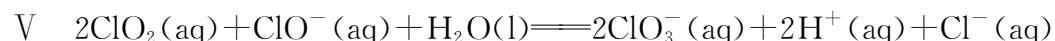
① Cl_2O 分子的空间构型是_____。

② 在 $\text{pH} = 4 \sim 9$ 之间, ClO^- 浓度增加,其最大来源是_____ (填含氯微粒符号)。

③ 该氯水中氯元素质量守恒表达式: $c(\text{Cl}^-) = c(\text{HClO})$ + _____。

④ 在图 1 中画出 $\text{pH} = 4 \sim 9$ 之间, $\lg c(\text{Cl}_2\text{O})$ 随 pH 的变化曲线。

(3) 某研究小组提出,商用 ClO_2 (常含杂质 Cl_2) 在水中易发生如下反应,影响自来水消毒效果。



ClO_2 中 Cl_2 含量对 ClO_2 反应初始速率 [$v_{\text{初始}}(\text{ClO}_2)$] 的影响如图 2 所示。实验条件: $T_2^\circ\text{C}$, ClO_2 初始浓度相同。

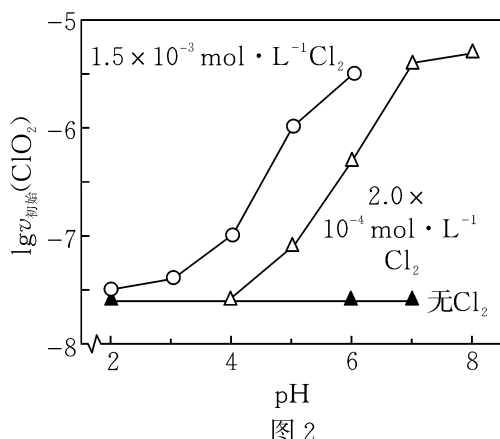
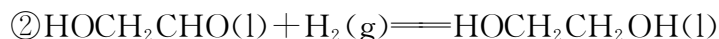
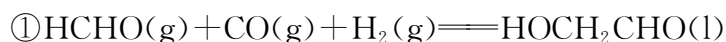


图 2

① Cl_2 的存在主要加快了反应_____ (填“IV”或“V”)。

② 指出改变 $v_{\text{初始}}(\text{ClO}_2)$ 的影响因素,并解释原因:_____。

15. (2025 · 四川卷 T18) (13 分) 乙二醇是一种应用广泛的化工原料。以甲醛和合成气($\text{CO} + \text{H}_2$) 为原料制备乙二醇,反应按如下两步进行:

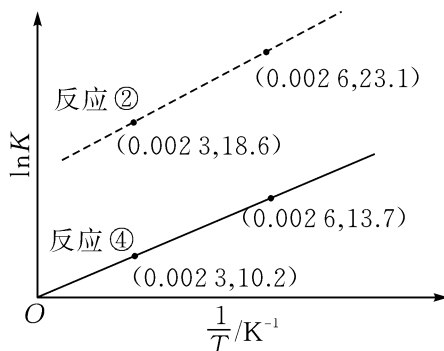


已知: $\Delta_f H_m$ 为物质生成焓,反应焓变 $\Delta H = \text{产物生成焓之和} - \text{反应物生成焓之和}$ 。相关物质的生成焓如下表所示。

物质	$\text{HCHO}(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$
$\Delta_f H_m / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-116	-111	0	-455

回答下列问题:

- (1) 生成乙二醇的总反应③, 其热化学方程式为 _____, ΔS _____ (填“>”“<”或“=”)0, 反应在 _____ (填“高温”或“低温”) 自发进行。
- (2) 恒压时, 合成气中 $n(\text{H}_2):n(\text{CO})$ 增大, HOCH_2CHO (羟基乙醛) 单位时间产率降低, 其原因是 _____。
- (3) 反应中伴随副反应④: $\text{HCHO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ 。平衡常数与温度之间满足关系 $\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + \text{常数}$, 反应②和④的 $\ln K$ 与 $\frac{1}{T}$ 的关系如图所示, 则 ΔH_2 _____ (填“>”“<”或“=”) ΔH_4 ; 欲抑制甲醇的生成, 应适当 _____ (填“升高”或“降低”) 反应温度, 理由是 _____。



- (4) 若反应在恒容密闭容器中进行, 溶剂中甲醛初始浓度为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
- ① 反应 5 h 后, 羟基乙醛、乙二醇、甲醇的产率分别为 38%、8%、10%, 则甲醛的平均消耗速率 $v =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。
- ② 溶剂中 H_2 和 CO 浓度分别保持为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $6.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 羟基乙醛、乙二醇、甲醇的平衡产率分别为 18%、34%、14%, 生成乙二醇的平衡常数 $K =$ _____ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{-3}$ (保留小数点后两位)。

16. (2025 · 湖南卷 T18) (15 分) 在温和条件下, 将 CO 转化为 C_4 烃类具有重要意义。采用电化学-化学串联催化策略可将 CO 高选择性合成 C_4H_{10} , 该流程示意图如图 1 所示:

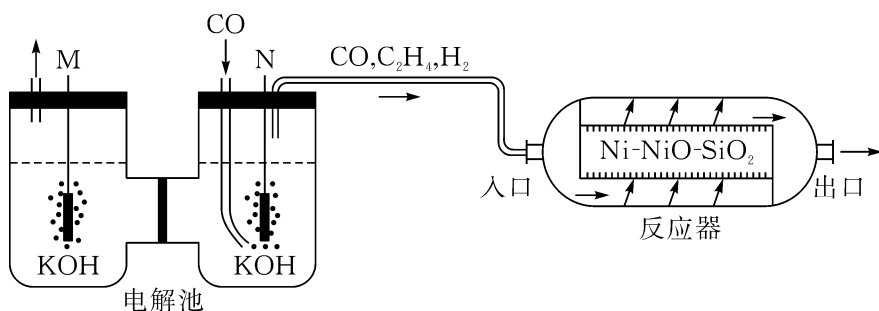
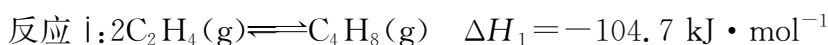


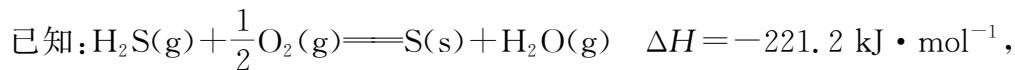
图 1

回答下列问题:

- (1) 电解池中电极 M 与电源的 _____ 极相连。
- (2) CO 放电生成 C_2H_4 的电极反应式为 _____。
- (3) 在反应器中, 发生如下反应:



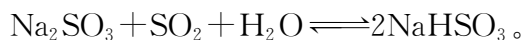
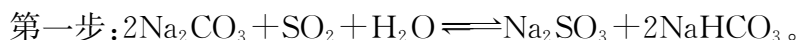
(1)制 SO_2



由 H_2S 制 SO_2 的热化学方程式为_____。

(2)制 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

I. 在多级串联反应釜中, Na_2CO_3 悬浊液与持续通入的 SO_2 进行如下反应:



II. 当反应釜中溶液 pH 达到 3.8~4.1 时, 形成的 NaHSO_3 悬浊液转化为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 固体。

① II 中生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 的化学方程式是_____。

② 配碱槽中, 母液和过量 Na_2CO_3 配制反应液, 发生反应的化学方程式是_____。

③ 多次循环后, 母液中逐渐增多的杂质离子是_____, 需除去。

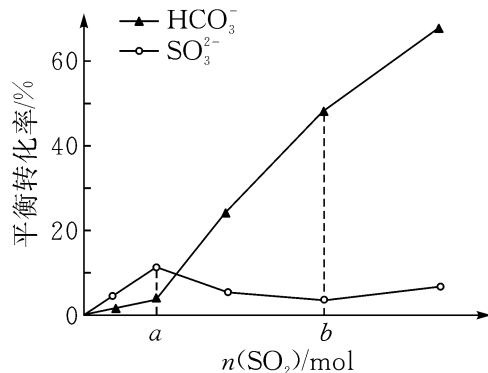
④ 尾气吸收器中, 吸收的气体有_____。

(3) 理论研究 Na_2SO_3 、 NaHCO_3 与 SO_2 的反应。一定温

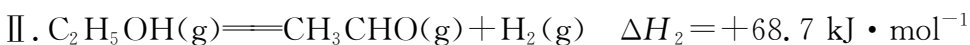
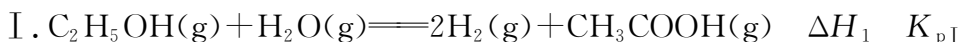
度时, 在 1 L 浓度均为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_3 和 NaHCO_3 的混合溶液中, 随 $n(\text{SO}_2)$ 的增加, SO_3^{2-} 和 HCO_3^- 平衡转化率的变化如图所示。

① $0 \sim a \text{ mol}$, 与 SO_2 优先反应的离子是_____。

② $a \sim b \text{ mol}$, HCO_3^- 的平衡转化率上升而 SO_3^{2-} 的平衡转化率下降, 结合方程式解释原因:_____。



18. (2025 · 云南卷 T17) (15 分) 我国科学家研发出一种乙醇(沸点 78.5°C)绿色制氢新途径, 并实现高附加值乙酸(沸点 118°C)的生产, 主要反应如下:



回答下列问题:

(1) 乙醇可由秸秆生产, 主要过程为秸秆 $\xrightarrow{\text{预处理}}$ 纤维素 $\xrightarrow{\text{水解}}$ _____ $\xrightarrow{\text{发酵}}$ 乙醇。

(2) 对于反应 I:

① 已知 $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g}) \quad \Delta H = -24.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\Delta H_1 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② 一定温度下, 下列叙述能说明恒容密闭容器中反应达到平衡状态的是_____ (填序号)。

A. 容器内的压强不再变化

B. 混合气体的密度不再变化

C. CH_3COOH 的体积分数不再变化

D. 单位时间内生成 $1 \text{ mol H}_2\text{O}$, 同时消耗 2 mol H_2

③反应后从混合气体分离得到 H_2 , 最适宜的方法为_____。

(3)恒压 100 kPa 下, 向密闭容器中按 $n(\text{H}_2\text{O}):n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=9:1$ 投料, 产氢速率和产物的

选择性 $\left[\text{例如: 乙酸选择性} = \frac{n(\text{生成的乙酸})}{n(\text{转化的乙醇})} \times 100\% \right]$ 随温度变化关系如图 1, 关键步骤中间体的能量变化如图 2。

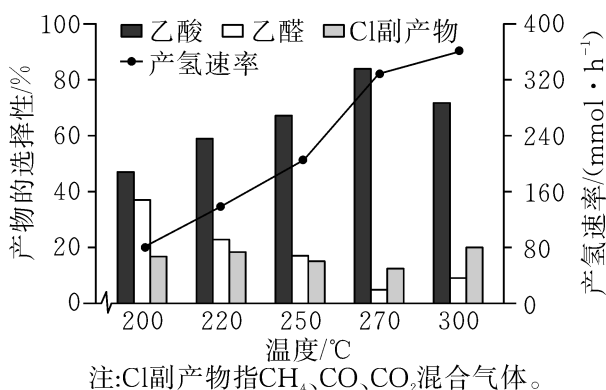


图 1

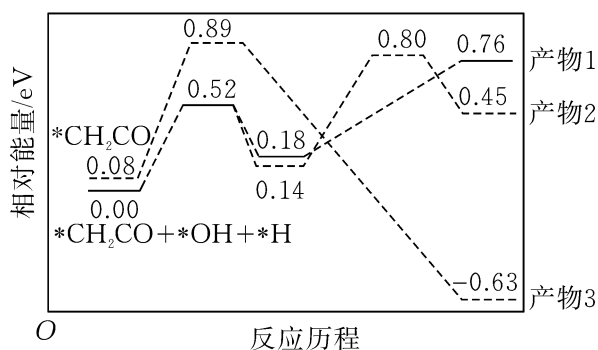


图 2

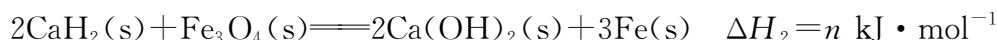
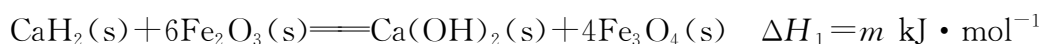
①由图 1 可知, 反应 I 最适宜的温度为 270°C , 原因为_____。

②由图中信息可知, 乙酸可能是_____ (填“产物 1”“产物 2”或“产物 3”)。

③ 270°C 时, 若该密闭容器中只发生反应 I、II, 平衡时乙醇的转化率为 90% , 乙酸的选择性为 80% , 则 $p(\text{CH}_3\text{COOH}):p(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=_____$, 平衡常数 $K_{pI}=_____ \text{ kPa}$ (列出计算式即可; 用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压 = 总压 $\times$ 物质的量分数)。

19. (2025 · 湖北卷 T19) (14 分) $\text{CaH}_2(\text{s})$ 粉末可在较低温度下还原 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 。回答下列问题:

(1) 已知一定温度下:



则 $3\text{CaH}_2(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 3\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{Fe}(\text{s})$ 的 $\Delta H_3 = _____ \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用 m 和 n 表示)。

(2) 图 1 分别是 260°C 、 280°C 和 300°C 下 $\text{CaH}_2(\text{s})$ 还原 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 过程中反应体系电阻 $R(\Omega)$ 随反应时间 $t(\text{h})$ 变化的曲线, 可用_____ (填序号) 表示反应的快慢。

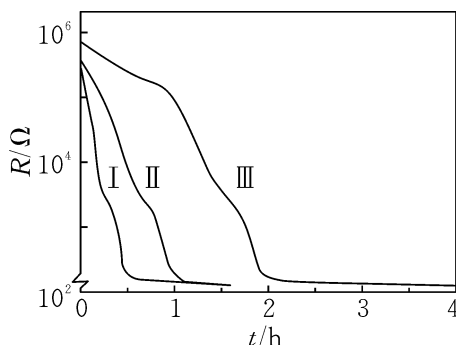


图 1

a. $\frac{R}{t}$

b. $-\frac{\Delta R}{t}$

c. $\frac{R}{\Delta t}$

d. $-\frac{\Delta R}{\Delta t}$

(3)图 1 中曲线_____ (填“Ⅰ”“Ⅱ”或“Ⅲ”)对应的反应温度最高。

(4)研究发现 $\text{CaH}_2(\text{s})$ 对 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 的还原性主要来自其产生的 H_2 。一般认为 H_2 在 Fe_2O_3 表面被氧化成 H_2O 有两种可能途径,图 2、图 3 是理论计算得到的相对能量变化图(TS 表示过渡态),据此推测途径_____ (填“a”或“b”)是主要途径。

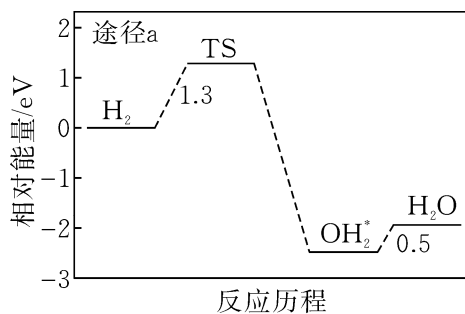


图 2

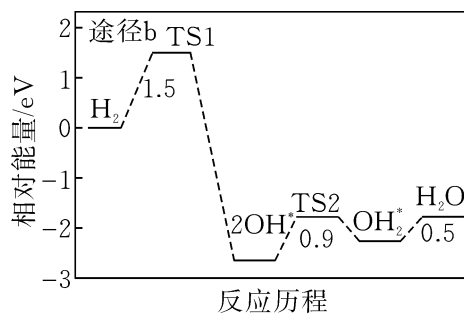
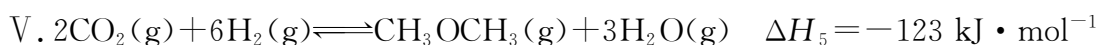
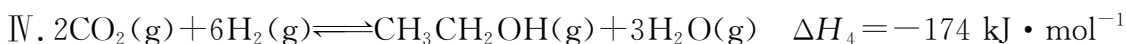
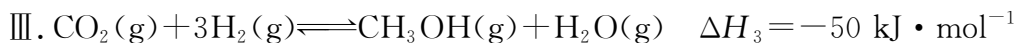
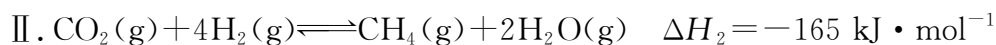
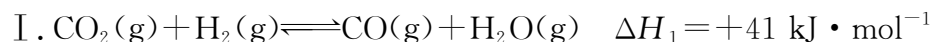


图 3

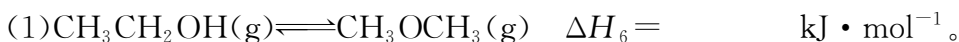
(5) $\text{CaH}_2(\text{s})$ 产生 H_2 的可能反应:① $\text{CaH}_2(\text{s})=\text{Ca}(\text{s})+\text{H}_2(\text{g})$ 或② $\text{CaH}_2(\text{s})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})+2\text{H}_2(\text{g})$ 。将 $\text{CaH}_2(\text{s})$ 放在含微量水的 N_2 气流中,在 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 的升温过程中固体质量一直增加,由此可断定 H_2 的来源之一是反应_____ (填“①”或“②”)。若要判断另一个反应是否是 H_2 的来源,必须进行的实验是_____。

(6)已知 $3\text{H}_2(\text{g})+\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})\rightleftharpoons 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})+2\text{Fe}(\text{s})$ 。研究表明,在相同温度下,用 $\text{CaH}_2(\text{s})$ 还原 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 比直接用 $\text{H}_2(\text{g})$ 还原更有优势,从平衡移动原理的角度解释原因:_____。

20. (2025·江西卷 T17) CO_2 与 H_2 通过催化转化为高附加值化学品,是实现“双碳”目标的途径之一。相关反应体系及其热力学数据(298 K 、 p^θ)如下:



回答下列问题:



(2)反应Ⅰ的机理包括 3 种路径(主要步骤如图 1),在 A 路径中,决速步骤的能垒是_____ eV,反应Ⅰ的最优路径是_____ (填序号)。

(3)某课题组模拟了 CO_2 加氢在不同温度下的平衡组分(如图 2)。保持总压为 $5\times 10^3\text{ kPa}$,温度为 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,主要含碳产物是_____,计算 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 时相关反应的平衡常数 $K_p=\text{_____}(\text{kPa})^{-4}$ 。

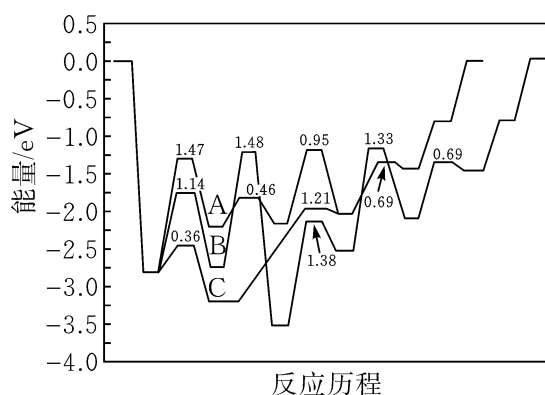


图 1

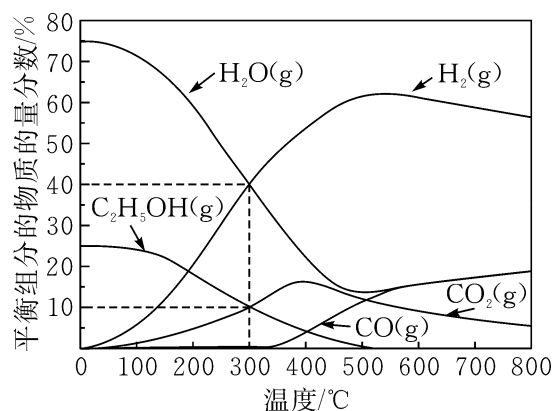


图 2

(4) 反应 I 某路径的主要步骤如下(其中“*”表示吸附态):

- ① $\text{CO}_2(\text{g}) + * \longrightarrow \text{CO}_2^*$
- ② $\text{H}_2(\text{g}) + * + * \longrightarrow 2\text{H}^*$
- ③ $\text{CO}_2^* + * \longrightarrow \text{CO}^* + \text{O}^*$
- ④ $\text{O}^* + \text{H}^* \rightleftharpoons \text{OH}^* + *$
- ⑤ $\text{OH}^* + \text{OH}^* \longrightarrow \text{H}_2\text{O}^* + \text{O}^*$
- ⑥ $\text{CO}^* \longrightarrow * + \text{CO}(\text{g})$
- ⑦ $\text{H}_2\text{O}^* \longrightarrow * + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

写出与第⑤步竞争的基元反应:_____。

(5) 通过对 ZrO_2 负载 Rh 的单原子催化剂进行掺杂, 可调控催化剂选择性生成 CH_4 或 CO , 其示意图如图 3:

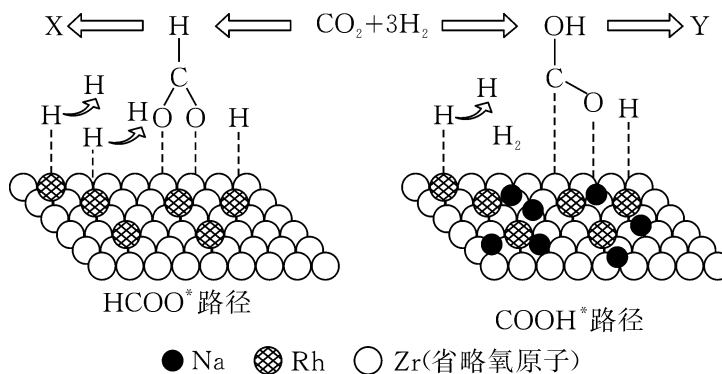


图 3

① 写出 Y 的化学式:_____。

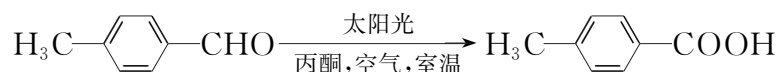
② 依据示意图, 掺杂 Na^+ 的催化剂可以提高 Y 的选择性, 其原因是_____。

专题十五 化学综合实验

题组1 制备类综合实验

1. (2025·辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T17)(13分)某实验小组采用如下方案实现了对甲基苯甲酸的绿色制备。

反应：

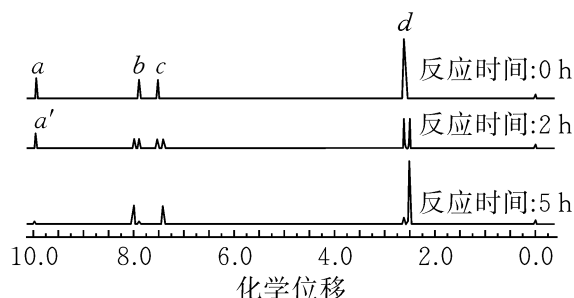


步骤：

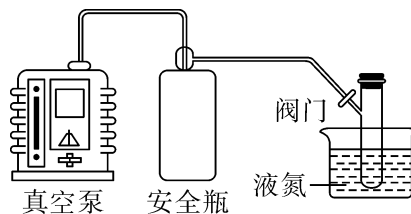
- I. 向反应管中加入 0.12 g 对甲基苯甲醛和 1.0 mL 丙酮,光照,连续监测反应进程。
- II. 5 h 时,监测结果显示反应基本结束,蒸去溶剂丙酮,加入过量稀 NaOH 溶液,充分反应后,用乙酸乙酯洗涤,弃去有机层。
- III. 用稀盐酸调节水层 pH=1 后,再用乙酸乙酯萃取。
- IV. 用饱和食盐水洗涤有机层,无水 Na_2SO_4 干燥,过滤,蒸去溶剂,得到目标产物。

回答下列问题：

- (1)相比 KMnO_4 作氧化剂,该制备反应的优点为_____、_____ (答出两条即可)。
- (2)根据反应液的核磁共振氢谱(已去除溶剂 H 的吸收峰,谱图中无羧基 H 的吸收峰)监测反应进程如图所示。已知峰面积比 $a:b:c:d=1:2:2:3$, $a:a'=2:1$ 。反应 2 h 时,对甲基苯甲醛的转化率约为_____%。



- (3)步骤 II 中使用乙酸乙酯洗涤的目的是_____。
- (4)步骤 III 中反应的离子方程式为_____。
- (5)用同位素示踪法确定产物中羧基 O 的来源。丙酮易挥发,为保证 $^{18}\text{O}_2$ 气氛,通 $^{18}\text{O}_2$ 前,需先使用“循环冷冻脱气法”排出装置中(空气中和溶剂中)的 $^{16}\text{O}_2$ (如图所示),操作顺序为:①→②→_____→_____→_____ (填序号),重复后四步操作数次。

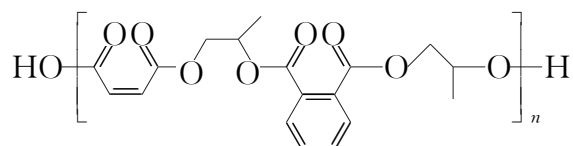


- ①关闭阀门 ②用液氮冷冻反应液 ③打开阀门抽气 ④反应液恢复室温

同位素示踪结果如表所示,则目标产物中羧基 O 来源于醛基和_____。

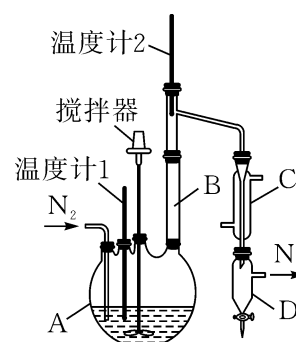
反应条件	质谱检测目标产物的相对分子质量
太阳光, $^{18}\text{O}_2$, 室温, CH_3COCH_3 , 5 h	138
太阳光, 空气, 室温, $\text{CH}_3\text{C}^{18}\text{OCH}_3$, 5 h	136

2. (2025 · 山东卷 T18) (12 分) 如下不饱和聚酯可用于制备玻璃钢。



实验室制备该聚酯的相关信息如表所示, 装置示意图如图所示(加热及夹持装置略):

原料	结构简式	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$
顺丁烯二酸酐		52.6	202.2
邻苯二甲酸酐		130.8	295.0
1,2-丙二醇		-60.0	187.6



实验过程:

①在装置 A 中加入上述三种原料, 缓慢通入 N_2 。搅拌下加热, 两种酸酐分别与 1,2-丙二醇发

生醇解反应, 主要生成 $\text{HO}-\text{C}(\text{O})=\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{OH}$ 和 $\text{HO}-\text{C}(\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{OH}$ 。然后逐步升温至

190~200 $^{\circ}\text{C}$, 醇解产物发生缩聚反应生成聚酯。

②缩聚反应后期, 每隔一段时间从装置 A 中取样并测量其酸值, 直至酸值达到聚合度要求(酸值: 中和 1 克样品所消耗 KOH 的毫克数)。

回答下列问题:

(1)理论上, 原料物质的量投料比 $n(\text{顺丁烯二酸酐}):n(\text{邻苯二甲酸酐}):n(1,2\text{-丙二醇})=$ _____。

(2)装置 B 的作用是 _____; 仪器 C 的名称是 _____; 反应过程中, 应保持温度计 2 示数处于一定范围, 合理的是 _____ (填序号)。

A. 55~60 $^{\circ}\text{C}$

B. 100~105 $^{\circ}\text{C}$

C. 190~195 $^{\circ}\text{C}$

(3)为测定酸值, 取 a g 样品配制 250.00 mL 溶液, 移取 25.00 mL 溶液, 用 c mol $\cdot$ L $^{-1}$ KOH-乙醇标准溶液滴定至终点, 重复实验, 数据如下:

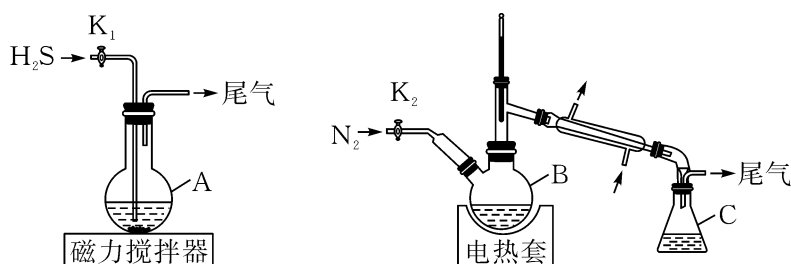
序号	1	2	3	4	5
滴定前读数/mL	0.00	24.98	0.00	0.00	0.00
滴定后读数/mL	24.98	49.78	24.10	25.00	25.02

应舍弃的数据为_____ (填序号);测得该样品的酸值为_____ (用含 a 、 c 的代数式表示)。若测得酸值高于聚合度要求,可采取的措施为_____ (填序号)。

A. 立即停止加热 B. 排出装置 D 内的液体 C. 增大 N_2 的流速

(4) 实验中未另加催化剂的原因是_____。

3. (2025 · 河北卷 T15) (15 分) 氢碘酸常用于合成碘化物。某化学兴趣小组用如图装置(夹持装置等略)制备氢碘酸。



步骤如下:

- 在 A 中加入 150 mL H_2O 和 127 g I_2 , 快速搅拌, 打开 K_1 通入 H_2S , 反应完成后, 关闭 K_1 , 静置、过滤得滤液;
- 将滤液转移至 B 中, 打开 K_2 通入 N_2 , 接通冷凝水, 加热保持微沸, 直至 H_2S 除尽;
- 继续加热蒸馏, C 中收集沸点为 125 ~ 127 $^{\circ}C$ 间的馏分, 得到 117 mL 氢碘酸(密度为 $1.7 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, HI 质量分数为 57%)。

回答下列问题:

- 仪器 A 的名称: _____, 通入 H_2S 发生反应的化学方程式: _____。
- 步骤 i 中快速搅拌的目的: _____ (填序号)。
 - 便于产物分离
 - 防止暴沸
 - 防止固体产物包覆碘
- 步骤 i 中随着反应的进行, 促进碘溶解的原因: _____ (用离子方程式表示)。
- 步骤 ii 中的尾气常用 _____ (填化学式) 溶液吸收。
- 步骤 ii 实验开始时的操作顺序: 先通入 N_2 , 再加热; 步骤 iii 实验结束时相对应的操作顺序: _____。
- 列出本实验产率的计算表达式: _____。
- 氢碘酸见光易分解, 易被空气氧化, 应保存在 _____。

4. (2025 · 安徽卷 T16) (14 分) 侯氏制碱法以 $NaCl$ 、 CO_2 和 NH_3 为反应物制备纯碱。某实验小组在侯氏制碱法基础上, 以 $NaCl$ 和 NH_4HCO_3 为反应物, 在实验室制备纯碱, 步骤如下:

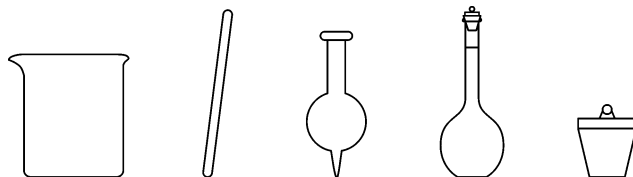
- ① 配制饱和食盐水;
- ② 在水浴加热下, 将一定量研细的 NH_4HCO_3 加入饱和食盐水中, 搅拌, 使 NH_4HCO_3 溶解,

静置,析出 NaHCO_3 晶体;

③将 NaHCO_3 晶体减压过滤、煅烧,得到 Na_2CO_3 固体。

回答下列问题:

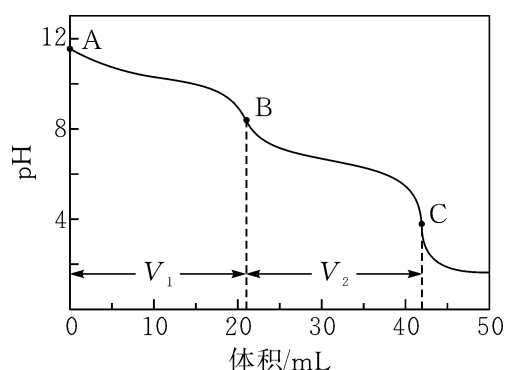
(1)步骤①中配制饱和食盐水,下列仪器中需要使用的有_____ (填名称)。



(2)步骤②中 NH_4HCO_3 需研细后加入,目的是_____。

(3)在实验室使用 NH_4HCO_3 代替 CO_2 和 NH_3 制备纯碱,优点是_____。

(4)实验小组使用滴定法测定了产品的成分。滴定过程中溶液的 pH 随滴加盐酸体积变化的曲线如图所示。



i. 到达第一个滴定终点 B 时消耗盐酸 V_1 mL,到达第二个滴定终点 C 时又消耗盐酸 V_2 mL。 $V_1=V_2$,所得产品的成分为_____ (填序号)。

a. Na_2CO_3 b. NaHCO_3 c. Na_2CO_3 和 NaHCO_3 d. Na_2CO_3 和 NaOH

ii. 到达第一个滴定终点前,某同学滴定速度过快,摇动锥形瓶不均匀,致使滴入盐酸局部过浓。该同学所记录的 V_1' _____ V_1 (填“>”“<”或“=”)。

(5)已知常温下 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的溶解度分别为 30.7 g 和 10.3 g。向饱和 Na_2CO_3 溶液中持续通入 CO_2 气体会产生 NaHCO_3 晶体。实验小组进行相应探究(如表):

实验	操作	现象
a	将 CO_2 匀速通入置于烧杯中的 20 mL 饱和 Na_2CO_3 溶液,持续 20 min,消耗 600 mL CO_2	无明显现象
b	将 20 mL 饱和 Na_2CO_3 溶液注入充满 CO_2 的 500 mL 矿泉水瓶中,密闭,剧烈摇动矿泉水瓶 1~2 min,静置	矿泉水瓶变瘪,3 min 后开始有白色晶体析出

i. 实验 a 无明显现象的原因是_____。

ii. 析出的白色晶体可能同时含有 NaHCO_3 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。称取 0.42 g 晾干后的白色晶体,加热至质量不再改变,将产生的气体依次通过足量的无水 CaCl_2 和 NaOH 溶液, NaOH 溶液的质量增加 0.088 g,则白色晶体中 NaHCO_3 的质量分数为_____。

5. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T15)(15 分)某实验室制备糖精钴 $[\text{Co}(\text{Sac})_2(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 并测定其结晶水含量。

已知: Sac^- 表示糖精根离子,其摩尔质量为 $182\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;糖精钴的溶解度在热水中较大,在冷水中较小;丙酮沸点为 $56\text{ }^\circ\text{C}$,与水互溶。



(一)制备

- I. 称取 $1.0\text{ g CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,加入 18 mL 蒸馏水,搅拌溶解,得溶液 1。
- II. 称取 2.6 g (稍过量)糖精钠($\text{NaSac} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),加入 10 mL 蒸馏水,加热搅拌,得溶液 2。
- III. 将溶液 2 加入接近沸腾的溶液 1 中,反应 3 分钟后停止加热,静置,冷却结晶。
- IV. 过滤,依次用三种不同试剂洗涤晶体,晾干得产品。

回答下列问题:

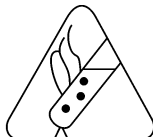
- (1) I 和 II 中除烧杯外,还需用到的玻璃仪器有_____ (写出两种即可)。
- (2) III 中静置过程有少量晶体出现时,可将烧杯置于_____中,以使大量晶体析出。
- (3) IV 中用①丙酮、②冷水、③冷的 $1\% \text{ NaSac}$ 溶液洗涤晶体,正确的顺序为_____。
A. ①③② B. ③②① C. ②①③
- (4) IV 中为了确认氯离子已经洗净,取水洗时的最后一次滤液于试管中,_____ (将实验操作、现象和结论补充完整)。
- (5) 与本实验安全注意事项有关的图标有_____。



A. 护目镜



B. 洗手



C. 热烫



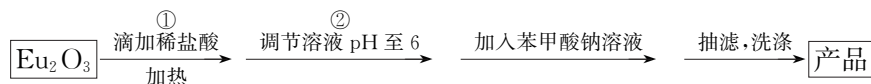
D. 锐器

(二)结晶水含量测定

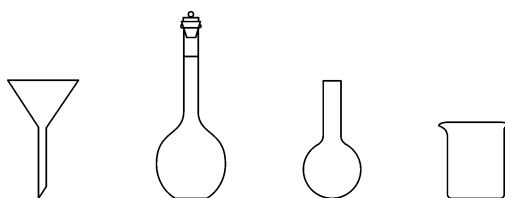
EDTA 和 Co^{2+} 形成 $1:1$ 配合物。准确称取 $m\text{ g}$ 糖精钴产品于锥形瓶中,加蒸馏水,加热溶解,再加入缓冲溶液和指示剂,在 $50\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 下,用 $c\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EDTA 标准溶液滴定。

- (6) 下列操作的正确顺序为_____ (用字母排序)。
a. 用标准溶液润洗滴定管
b. 加入标准溶液至“0”刻度以上 $2\sim 3\text{ mL}$ 处
c. 检查滴定管是否漏水并清洗
d. 赶出气泡,调节液面,准确记录读数
- (7) 滴定终点时消耗标准溶液 $V\text{ mL}$,则产品 $[\text{Co}(\text{Sac})_2(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 中 x 的测定值为_____ (用含 m 、 c 、 V 的代数式表示);若滴定前滴定管尖嘴处无气泡,滴定后有气泡,会导致 x 的测定值_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

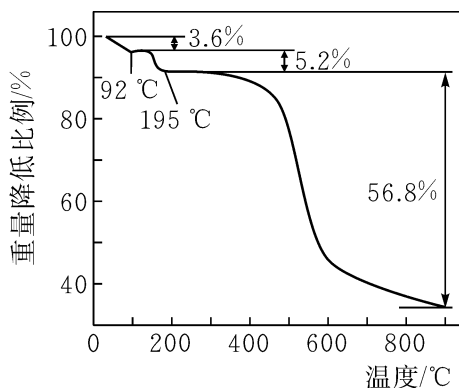
6. (2025 · 甘肃卷 T15) (14 分) 某小组按如下流程由稀土氧化物 Eu_2O_3 和苯甲酸钠制备配合物 $\text{Eu}(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 并通过实验测定产品纯度和结晶水个数 (杂质受热不分解)。已知 Eu^{3+} 在碱性溶液中易形成 $\text{Eu}(\text{OH})_3$ 沉淀。 $\text{Eu}(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 在空气中易吸潮, 加强热时分解生成 Eu_2O_3 。



- (1) 步骤①中, 加热的目的为_____。
- (2) 步骤②中, 调节溶液 pH 时需搅拌并缓慢滴加 NaOH 溶液, 目的为_____;
pH 接近 6 时, 为了防止 pH 变化过大, 还应采取的操作为_____。
- (3) 如图所示玻璃仪器中, 配制一定物质的量浓度的苯甲酸钠溶液所需的仪器名称为_____。



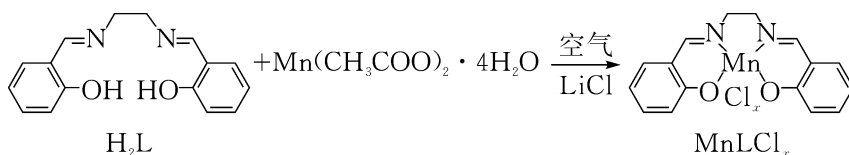
- (4) 准确称取一定量产品, 溶解于稀硝酸中, 萃取生成的苯甲酸, 蒸去有机溶剂, 加入一定量的 NaOH 标准溶液, 滴入 1~2 滴酚酞溶液, 用 HCl 标准溶液滴定剩余的 NaOH 。滴定终点的现象为_____。
实验所需的指示剂不可更换为甲基橙, 原因为_____。
- (5) 取一定量产品进行热重分析, 每个阶段的重量降低比例数据如图所示, $0 \sim 92^\circ\text{C}$ 范围内产品质量减轻的原因为_____。结晶水个数 $x =$ _____
[$M(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-) = 121$, 结果保留两位有效数字]。



7. (2025 · 四川卷 T16) (14 分) 双水杨醛缩乙二胺 (H_2L , $M_r = 268$) 的锰配合物 (MnLCl_x) 常用作有机氧化反应的催化剂。某化学课外小组制备了该配合物并确定其组成。

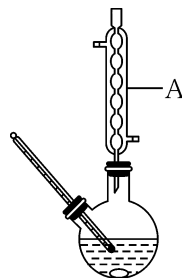
I. MnLCl_x 配合物的制备

制备原理:



实验步骤:

实验装置如图所示(省略夹持和加热等装置)。将反应物用乙醇溶解,在空气中,65~70℃反应30分钟。反应结束后,经冷却、结晶、过滤、洗涤、干燥,获得产物。

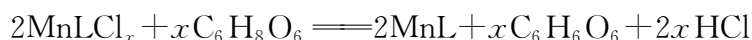


II. MnLCl_x 配合物中 x 的测定

①移取 20.00 mL $3.5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 MnLCl_x 溶液置于锥形瓶中,加入 10.00 mL $0.03000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的维生素 C($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)溶液充分混合,放置 3~4 分钟。

②往上述锥形瓶中加入 5 滴 1% 的淀粉溶液,立即用 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 I_2 标准溶液滴定至终点。平行测定三次,消耗标准溶液的平均体积为 20.20 mL。

上述测定过程所涉及的反应如下:



回答下列问题:

(1)制备过程中,仪器 A 的名称是_____,最适宜的加热方式为_____ (填序号)。

- a. 酒精灯 b. 水浴 c. 油浴

(2)制备过程中,空气的作用是_____。

(3)步骤①中,“10.00 mL 维生素 C 溶液”应用_____ (填序号)量取。

- a. 烧杯 b. 量筒 c. 移液管

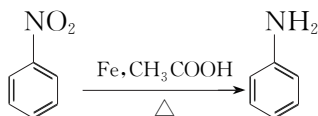
(4)步骤①中,加入维生素 C 溶液后,“放置 3~4 分钟”,时间不宜过长的原因是_____。

(5)步骤②中, I_2 标准溶液应置于_____ (填“酸式”或“碱式”)滴定管;滴定接近终点时,加入半滴 I_2 标准溶液的操作过程是_____。

(6)若滴定时过量,将引起测定结果_____ (填“偏大”“偏小”或“不变”)。

(7)根据实验数据, MnLCl_x 中 $x =$ _____ (保留整数)。

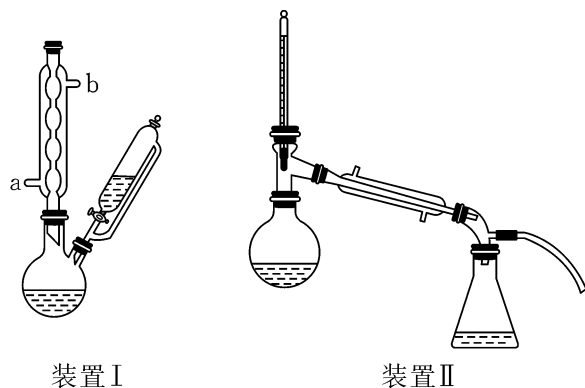
8. (2025·湖南卷 T15) (14 分)苯胺是重要的有机化工原料,其实验室制备原理如下:



相关信息如下表:

物质	相对分子质量	熔点/℃	沸点/℃	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	溶解性
硝基苯	123	5.9	210.9	1.20	不溶于水,易溶于乙醚
苯胺	93	-6.3	184.0	1.02	微溶于水,易溶于乙醚
乙酸	60	16.6	117.9	1.05	与水互溶
乙醚	74	-116.3	34.5	0.71	微溶于水

反应装置 I 和蒸馏装置 II (加热、夹持等装置略) 如下图:

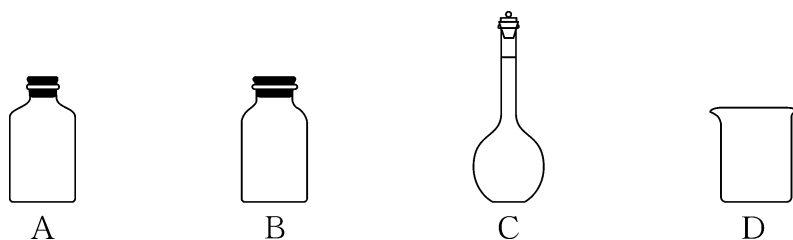


实验步骤为：

- ①向装置 I 双颈烧瓶中加入 13.5 g 铁粉、25.0 mL 水及 1.50 mL 乙酸，加热煮沸 10 min。
- ②稍冷后，通过恒压滴液漏斗缓慢滴入 8.20 mL 硝基苯(0.08 mol)，再加热回流 30 min。
- ③将装置 I 改成水蒸气蒸馏装置，蒸馏收集苯胺-水馏出液。
- ④将苯胺-水馏出液用 NaCl 饱和后，转入分液漏斗静置分层，分出有机层；水层用乙醚萃取，分出醚层；合并有机层和醚层，用粒状氢氧化钠干燥，得到苯胺醚溶液。
- ⑤将苯胺醚溶液加入圆底烧瓶(装置 II)，先蒸馏回收乙醚，再蒸馏收集 180~185 °C 馏分，得到 5.58 g 苯胺。

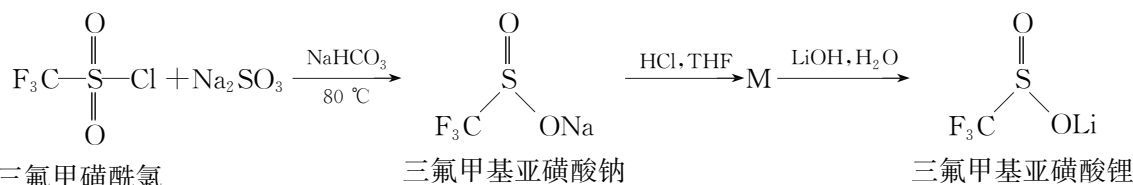
回答下列问题：

- (1)实验室保存硝基苯的玻璃容器是_____ (填序号)。



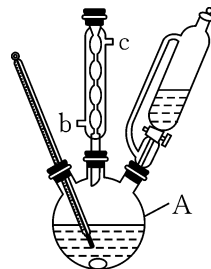
- (2)装置 I 中冷凝管的进水口为_____ (填“a”或“b”)。
- (3)步骤④中将苯胺-水馏出液用 NaCl 饱和的原因是_____。
- (4)步骤④中第二次分液，醚层位于_____ (填“上”或“下”)层。
- (5)蒸馏回收乙醚时，锥形瓶需冰水浴的原因是_____；
回收乙醚后，需要放出冷凝管中的冷凝水再蒸馏，这样操作的原因是_____。
- (6)下列说法正确的是_____ (填序号)。
- A. 缓慢滴加硝基苯是为了减小反应速率
 - B. 蒸馏时需加沸石，防止暴沸
 - C. 用红外光谱不能判断苯胺中是否含有硝基苯
 - D. 蒸馏回收乙醚，无需尾气处理
- (7)苯胺的产率为_____。

9. (2025 · 云南卷 T16) (14 分) 三氟甲基亚磺酸锂($M_r = 140$)是我国科学家通过人工智能设计开发的一种锂离子电池补锂剂，其合成原理如下：



实验步骤如下：

- I. 向 A 中加入 3.5 g NaHCO_3 、5.2 g Na_2SO_3 和 20.0 mL 蒸馏水，搅拌下逐滴加入 2.1 mL (3.3 g) 三氟甲磺酰氯 ($M_r = 168.5$)，有气泡产生 (装置如图，夹持及加热装置省略)。80 $^\circ\text{C}$ 下反应 3 h 后，减压蒸除溶剂得浅黄色固体。
- II. 向上述所得固体中加入 10.0 mL 四氢呋喃 (THF)，充分搅拌后，加入无水 Na_2SO_4 ，振荡，抽滤、洗涤。将所得滤液减压蒸除 THF，得黏稠状固体。加入适量乙醇进行重结晶。
- III. 将所得三氟甲基亚磺酸钠和 3.0 mL THF 加入圆底烧瓶中，搅拌溶解后逐滴加入足量浓盐酸，析出白色固体。抽滤、洗涤。
- IV. 将滤液转入圆底烧瓶中，加入 2.0 mL 蒸馏水和过量 LiOH。室温搅拌反应 1 h 后，减压蒸除溶剂，得粗产品。加入适量乙醇进行重结晶，得产品 1.1 g。



已知：THF 是一种有机溶剂，与水任意比互溶。

回答下列问题：

- (1) 仪器 A 的名称为_____，冷凝管中冷却水应从_____ (填“b”或“c”)口通入。
- (2) 步骤 I 反应中有气泡产生，其主要成分为_____。
- (3) 步骤 II 中第一次洗涤的目的是_____。
- (4) 步骤 III 中发生反应的化学方程式为_____，判断加入浓盐酸已足量的方法为_____。
- (5) 步骤 IV 中加入蒸馏水的作用是_____。
- (6) 三氟甲基亚磺酸锂的产率为_____ (列出计算式即可)。

题组 2 探究类综合实验

10. (2025 · 广东卷 T17) (14 分) 酸及盐在生活生产中应用广泛。

- (1) 甲苯氧化可生成苯甲酸。向盛有 2 mL 甲苯的试管中，加入几滴酸性 KMnO_4 溶液，振荡，观察到体系_____ (填颜色变化)。
- (2) 某苯甲酸粗品含少量泥沙和氯化钠。用重结晶法提纯该粗品过程中，需要的操作及其顺序为：加热溶解、_____ (填下列操作编号)。

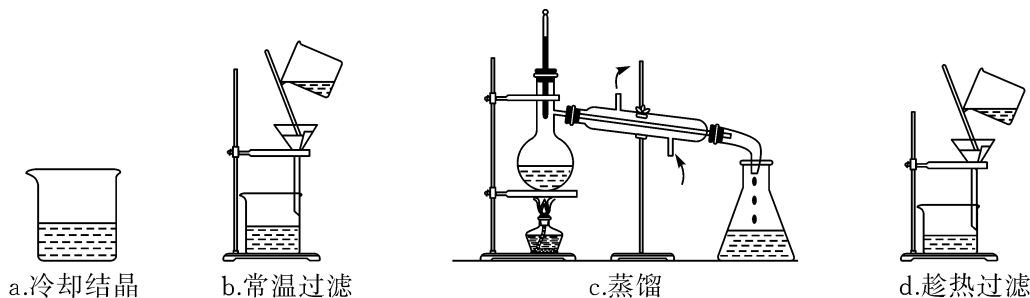




图 1

已知：

①实验在通风橱内进行。

② SOCl_2 遇水即放出 SO_2 和 HCl ； AlCl_3 易升华。

③氯苯溶于乙醚，难溶于水；Z 易溶于乙醚，难溶于水；乙醚不易溶于水。

请回答：

(1) 在无水气氛中提纯少量 AlCl_3 的简易升华装置如图 2 所示，此处漏斗的作用是_____。

(2) 写出图 3 所示干燥管内可用的酸性固体干燥剂：_____（填一种）。

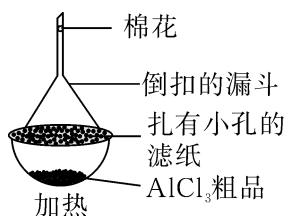


图 2

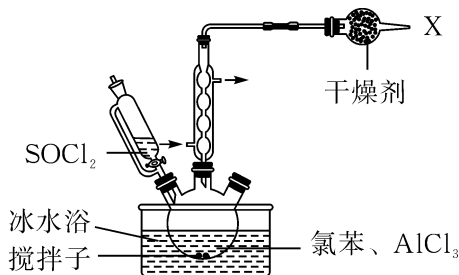


图 3

(3) 步骤 I，下列说法正确的是_____。

- A. 氯苯试剂可能含有水，在使用前应作除水处理
- B. 三颈烧瓶置于冰水浴中，是为了控制反应温度
- C. 因实验在通风橱内进行，X 处无需连接尾气吸收装置
- D. 反应体系中不再产生气泡时，可判定反应基本结束

(4) 步骤 II，加入冰水的作用是_____。

(5) 步骤 III，从混合物 M2 中得到 Z 粗产物的所有操作如下，请排序：_____→_____→_____→_____→_____（填序号）。

- ①减压蒸馏
- ②用乙醚萃取、分液
- ③过滤
- ④再次萃取、分液，合并有机相
- ⑤加入无水 Na_2SO_4 干燥剂吸水

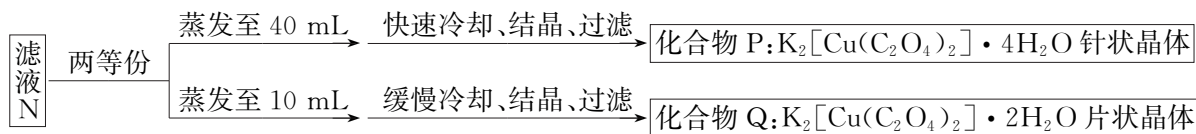
(6) AlCl_3 可促进氯苯与 SOCl_2 反应中 S—Cl 键的断裂，原因是_____。

12. (2025·浙江6月卷 T19) (12分) 配合物二草酸合铜(II)酸钾 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ ($M=318 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)，是制备金属有机框架材料的一种前驱体。某研究小组开展探究实验，步骤如下：

步骤 I：80℃下，100 mL 水中依次加入 0.024 mol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、0.016 mol K_2CO_3 充分反应后，得到混合溶液 M；

步骤 II：混合溶液 M 中加入 0.008 mol CuO 充分反应，趁热过滤得滤液 N；

步骤Ⅲ(如图):



步骤Ⅳ: 200 °C 加热脱水, 化合物 P、化合物 Q 均转化为 $K_2[Cu(C_2O_4)_2]$ 。

已知:

i. 25 °C 时, $H_2C_2O_4$ 的 $K_{a1}=5.6 \times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}=5.4 \times 10^{-5}$;

H_2CO_3 的 $K_{a1}=4.5 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}=4.7 \times 10^{-11}$ 。

ii. $K_2[Cu(C_2O_4)_2]$ 微溶于冷水、易溶于热水, 在约 250 °C 时分解。请回答:

(1) $K_2[Cu(C_2O_4)_2] \cdot 4H_2O$ 中, 与 Cu^{2+} 形成配位键的配位原子是_____ (填元素符号)。

(2) 步骤 I 所得的混合溶液 M, 在 25 °C 时其 pH 最接近于_____。

A. 2

B. 3

C. 4 D. 5

(3) 步骤 II, 过滤去除杂质需趁热进行的原因是_____。

(4) 下列说法不正确的是_____。

A. 步骤 I, 制备混合溶液 M 时, K_2CO_3 应一次性快速加入, 以确保反应完全

B. 步骤 IV, 应用水浴控制温度, 以避免 $K_2[Cu(C_2O_4)_2]$ 分解

C. 热重分析法测得 $K_2[Cu(C_2O_4)_2] \cdot xH_2O$ 样品完全脱水后质量降低 10.17%, 则 $x=4$

D. 粉末形态的化合物 P 和化合物 Q, 可通过 X 射线衍射法进行区分

(5) 室温下, 化合物 P 在空气中会转化为化合物 Q。下列选项中, 通过计算能得到混合样品中化合物 P 和化合物 Q 物质的量分数的是_____。

A. 样品质量、钾的物质的量

B. 钾的物质的量、铜的物质的量

C. 铜的物质的量、草酸根的物质的量

D. 草酸根的物质的量、水的物质的量

(6) 有同学认为: 根据现有探究实验结果可知, 化合物 P、化合物 Q 结晶形状不同是由降温速率不同引起的。请判断该同学观点正误, 并说明理由:_____。

13. (2025 · 北京卷 T19) (11 分) 化学反应平衡常数对认识化学反应的方向和限度具有指导意义。

实验小组研究测定“ $MnO_2 + 2Br^- + 4H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + Br_2 + 2H_2O$ ”平衡常数的方法, 对照理论数据判断方法的可行性。

(1) 理论分析

① Br_2 易挥发, 需控制生成 $c(Br_2)$ 较小。

② 根据 25 °C 时 $K=6.3 \times 10^4$ 分析, 控制合适的 pH, 可使生成的 $c(Br_2)$ 较小; 用浓度较大的 KBr 溶液与过量 MnO_2 反应, 反应前后 $c(Br^-)$ 几乎不变; $c(Mn^{2+})=c(Br_2)$, 仅需测定平衡时溶液 pH 和 $c(Br_2)$ 。

③ Br_2 与水反应的程度很小, 可忽略对测定的干扰; 低浓度 HBr 挥发性很小, 可忽略。

(2)实验探究(如表所示)

序号	实验内容及现象
I	25 ℃,将 0.200 mol · L ⁻¹ KBr 溶液(pH≈1)与过量 MnO ₂ 混合,密闭并搅拌,充分反应后,溶液变为黄色,容器液面上方有淡黄色气体
II	25 ℃,将 0.200 mol · L ⁻¹ KBr 溶液(pH≈2)与过量 MnO ₂ 混合,密闭并搅拌,反应时间与 I 相同,溶液变为淡黄色,容器液面上方未观察到黄色气体
III	测定 I、II 反应后溶液的 pH;取一定量反应后溶液,加入过量 KI 固体,用 Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液滴定,测定 c(Br ₂)

已知: $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 溶液颜色均为无色。

① III 中,滴定时选用淀粉作指示剂,滴定终点时的现象是_____。

用离子方程式表示 KI 的作用:_____。

② I 中,与反应前的溶液相比,反应后溶液的 pH _____(填“增大”“减小”或“不变”)。

平衡后,按 $\frac{c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c(\text{Br}_2)}{c^2(\text{Br}^-) \cdot c^4(\text{H}^+)}$ 计算所得值小于 25 ℃ 的 K 值,是因为 Br_2 挥发导致计算时所用_____的浓度小于其在溶液中的实际浓度。

③ II 中,按 $\frac{c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c(\text{Br}_2)}{c^2(\text{Br}^-) \cdot c^4(\text{H}^+)}$ 计算所得值也小于 25 ℃ 的 K 值,可能的原因是_____。

(3)实验改进

分析实验 I、II 中测定结果均偏小的原因,改变实验条件,再次实验。

控制反应温度为 40 ℃,其他条件与 II 相同,经实验准确测得该条件下的平衡常数。

①判断该实验测得的平衡常数是否准确,应与_____值比较。

②综合调控 pH 和温度的目的是_____。

14. (2025 · 湖北卷 T18)(14 分)某小组在探究 Cu^{2+} 的还原产物组成及其形态过程中,观察到的实验现象与理论预测有差异。根据实验描述,回答下列问题:

(1)向 2 mL 10% NaOH 溶液加入 5 滴 5% CuSO_4 溶液,振荡后加入 2 mL 10% 葡萄糖溶液,加热。

①反应产生的砖红色沉淀为_____ (写化学式),葡萄糖表现出_____ (填“氧化”或“还原”)性。

②操作时,没有加入葡萄糖溶液就加热,有黑色沉淀生成。用化学反应方程式说明该沉淀产生的原因:_____。

(2)向 20 mL 0.5 mol · L⁻¹ CuSO_4 溶液中加入 Zn 粉使蓝色完全褪去,再加入盐酸并加热至溶液中无气泡产生为止。过滤得固体,洗涤并真空干燥。

①加入盐酸的目的是_____。

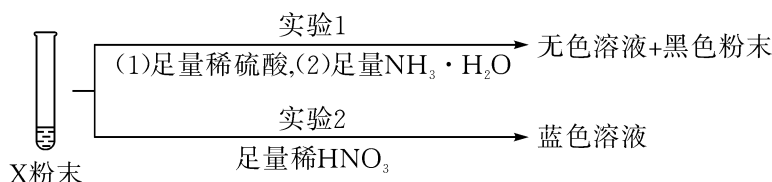
②同学甲一次性加入 1.18 g Zn 粉,得到 0.78 g 红棕色固体,其组成是_____ (填序号)。

a. Cu

b. Cu 包裹 Zn

c. CuO、Cu 和 Cu_2O

③同学乙搅拌下分批加入 1.18 g Zn 粉,得到黑色粉末 X。分析结果表明,X 中不含 Zn 和 Cu(I) 。关于 X 的组成,乙提出了三种可能性:a. CuO ;b. CuO 和 Cu;c. Cu。乙开展了如图两个探究实验:

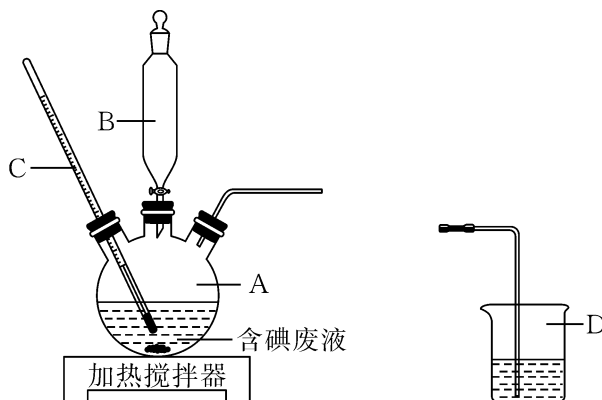


由实验结果可知,X 的组成是_____ (填“a”“b”或“c”)。

从物质形态的角度分析,X 为黑色的原因是_____。

题组 3 分离提纯类综合实验

15. (2025 · 全国卷 T26) (14 分)碘具有重要的经济价值。实验室利用沉淀法从含碘废液中回收碘,相关反应的化学方程式为 $2\text{CuSO}_4 + 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CuI}(\text{白色}) \downarrow + 2\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $2\text{CuI} + 8\text{HNO}_3(\text{浓}) \rightleftharpoons 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{I}_2 + 4\text{NO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。实验装置如图所示。



实验步骤如下:

- ①向 A 中加入 Na_2SO_3 ,搅拌使其溶解。将 CuSO_4 饱和溶液加入 B 中。
- ②加热至 $60 \sim 70^\circ\text{C}$,逐滴加入饱和 CuSO_4 溶液。停止加热,静置,沉降。
- ③检查 I^- 是否沉淀完全。确认沉淀完全后,弃去上层清液。
- ④将 B 中溶液更换为浓硝酸,连接装置 D。不断搅拌下,逐滴加入浓硝酸。
- ⑤待析出的 I_2 沉降后,过滤,洗涤,干燥得到产品。

回答下列问题:

- (1)仪器 A 和 C 的名称分别是_____、_____。
- (2)称取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 于烧杯中,向其中加入适量蒸馏水,微热,搅拌,静置冷却,得到 CuSO_4 饱和溶液。判断 CuSO_4 溶液饱和的实验现象是_____。
- (3)步骤③中,确认 I^- 沉淀完全的操作及现象是取少量清液,加入一滴淀粉溶液,_____。

(4)步骤④中,加入浓硝酸后 A 中的现象是_____,
D 中盛放_____。

(5)步骤⑤中,使用_____ (填序号)洗涤。

a. 水

b. 四氯化碳

c. 乙醇

(6)若要进一步精制产品,可采取的方法是_____。

题组 4 测定类实验

16. (2025 · 河南卷 T16) (14 分)某研究小组设计了如下实验测定某药用硫黄中硫的含量,其中硫转化的总反应为 $S + 2OH^- + 3H_2O_2 \rightleftharpoons SO_4^{2-} + 4H_2O$ 。主要实验步骤如下:

I. 如图所示,准确称取 m g 细粉状药用硫黄于①中,并准确加入 V_1 mL KOH 乙醇溶液(过量),加入适量蒸馏水,搅拌,加热回流。待样品完全溶解后,蒸馏除去乙醇。

II. 室温下向①中加入适量蒸馏水,搅拌下缓慢滴加足量 30% H_2O_2 溶液,加热至 100 °C,保持 20 min,冷却至室温。

III. 将①中溶液全部转移至锥形瓶中,加入 2 滴甲基橙指示剂,用 c mol · L⁻¹ HCl 标准溶液滴定至终点,消耗 HCl 溶液体积为 V_2 mL。

IV. 不加入硫黄,重复步骤 I、II、III 做空白实验,消耗 HCl 标准溶液体积为 V_3 mL。计算样品中硫的质量分数。

V. 平行测定三次,计算硫含量的平均值。回答下列问题:

(1)仪器①的名称是_____;②的名称是_____。

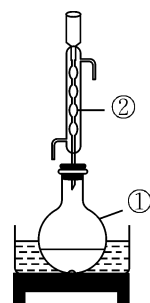
(2)步骤 I 中,乙醇的作用是_____。

(3)步骤 I 中,样品完全溶解后,必须蒸馏除去乙醇的原因是_____。

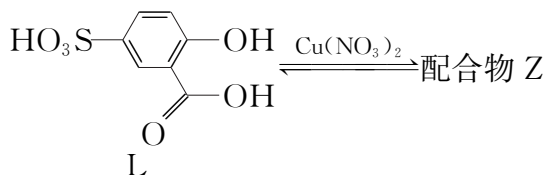
(4)步骤 II 中不宜采用水浴加热的原因是_____。步骤 II 结束后,若要检验反应后溶液中的 SO_4^{2-} ,实验操作是_____。

(5)步骤 III 中,判断滴定达到终点的现象为_____。

(6)单次样品测定中硫的质量分数可表示为_____ (写出计算式)。



17. (2025 · 江西卷 T18)摩尔比法测定配合物磺基水杨酸铜(Z)组成的实验如下:



回答下列问题:

(1)L 的合成与表征

①向装有浓硫酸的反应容器中,搅拌下慢慢加入水杨酸粉末,加热至 50 °C,全溶后升至

75 ℃,有固体析出,继续升温至 115 ℃,反应 4 h,冷却至 40 ℃。上述步骤中需用到的仪器有_____ (填序号)。

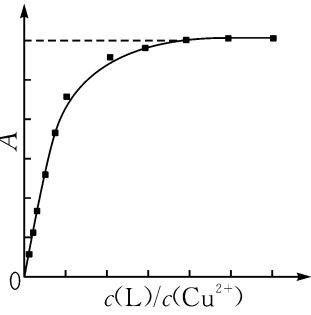
- A. 圆底烧瓶 B. 干燥管 C. 球形冷凝管 D. 恒压滴液漏斗
E. 二颈烧瓶 F. 温度计 G. 直形冷凝管 H. 分液漏斗

②下列分析方法中可以确定 L 分子结构的是_____ (填序号)。

- A. X 射线衍射 B. 质谱 C. 元素分析 D. 滴定分析

(2)Z 的合成与配位比 $n(\text{L}) : n(\text{Cu}^{2+})$ 分析

取 12 个烧杯,分别加入 10.00 mL 硝酸铜溶液($0.050\,00\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$),按表所示,依次加入对应体积的 L 溶液($0.250\,0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$),调 pH,用 50 mL 容量瓶配制溶液。在一定条件下,分别测定溶液吸光度 A,得到吸光度 $A-c(\text{L})/c(\text{Cu}^{2+})$ 的曲线(如图)。



编号	$V(\text{L})/\text{mL}$	$c(\text{L})/c(\text{Cu}^{2+})$	吸光度 A
1	0.00	0.00	0.003
2	0.20	0.10	0.055
3	0.40	0.20	0.113
4	0.60	0.30	0.163
5	1.00	0.50	0.258
6	1.50	0.75	0.364
7	2.00	1.00	0.435
8	4.00	2.00	0.546
9	6.00	3.00	0.579
10	8.00	4.00	0.603
11	10.00	5.00	0.606
12	12.00	6.00	0.608

已知: $A=k \cdot c(\text{Z})$, k 为常数。

①图中已给出全部数据点、拟合曲线及 1 条趋势线(虚线),根据表中实验数据,补全坐标轴。

②图中趋势线方程为 $A=k \cdot c(\text{Cu}^{2+})$,其与拟合曲线重合部分的化学含义为_____。

③在图中作出另 1 条趋势线,找到理论反应终点 X。

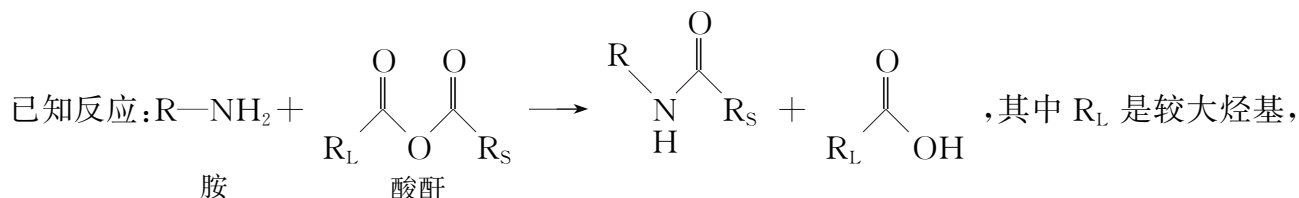
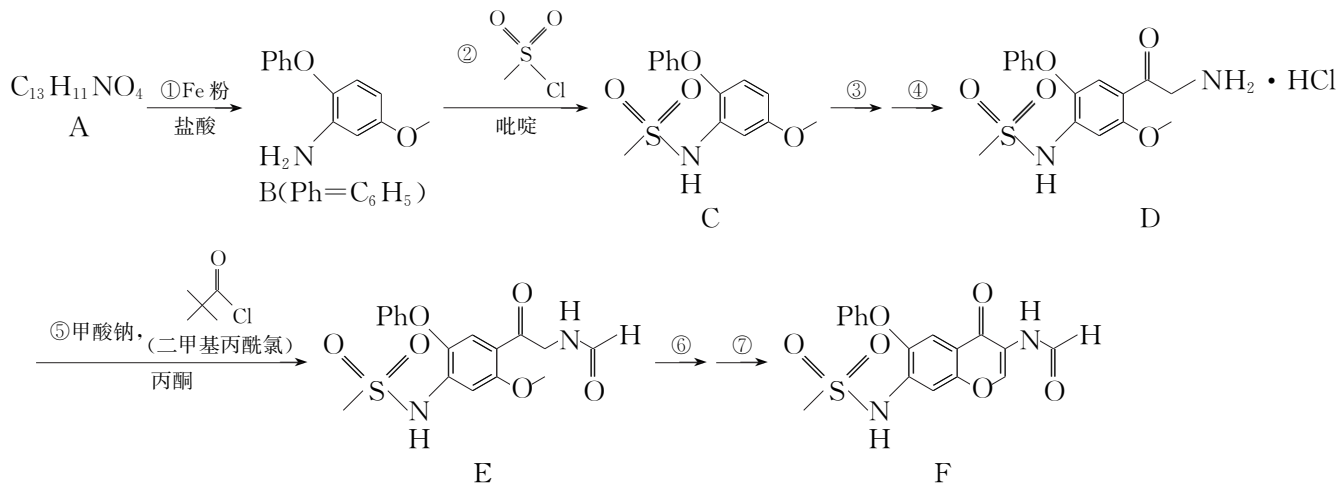
④通过理论反应终点,推断配位比 $n(\text{L}) : n(\text{Cu}^{2+})=_____$ 。

⑤ $A-c(\text{L})/c(\text{Cu}^{2+})$ 的拟合曲线与趋势线偏离的原因是_____。

专题十六 有机合成与推断

1. (2025 · 全国卷 T29) (15 分) 艾拉莫德(化合物 F)有抗炎镇痛作用,可用于治疗类风湿关节炎。

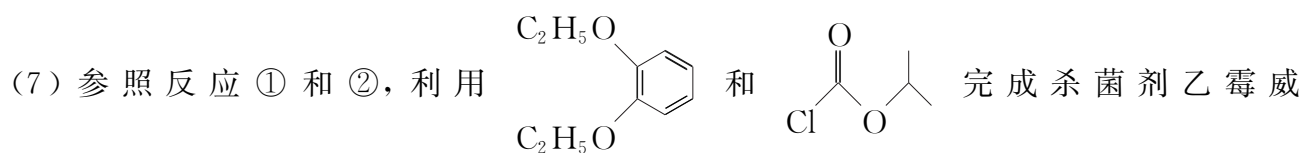
F 的一条合成路线如下(略去部分条件和试剂)。

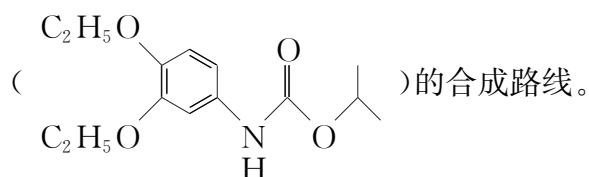


R_S 是较小烃基或氢原子。

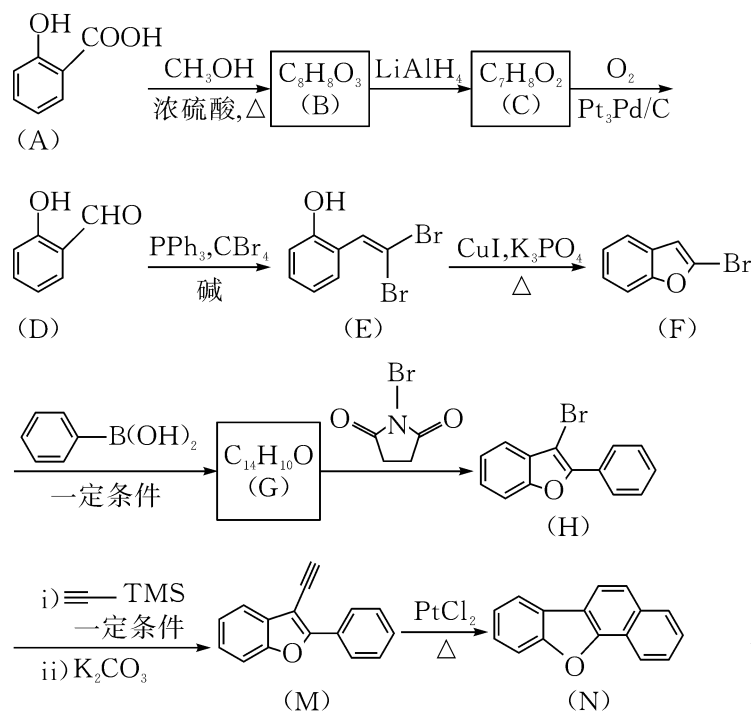
回答下列问题:

- A 的结构是_____。
- B 中官能团的名称是_____、_____。
- 反应②的反应类型为_____;吡啶是一种有机碱,在反应②中除了作溶剂外,还起到的作用是_____。
- 在反应⑤的步骤中,二甲基丙酰氯和甲酸钠预先在溶剂丙酮中混合搅拌 5 小时,写出此过程的化学方程式:_____。
然后,再加入 D 进行反应。
- 关于 F 的化学性质,下列判断错误的是_____ (填序号)。
 - 可发生银镜反应
 - 可发生碱性水解反应
 - 可使 FeCl_3 溶液显紫色
 - 可使酸性 KMnO_4 溶液褪色
- G 是二甲基丙酰氯的同分异构体,可以发生银镜反应,核磁共振氢谱中显示为四组峰,且峰面积比为 6 : 1 : 1 : 1。G 的结构简式是_____ (手性碳用“*”标记)。





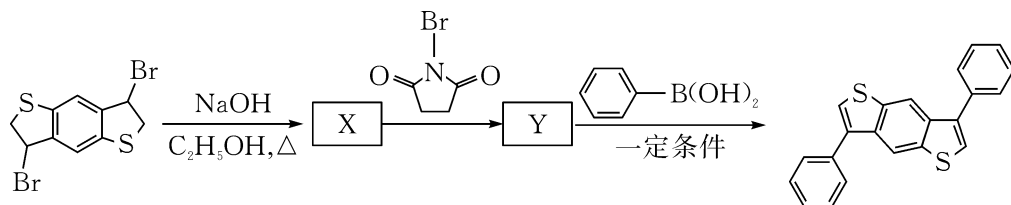
2. (2025 · 辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古卷 T19) (14 分) 含呋喃骨架的芳香化合物在环境化学和材料化学领域具有重要价值。一种含呋喃骨架的芳香化合物合成路线如下图：



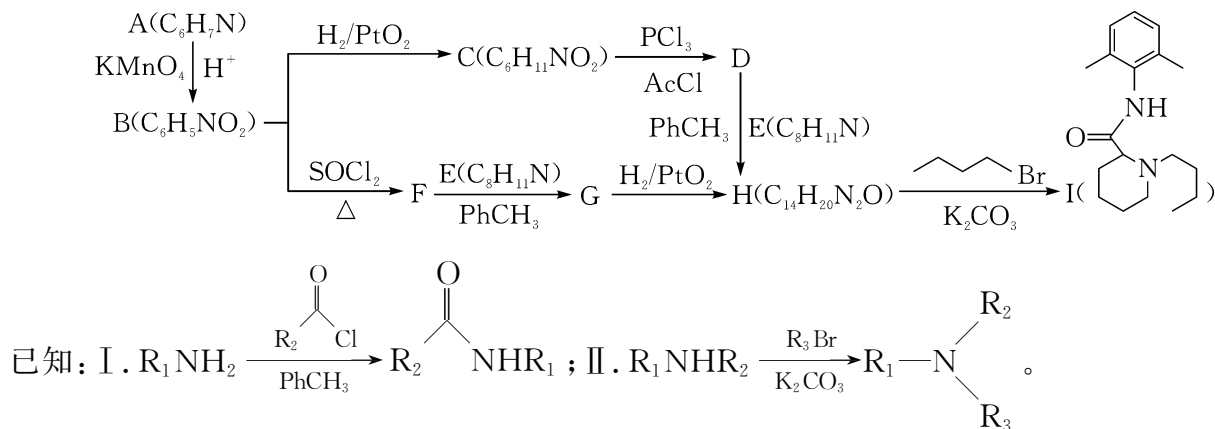
回答下列问题：

- (1) A→B 的化学方程式为_____。
- (2) C→D 实现了由_____到_____的转化(填官能团名称)。
- (3) G→H 的反应类型为_____。
- (4) E 的同分异构体中,含苯环(不含其他环)且不同化学环境氢原子的个数比为 3 : 2 : 1 的同分异构体的数目有_____种。
- (5) M→N 的三键加成反应中,若参与成键的苯环及苯环的反应位置不变,则生成的与 N 互为同分异构体的副产物的结构为_____。
- (6) 参考上述路线,设计如下转化。X 和 Y 的结构分别为_____和_____。

_____。

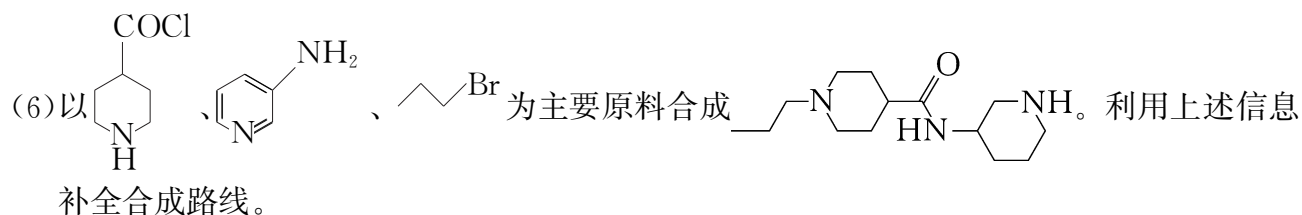
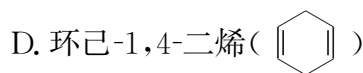
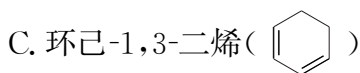
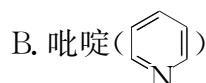
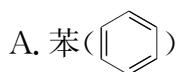


3. (2025 · 山东卷 T19) (12 分) 麻醉药布比卡因(I)的两条合成路线如下:



回答下列问题:

- (1) A 的结构为_____ ; B 中含氧官能团名称为_____。
- (2) C→D 的反应类型为_____ ; D+E→H 的化学方程式为_____。
- (3) G 的同分异构体中,同时满足下列条件的结构简式为_____ (写出一种即可)。
 - ①含—NH₂
 - ②含 2 个苯环
 - ③含 4 种不同化学环境的氢原子
- (4) H 中存在酰胺基 N 原子(a)和杂环 N 原子(b), N 原子电子云密度越大,碱性越强,则碱性较强的 N 原子是_____ (填“a”或“b”)。
- (5)结合路线信息,用 H₂/PtO₂ 催化加氢时,下列有机物中最难反应的是_____ (填序号)。



4. (2025 · 河北卷 T18) (14 分) 依拉雷诺(Q)是一种用于治疗非酒精性脂肪性肝炎的药物,其“一锅法”合成路线如图 1:

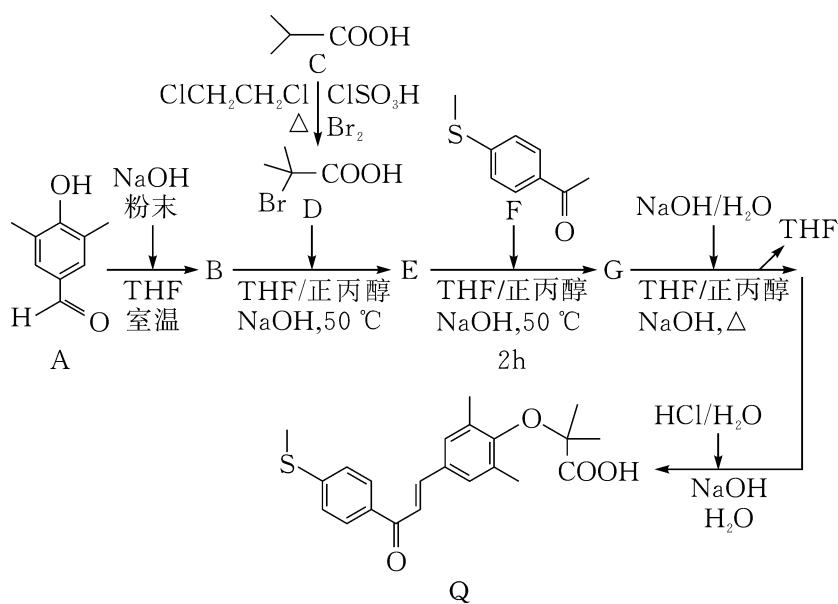


图 1

回答下列问题:

- (1) Q 中含氧官能团的名称: _____、_____、_____。
- (2) A→B 的反应类型: _____。
- (3) C 的名称: _____。
- (4) C→D 反应中,在加热条件下滴加溴时,滴液漏斗末端位于液面以下的目的: _____。
- (5) “一锅法”合成中,在 NaOH 作用下, B 与 D 反应生成中间体 E,该中间体的结构为 _____。
- (6) 合成过程中,D 也可与 NaOH 发生副反应生成 M,图 2、图 3 分别为 D 和 M 的核磁共振氢谱,推断 M 的结构,写出该反应的化学方程式: _____。

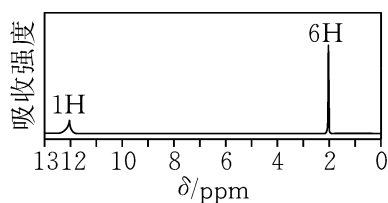


图 2

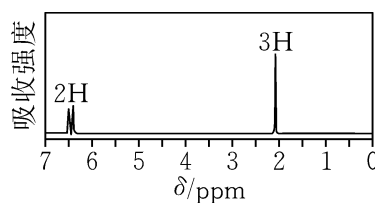
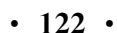


图 3

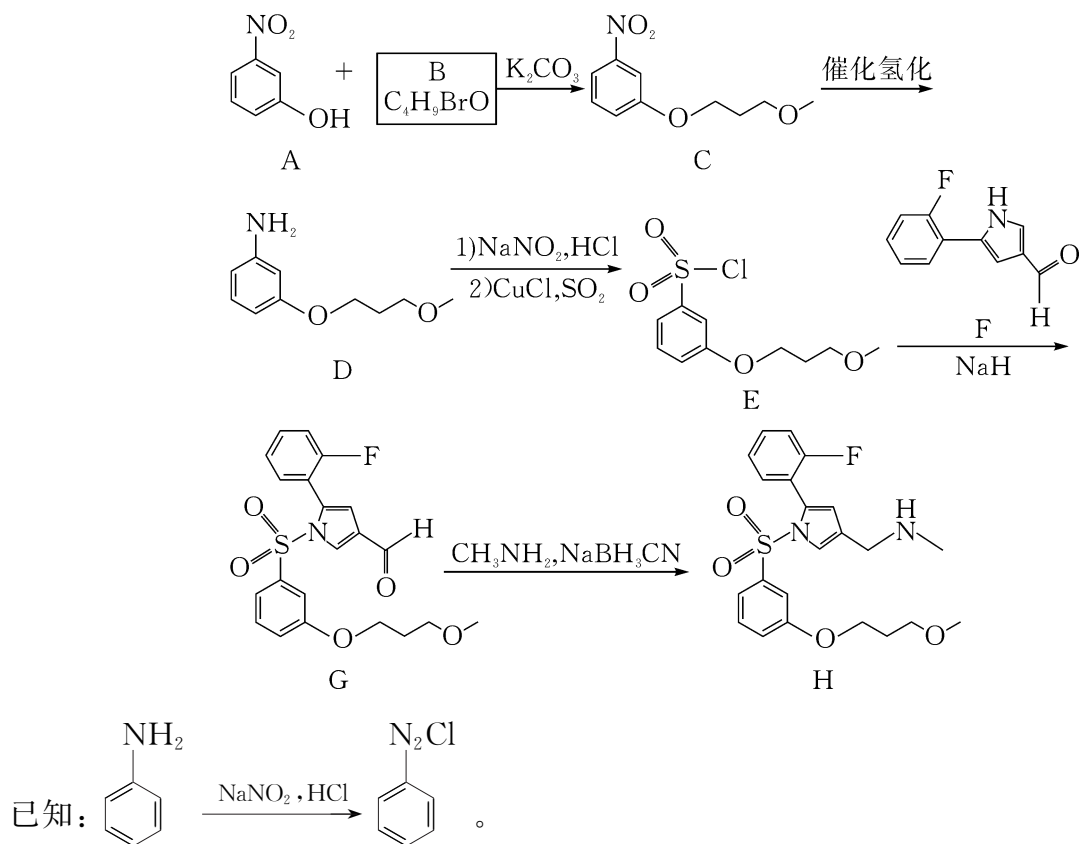
- (7) 写出满足下列条件 A 的芳香族同分异构体的结构简式: _____。

- (a) 不与 FeCl_3 溶液发生显色反应;
- (b) 红外光谱表明分子中不含 $\text{C}=\text{O}$ 键;
- (c) 核磁共振氢谱有三组峰,峰面积比为 1 : 1 : 3;
- (d) 芳香环的一取代物有两种。

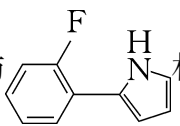
5. (2025 · 安徽卷 T18) (15 分) 有机化合物 C 和 F 是制造特种工程塑料的两种重要单体,均可以苯为起始原料按下列路线合成(部分反应步骤和条件略去):

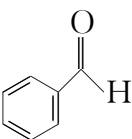
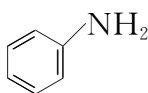


6. (2025·陕西、山西、青海、宁夏卷 T18) (14 分) 我国某公司研发的治疗消化系统疾病的新药凯普拉生(化合物 H)的合成路线如下(部分试剂、反应条件省略)。

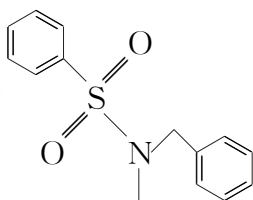


回答下列问题：

- (1) A 中官能团的名称是_____、_____。
- (2) B 的结构简式为_____。
- (3) 由 C 转变为 D 的反应类型是_____。
- (4) 同时满足下列条件的 B 的同分异构体有_____种(不考虑立体异构)。
 - ①含有两个甲基；②与钠反应产生氢气。
- (5) 由 D 转变为 E 的过程中经历了两步反应，第一步反应的化学方程式是_____ (要求配平)。
- (6) 下列关于 F 的说法，正确的有_____。
 - A. F 能发生银镜反应
 - B. F 不可能存在分子内氢键
 - C. 以上路线中 $\text{E} + \text{F} \rightarrow \text{G}$ 的反应产生了氢气
 - D. 已知醛基吸引电子能力较强，与  相比 F 的 N—H 键极性更小

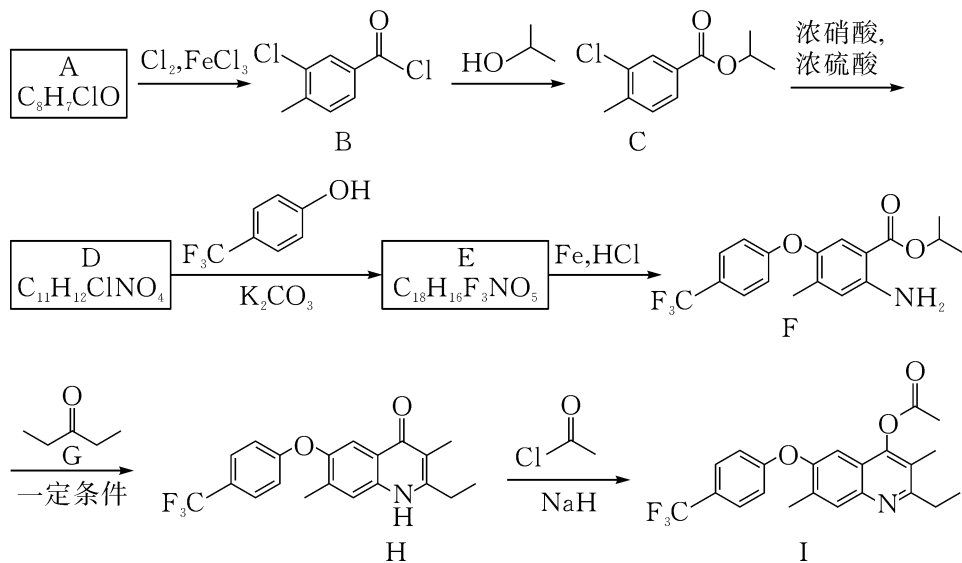
- (7) 结合合成 H 的相关信息，以 、 和含一个碳原子的有机物(无机试剂任

选)为原料,设计化合物

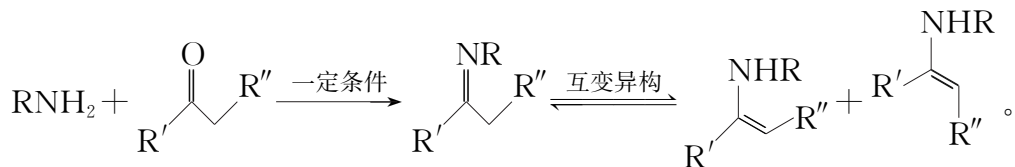


的合成路线。

7. (2025·河南卷 T18)(15分)化合物 I 具有杀虫和杀真菌活性,以下为其合成路线之一(部分反应条件已简化)。



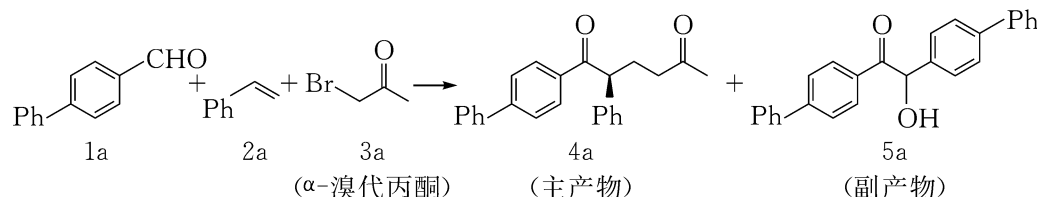
已知:



回答下列问题:

- (1) I 中含氧官能团的名称是_____。
- (2) A 的结构为_____。
- (3) 由 B 生成 C 的化学方程式为_____。反应时,在加热搅拌下向液体 B 中滴加异丙醇;若改为向异丙醇中滴加 B 则会导致更多副产物的生成,副产物可能的结构为_____ (写出一种即可)。
- (4) 由 D 生成 E 的反应类型为_____。
- (5) 由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J,已知 J 的分子式为 $C_{23}H_{26}F_3NO_3$,则 J 的结构为_____ (写出一种即可)。
- (6) G 的同分异构体中,含有碳氧双键的还有_____种(不考虑立体异构);其中,能发生银镜反应,且核磁共振氢谱显示为两组峰的同分异构体的结构简式为_____。

8. (2025 · 广东卷 T20) (14 分) 我国科学家最近在光-酶催化合成中获得重大突破, 光-酶协同可实现基于三组分反应的有机合成, 其中的一个反应如下(反应条件略; Ph—代表苯基 C_6H_5 —)。



(1) 化合物 1a 中含氧官能团的名称为_____。

(2) ①化合物 2a 的分子式为_____。

②2a 可与 H_2O 发生加成反应生成化合物 I。在 I 的同分异构体中, 同时含有苯环和醇羟基结构的共_____种(含化合物 I)。

(3) 下列说法正确的有_____。

- A. 在 1a、2a 和 3a 生成 4a 的过程中, 有 π 键断裂与 σ 键形成
- B. 在 4a 分子中, 存在手性碳原子, 并有 20 个碳原子采取 sp^2 杂化
- C. 在 5a 分子中, 有大 π 键, 可存在分子内氢键, 但不存在手性碳原子
- D. 化合物 5a 是苯酚的同系物, 且可发生原子利用率为 100% 的还原反应

(4) 一定条件下, Br_2 与丙酮(CH_3COCH_3)发生反应, 溴取代丙酮中的 α -H, 生成化合物 3a。若用核磁共振氢谱监测该取代反应, 则可推测: 与丙酮相比, 产物 3a 的氢谱图中_____。

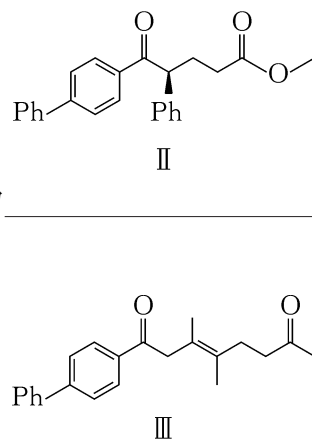
(5) 已知: 羧酸在一定条件下, 可发生类似于丙酮的 α -H 取代反应。根据上述信息, 分三步合成化合物 II (如图)。

①第一步, 引入溴: 其反应的化学方程式为_____。

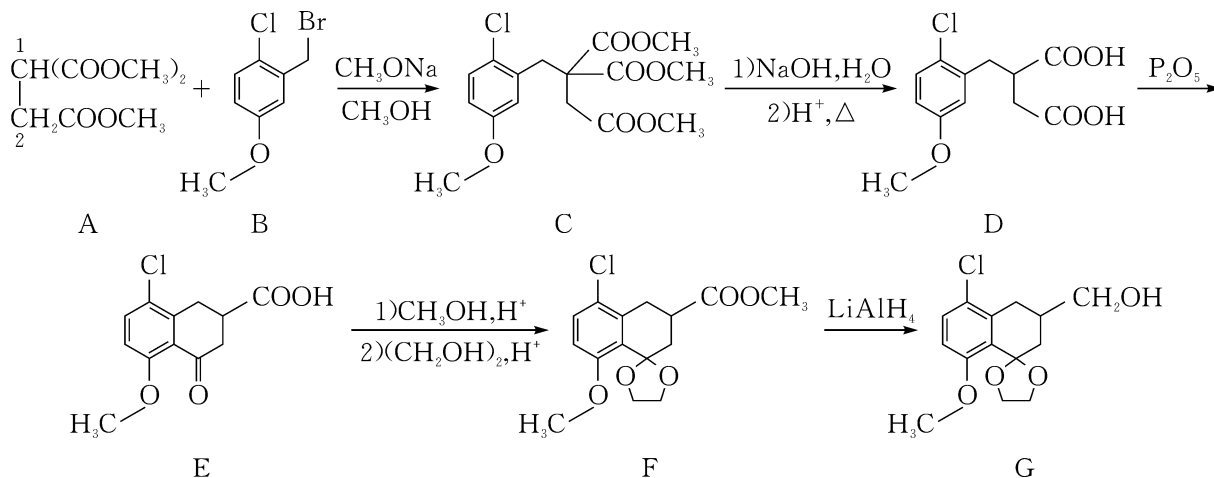
②第二步, 进行_____ (填具体反应类型): 其反应的化学方程式为_____ (注明反应条件)。

③第三步, 合成 II: ②中得到的含溴有机物与 1a、2a 反应。

(6) 参考上述三组分反应, 直接合成化合物 III (如图), 需要以 1a、_____ (填结构简式) 和 3a 为反应物。

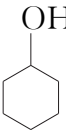
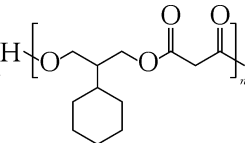


9. (2025 · 江苏卷 T15) (15 分) G 是一种四环素类药物合成中间体, 其合成路线如下:



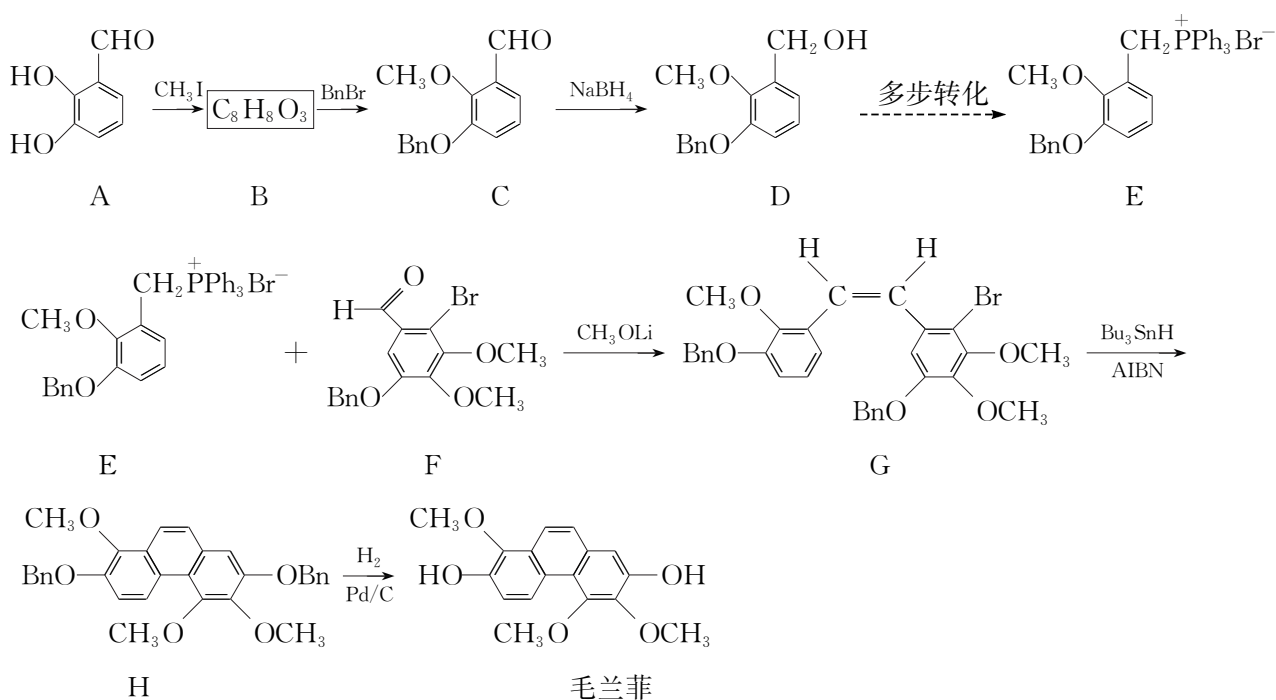
- (1) A 分子中,与 2 号碳相比,1 号碳的 C—H 键极性相对_____ (填“较大”或“较小”)。
- (2) D→E 会产生与 E 互为同分异构体且含五元环的副产物,其结构为_____。
- (3) E 分子中含氧官能团名称为醚键、羰基和_____, F 分子中手性碳原子数目为_____。
- (4) 写出同时满足下列条件的 G 的一种同分异构体的结构简式:_____。

①含有 3 种不同化学环境的氢原子;②碱性条件下水解后酸化,生成 X 和 Y 两种有机产物, $n(X):n(Y)=2:1$,X 的相对分子质量为 60,Y 含苯环且能与 FeCl_3 溶液发生显色反应。

- (5) 写出以 $\begin{matrix} \text{COOCH}_3 \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{COOCH}_3 \end{matrix}$ 和  为原料制备  的合成路线流程图(无机试剂和两个碳原子以下的有机试剂任用,合成路线示例见本题题干)。

10. (2025·甘肃卷 T18)(15 分)毛兰菲是一种具有抗肿瘤活性的天然菲类化合物,可按如图路线

合成(部分试剂省略, BnBr 代表 ):



- (1) 化合物 A 中的含氧官能团名称为_____, 化合物 A 与足量 NaOH 溶液反应的化学方程式为_____。

(2) 化合物 B 的结构简式为_____。

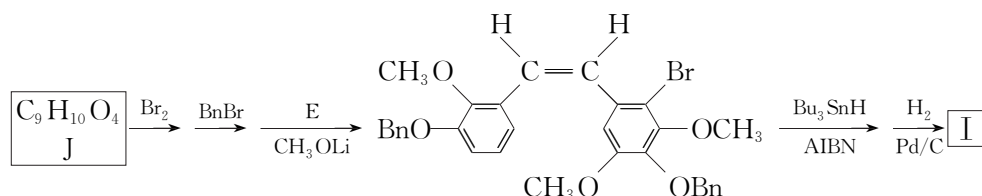
(3) 关于化合物 C 的说法成立的有_____。

- ①与 FeCl_3 溶液作用显色
- ②与新制氢氧化铜反应,生成砖红色沉淀
- ③与 D 互为同系物
- ④能与 HCN 反应

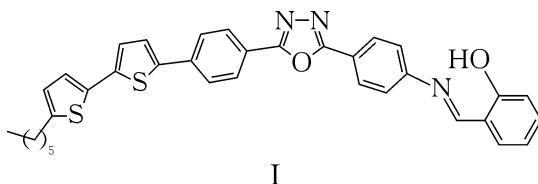
(4) $\text{C} \rightarrow \text{D}$ 涉及的反应类型有_____。

(5) $\text{F} \rightarrow \text{G}$ 转化中使用了 CH_3OLi , 其名称为_____。

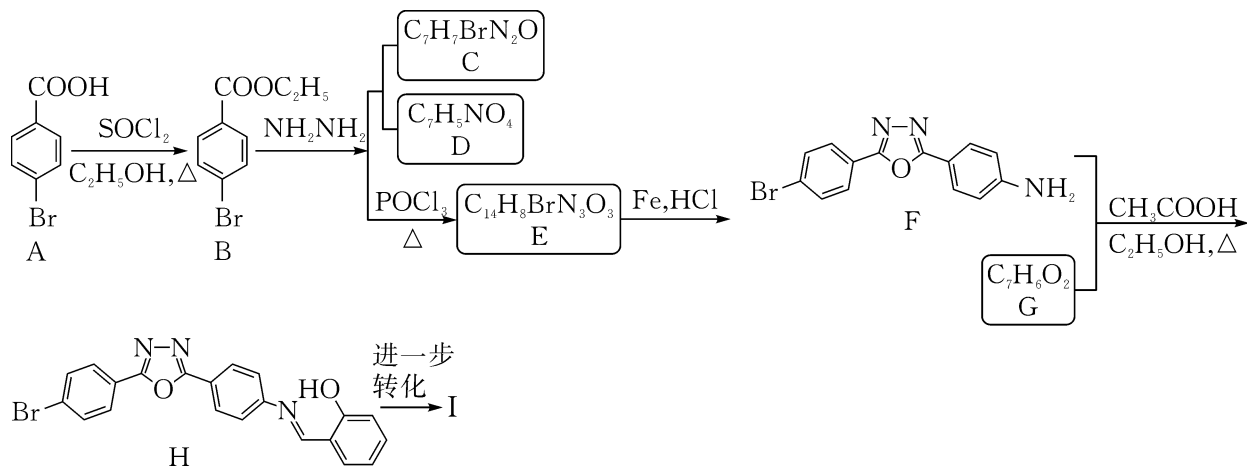
(6) 毛兰菲的一种同分异构体 I 具有抗氧化和抗炎活性, 可由多取代苯甲醛 J 出发, 经多步合成得到(如图)。已知 J 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图显示四组峰, 峰面积比为 1 : 1 : 2 : 6。J 和 I 的结构为_____。



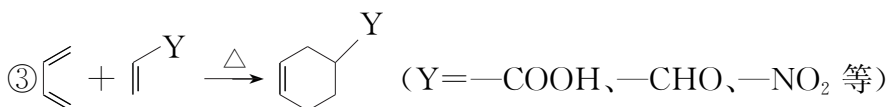
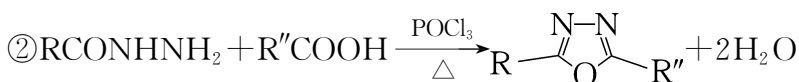
11. (2025 · 浙江 1 月卷 T20) (12 分) 化合物 I 有特定发光性能, 在新型有机发光二极管的开发中具有潜在价值, 其结构如下:



某研究小组按以下路线合成该化合物(部分反应条件及试剂已简化):



已知:



请回答：

(1) 化合物 I 中体现酸性的官能团名称是_____。

(2) 下列说法正确的是_____。

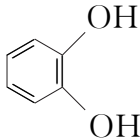
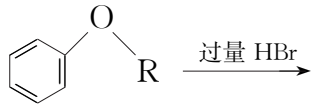
- A. 化合物 A 的酸性比苯甲酸弱
- B. 化合物 B 既可与酸反应又可与碱反应
- C. E→F 反应过程中只发生加成反应
- D. 化合物 H 中存在分子内氢键

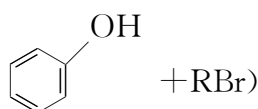
(3) G 的结构简式是_____。

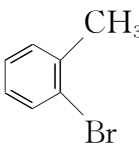
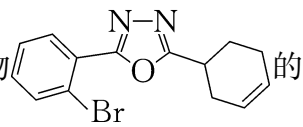
(4) C+D→E 的化学方程式是_____。

(5) 写出 3 个同时符合下列条件的化合物 B 的同分异构体的结构：_____。

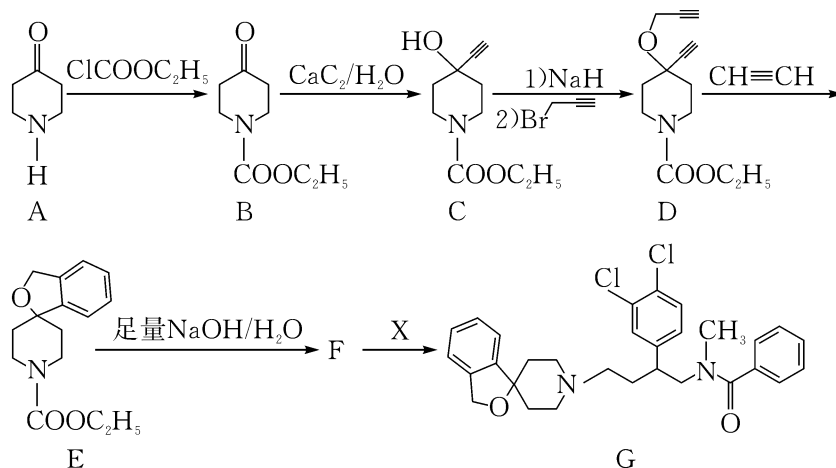
①核磁共振氢谱表明：分子中有 4 种不同化学环境的氢原子；

②与过量 HBr 反应生成邻苯二酚 ()。 (已知： )



(6) 以 、1,3-丁二烯、丙烯酸和乙醇为有机原料，设计化合物  的合成路线(用流程图表示，无机试剂任选)。

12. (2025·浙江6月卷 T20)(12分) 化合物 G 是一种治疗哮喘的药物，某研究小组按以下路线合成该化合物(反应条件及试剂已简化)：



请回答：

(1) 化合物 A 中含氧官能团的名称是_____；从整个过程看，A→B 的目的是_____。

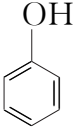
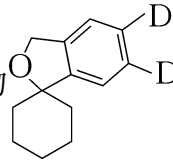
(2) 下列说法不正确的是_____。

- A. 化合物 A 的水溶性比化合物 B 的大
- B. C→D 的反应中有 H₂ 产生
- C. 化合物 B 和 C 分子中 sp² 杂化碳原子的数目相同
- D. 化合物 G 分子中含有 2 个手性碳原子

(3) 写出 E→F 的化学方程式：_____。

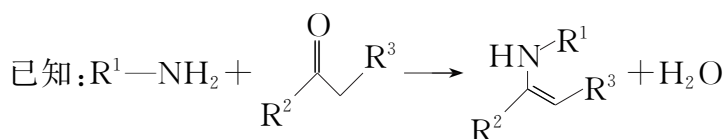
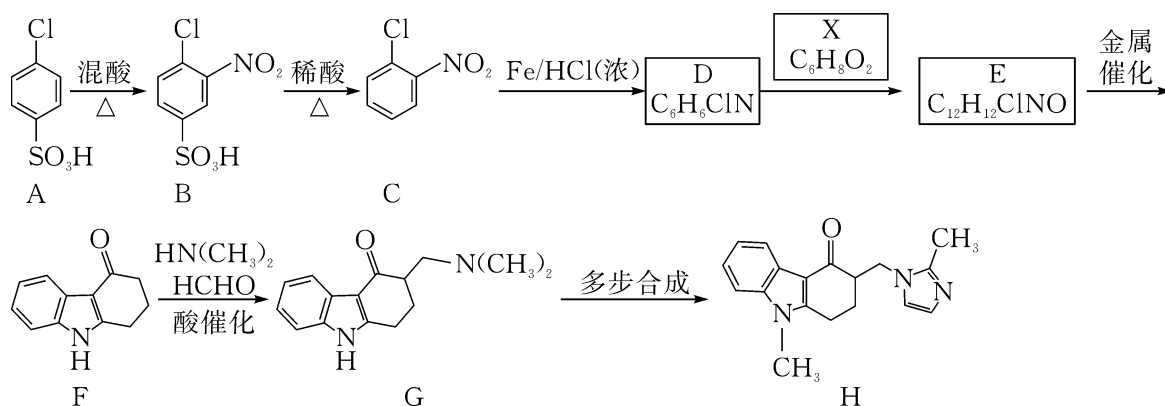
(4) 生成 G 的同时还生成了 HCl，则 X 的结构是_____。

(5) D→E 过程中有副产物生成，写出一种可能的副产物的结构：_____（其分子式为 C₂₆H₃₄O₆N₂ 且含有苯环）。

(6) 以  和  为有机原料，设计化合物  (D 指 ²H) 的合成路线：_____

(用流程图表示，无机试剂任选)。

13. (2025·四川卷 T19) (13 分) H 的盐酸盐是一种镇吐药物，H 的合成路线之一如下(略去部分试剂和条件)。



回答下列问题：

- (1) A 的化学名称是_____。
- (2) C 中官能团的名称是_____、_____。
- (3) C→D 的反应类型为_____。
- (4) E 的结构为_____。

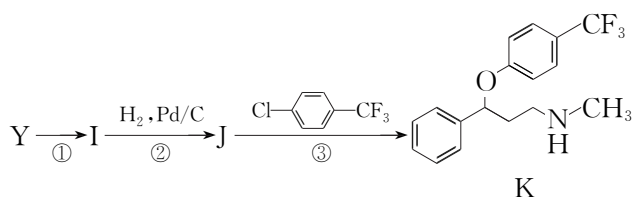
(5) F 的同分异构体中,同时满足下列条件的共有_____种。

a. 含有一NH₂,且无 N—O 键

b. 含有 2 个苯环

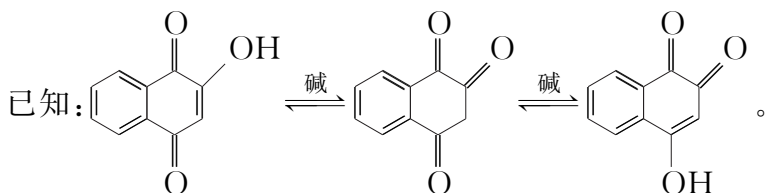
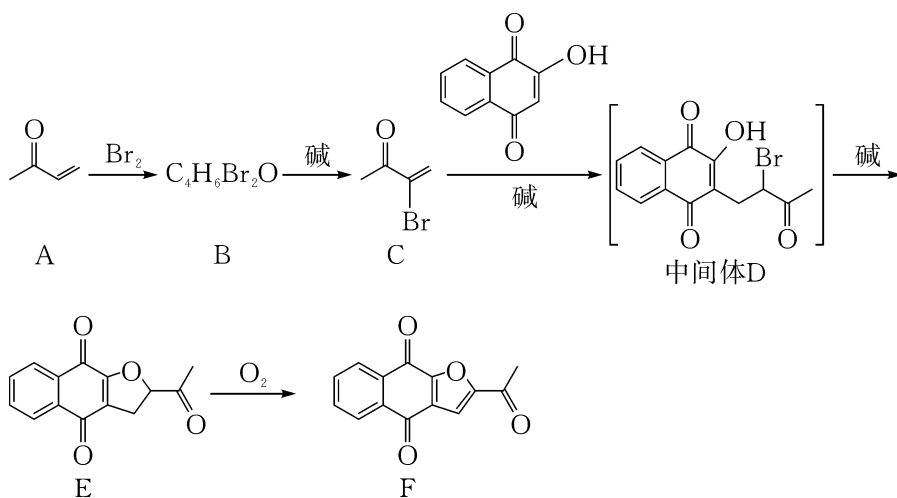
c. 核磁共振氢谱为 6 组峰

(6) 药物 K 的合成路线如下:



已知 Y 含有羰基,按照 F→G 的方法合成 I。I 的结构为_____,第①步的化学反应方程式为_____。

14. (2025·湖南卷 T17)(15 分)化合物 F 是治疗实体瘤的潜在药物。F 的一条合成路线如下(略去部分试剂和条件):



回答下列问题:

(1) A 的官能团名称是_____、_____。

(2) B 的结构是_____。

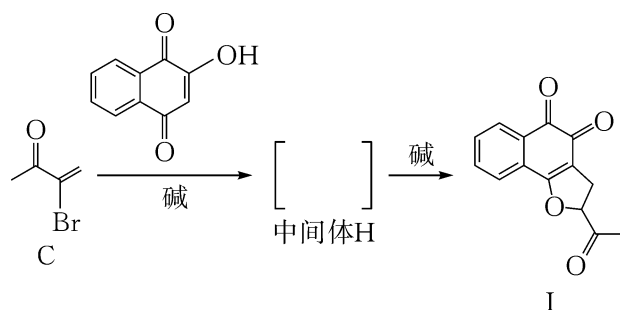
(3) E 生成 F 的反应类型是_____。

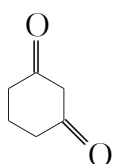
(4) F 所有的碳原子_____ (填“可能”或“不可能”)共面。

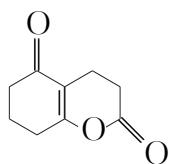
(5) B 在生成 C 的同时,有副产物 G 生成。已知 G 是 C 的同分异构体,且与 C 的官能团相同。

G 的结构简式是_____,_____ (考虑立体异构)。

(6) C 与 生成 E 的同时,有少量产物 I 生成(如图),此时中间体 H 的结构简式是_____。

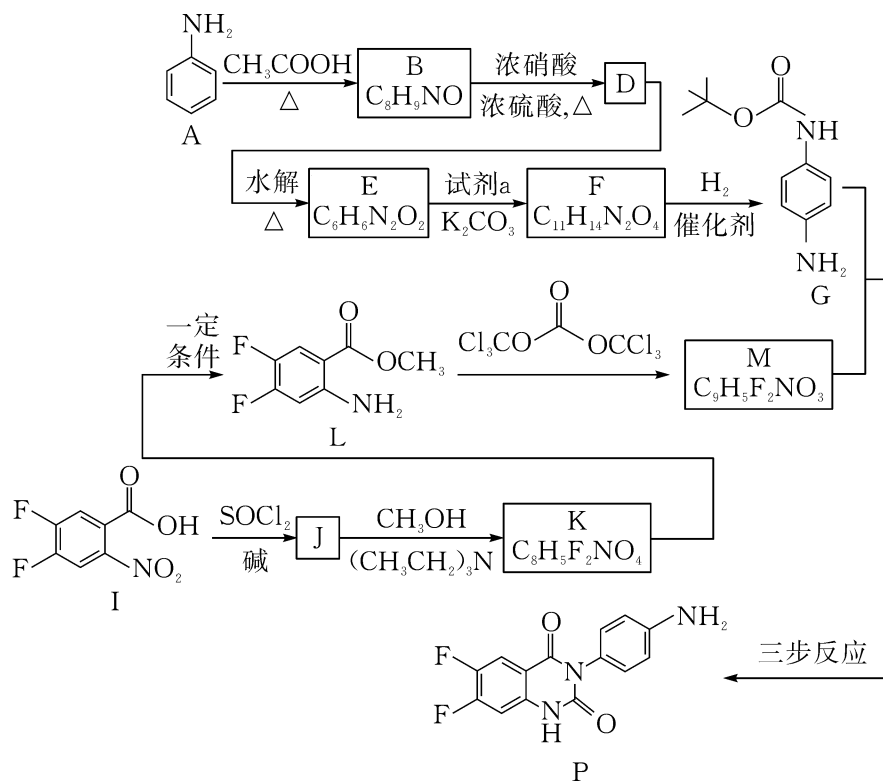


(7) 依据以上流程信息, 结合所学知识, 设计以  和 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CN}$ 为原料合成

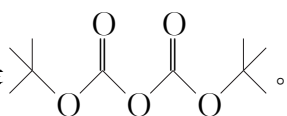


的路线(无机试剂和溶剂任选)。

15. (2025 · 北京卷 T17) (12 分) 一种受体拮抗剂中间体 P 的合成路线如下。



已知: ① $\text{RCOOH} \xrightarrow[\text{碱}]{\text{SOCl}_2} \text{RCOCl}$;

② 试剂 a 是 .

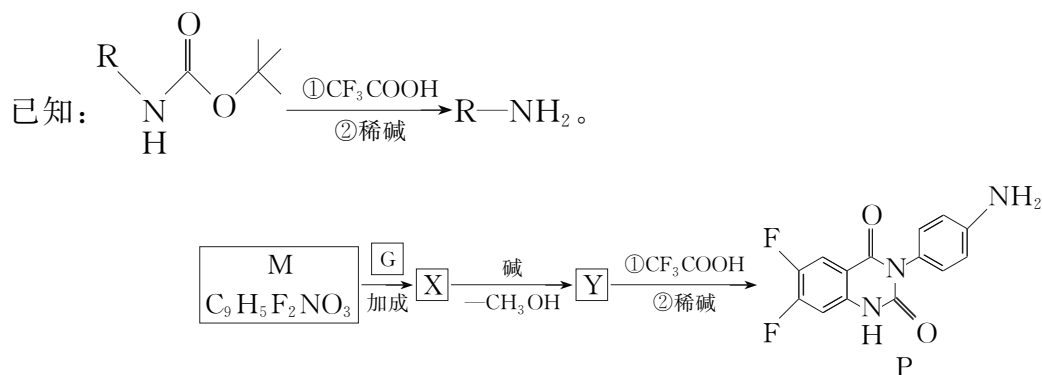
(1) I 分子中含有的官能团是硝基和_____。

(2) B → D 的化学方程式是_____。

(3) 下列说法正确的是_____ (填序号)。

- a. 试剂 a 的核磁共振氢谱有 3 组峰
- b. J → K 的过程中, 利用了 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$ 的碱性
- c. F → G 与 K → L 的反应均为还原反应

(4) 以 G 和 M 为原料合成 P 分为三步反应(如图)。



① M 含有 1 个 sp 杂化的碳原子。M 的结构简式为_____。

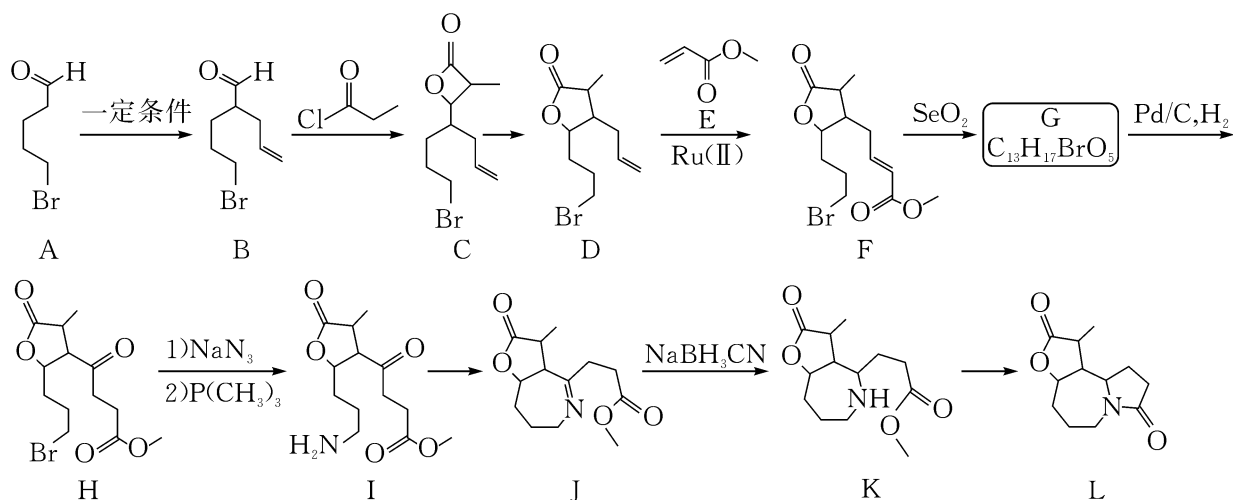
② Y 的结构简式为_____。

(5) P 的合成路线中, 有两处氨基的保护, 分别是:

① A → B 引入保护基, D → E 脱除保护基;

②_____。

16. (2025 · 云南卷 T18) (15 分) 化合物 L 是某中药的活性成分。一种合成路线如下(略去部分试剂与反应条件, 忽略立体化学)。



已知: 在 $\text{Ru}(\text{II})$ 的催化下, 端烯烃 $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 和 $\text{R}'-\text{CH}=\text{CH}_2$ 发生烯烃复分解反应得到产物 $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}-\text{R}'$ 。

回答下列问题:

(1) A 中含氧官能团的名称为_____。

(2) 对比 C 和 D 的结构, 可以推知 C 和 D 的_____ (填序号) 不相同。

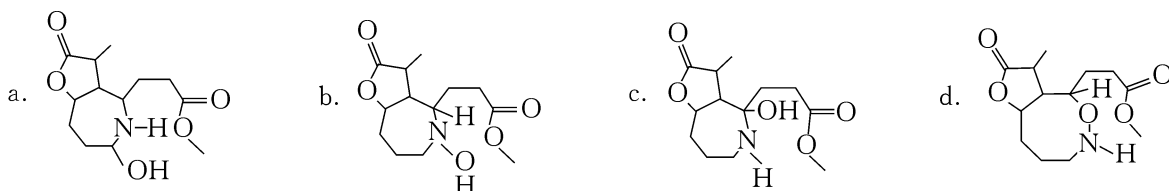
- a. 分子式
- b. 质谱图中的碎片峰
- c. 官能团

(3) D → F 中另一产物的化学名称为_____。

(4) E 发生加聚反应, 产物的结构简式为_____。

(5) F → G 的反应类型为_____。

(6) 羰基具有较强的极性。I → J 经历了加成和消去的过程, 其中间体的结构为_____ (填序号)。



(7) K → L 的化学方程式为_____。

(8) 写出一种满足下列条件的 L 的同分异构体的结构简式:_____。

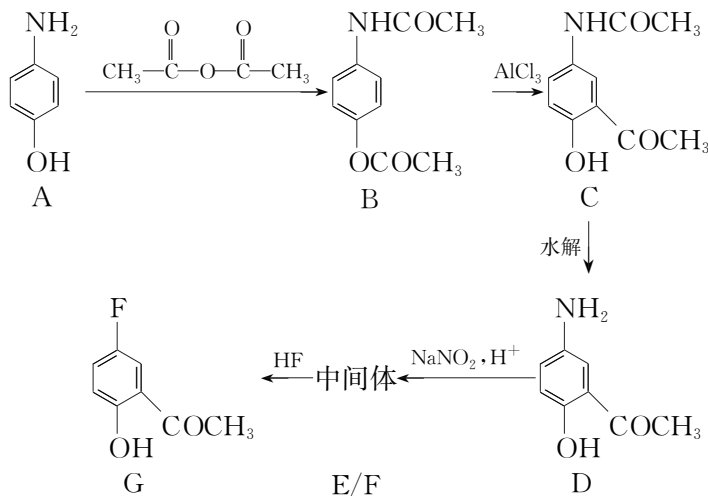
(不考虑立体异构)。

①能与 FeCl_3 发生显色反应; 1 mol 该物质与足量 NaOH 溶液反应, 消耗 3 mol NaOH 。

②核磁共振氢谱显示 6 组峰, 且峰面积比为 9 : 2 : 2 : 2 : 1 : 1。

③含有酯基和氨基(或取代的氨基, $-\text{NR}''\text{R}'''$, R'' 和 R''' 可以是 H 或烃基)。

17. (2025 · 湖北卷 T17) (13 分) 化合物 G 是某药物的关键原料, 合成路线如下:



回答下列问题:

(1) 化合物 A 分子内含氧官能团的名称为_____。

(2) 化合物 A → B 的反应类型为_____反应。B 的核磁共振氢谱有_____组峰。

(3) 能用于分离化合物 B 和 C 的试剂为_____ (填序号)。

a. NaHCO_3 水溶液

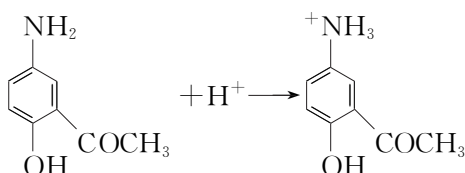
b. Na_2CO_3 水溶液

c. Na_2SO_4 水溶液

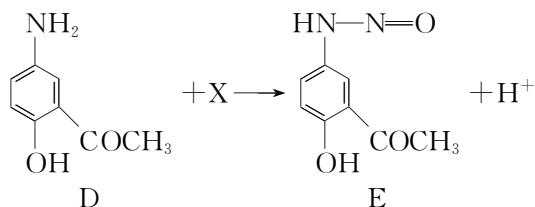
(4) C → D 的反应方程式为_____。

在 A 的氮原子上引入乙酰基($\text{CH}_3\text{CO}-$)的作用是_____。

(5) 化合物 D 与 H^+ 间的反应方程式:

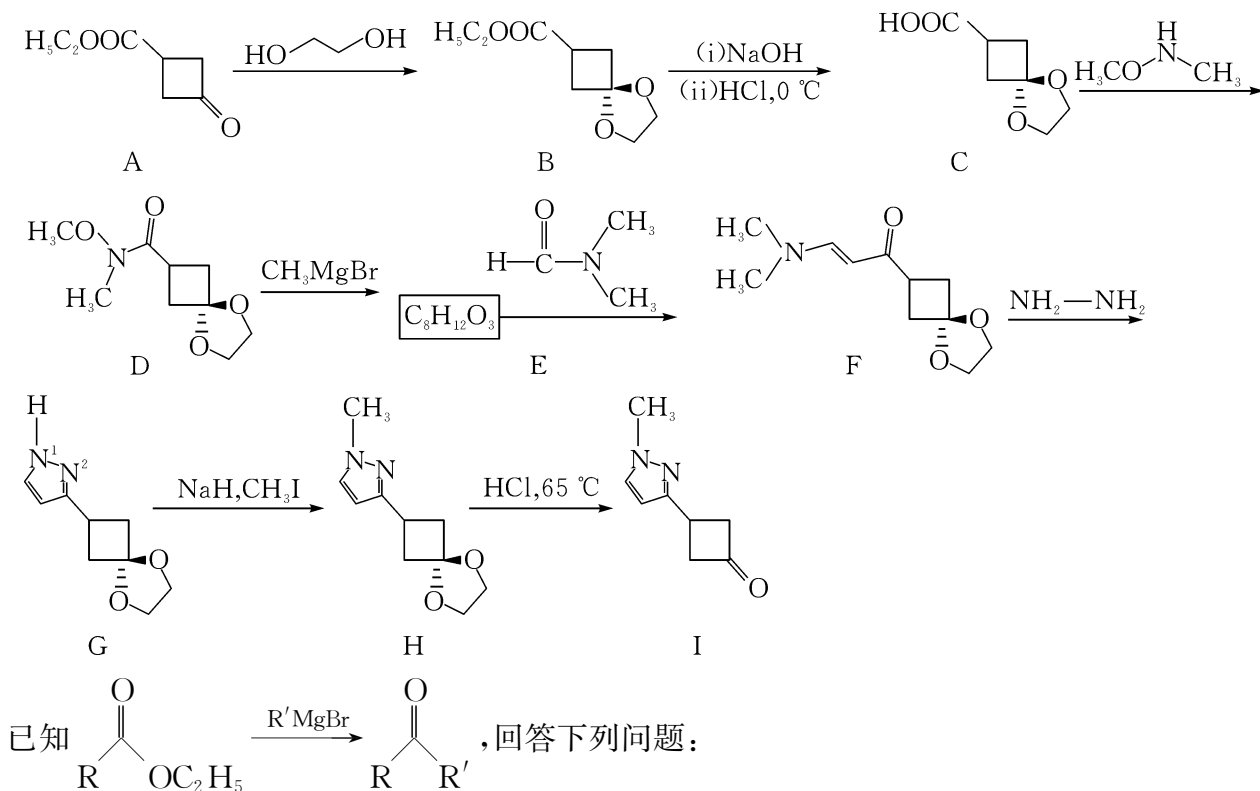


用类比法,下列反应中 X 的结构简式为_____。



(6) E 存在一种含羰基异构体 F,二者处于快速互变平衡。F 与 HF 反应可生成 G,写出 F 的结构简式:_____。

18. (2025 · 江西卷 T15) 一种抗癌药物中间体(I),其合成步骤如图(部分试剂和条件略去)。



- (1) 化合物 B _____ (填“含”或“不含”)手性碳原子。
- (2) B 到 C 的有机反应类型是_____。
- (3) 写出由 D 生成 E 的化学反应方程式:_____。
- (4) 已知化合物 G 含 Π_5^6 键,则 G 中 _____ (填“1”或“2”)号氮原子碱性更强。
- (5) 化合物 H 中核磁共振氢谱峰有 _____ 组峰。
- (6) H 到 I 反应的目的是_____。
- (7) 参照上述合成路线,画出 A 的同分异构体中可由乙二醇与环戊二酮合成的结构(写出三种,不考虑立体异构)。