

2024年1月“九省联考”考后提升卷（安徽卷）

高三化学

（考试时间：75分钟 试卷满分：100分）

注意事项：

- 1.答卷前，务必将自己的姓名和座位号填写在答题卡和试卷上。
- 2.回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，务必擦净后再选涂其它答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
- 3.考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 N 14 O 16 Na 23 S 32 Cl 35.5 Fe 56 Zn 65 Ti 48

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. “银朱”主要成分为 HgS 。《天工开物》记载：“凡将水银再升朱用，故名曰银朱...即漆工以鲜物采，唯（银朱）入桐油则显...若水银已升朱，则不可复还为汞。”下列说法错误的是
- A. “银朱”可由 Hg 和 S 制备
B. “银朱”可用于制作颜料
C. “桐油”为天然高分子
D. “水银升朱”不是可逆反应

【答案】C

【详解】A. Hg 和 S 反应可生成 HgS ， $\text{S} + \text{Hg} = \text{HgS}$ ，A 正确；

B. HgS 是红色固体，可用于制作颜料，B 正确；

C. “桐油”中含有油脂类物质，属于甘油三酯，不是高分子化合物，C 错误；

D. 由“若水银已升朱，则不可复还为汞”可知，生成 Hg 与 S 反应生成 HgS 不是可逆反应，D 正确；

故选 C。

2. 物质的性质决定用途，下列两者对应关系错误的是

- A. 氧化铝熔点高，可用于制作耐火材料
B. ClO_2 有还原性，可用于自来水消毒
C. 维生素 C 具有还原性，可用作食品抗氧化剂
D. Na_2O_2 能与 CO_2 反应生成 O_2 ，可作潜水艇中的供氧剂

【答案】B

【详解】A. 氧化铝熔点高，因此可用于制作耐火材料，A 正确；

B. ClO_2 有氧化性，可用于自来水消毒，B 错误；

C. 维生素 C 具有还原性，可用作食品抗氧化剂，防止食品被氧化，C 正确；

D. Na_2O_2 能与 CO_2 反应生成 O_2 ，可作供氧剂，D 正确；

故选 B。

3. 石灰氮(CaCN_2)是一种氮肥，与土壤中的 H_2O 反应生成氰胺($\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$)，氰胺可进一步转化为尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]。下列有关说法不正确的是

A. $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ 为极性分子

B. 中子数为 20 的钙原子的质量数为 40

C. $1\text{mol H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ 分子中含 4mol 共价键

D. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 分子中不含非极性共价键

【答案】C

【详解】A. $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ 分子中，正负电荷中心不重合为极性分子，为极性分子，故 A 正确；

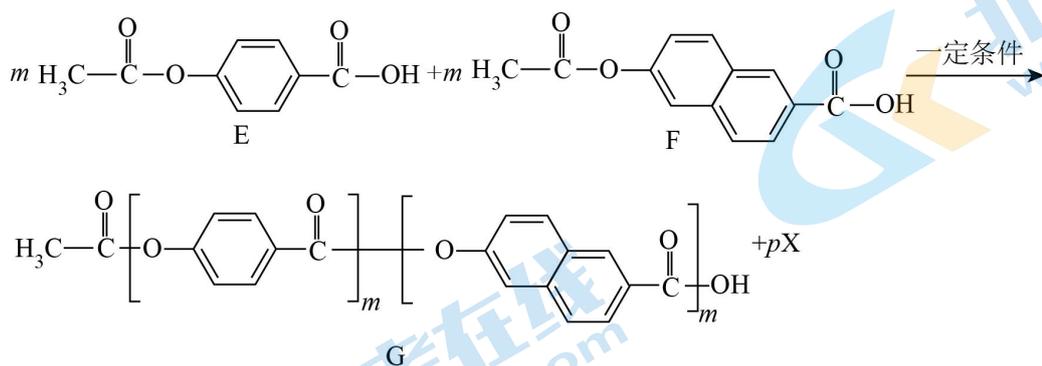
B. 中子数为 20 的钙原子，质子数为 20，质量数为 40，故 B 正确；

C. $1\text{mol H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ 分子中含 2mol N-H 共价键， 1mol N-C 共价键， $\text{C}\equiv\text{N}$ 中含 $1\text{mol}\sigma$ 键， $2\text{mol}\pi$ 键，共含共价键 6mol ，故 C 错误；

D. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 分子中有 1 个羰基和 2 个氨基，不含非极性共价键，故 D 正确；

故选：C。

4. 一种在航空航天、国防军工等领域具有应用前景的液晶聚芳酯 G 可由如下反应制备。下列说法错误的是



A. $p = 2m - 1$ ，化合物 X 为乙酸

B. 化合物 F 最多有 24 个原子共平面

C. 反应说明化合物 E 可发生缩聚反应

D. 聚芳酯 G 与稀 H_2SO_4 和 NaOH 溶液均可反应

【答案】B

【详解】A. 由上述方程式可以判断，X 为羟基和 CH_3CO 结合成的乙酸分子，p 等于 $2m-1$ ，故 A 正确；

B. F 中，左侧甲基上的 3 个氢有 1 个可能与右边的分子整体共平面，故最多有 25 个原子可能共平面，故 B 错误；

C. 由方程式可知，E 分子中含有酯基和羧基，E 也可以发生缩聚反应，故 C 正确；

D. 聚芳酯 G 中含有酯基，稀 H_2SO_4 和 NaOH 溶液均可发生水解反应，故 D 正确。

答案选 B。

5. O_2 和 O_3 互为同素异形体，臭氧分子极性较小；离子液体在室温或者稍高于室温会呈现液态，如盐

$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3$ 的熔点只有 12°C ；分子间氢键广泛存在，如形成平面型多聚硼酸晶体等。下列说法正确的是

A. O_3 在水中的溶解度小于在四氯化碳中的溶解度

B. SO_4^{2-} 和 SO_3^{2-} 的中心原子杂化方式不相同

C. 大多数离子液体由体积大的阴、阳离子构成

D. 硼酸晶体在水中的溶解度随温度升高而增大与分子间氢键无关

【答案】C

【详解】A. O_3 和水都是极性分子，四氯化碳为非极性分子，根据相似相溶原理， O_3 在水中的溶解度大于在四氯化碳中的溶解度，A 错误；

B. SO_4^{2-} 中心原子 S 原子的价层电子对数为 $4 + \frac{6+2-2 \times 4}{2} = 4$ ， SO_3^{2-} 中心原子 S 原子的价层电子对数为 $3 + \frac{6+2-2 \times 3}{2} = 4$ ，故中心原子都采用 sp^3 杂化，B 错误；

C. 阴阳离子体积较大，使得阴阳离子间距离较大，离子键较弱，离子液体在室温或者稍高于室温会呈现液态，故大多数离子液体由体积大的阴、阳离子构成，C 正确；

D. 硼酸分子之间存在氢键，影响硼酸分子与水分子之间形成氢键，升高温度硼酸溶解度增大是因为硼酸分子间的氢键断裂，重新与水分子形成氢键，D 错误；

故选 C。

6. O_2 和 O_3 互为同素异形体，臭氧分子极性较小，利用臭氧的强氧化性可在 pH 约为 8 时，与废水中 CN^- 反应生成 HCO_3^- 和两种气体；氨水、氧化锌悬浊液等均可以吸收废气中的 SO_2 ；硫铁矿有 FeS_2 、 FeS 等，其中 FeS 能溶于强酸；离子液体在室温或者稍高于室温会呈现液态，如盐 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3$ 的熔点只有 12°C ；分子间氢键广泛存在，如形成平面型多聚硼酸晶体等。下列反应离子反应方程式正确的是

A. 臭氧去除废水中 CN^- ： $5\text{O}_3 + 2\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} = 5\text{O}_2 + \text{N}_2 + 2\text{HCO}_3^-$

B. 少量 SO_2 通入到氧化锌悬浊液: $2\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ZnO} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{HSO}_3^-$

C. 足量 SO_2 通入到氨水中: $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$

D. 少量硫化氢气体通入到硫酸亚铁溶液: $\text{H}_2\text{S} + \text{Fe}^{2+} = \text{FeS} \downarrow + 2\text{H}^+$

【答案】A

【详解】A. 臭氧与废水中 CN^- 反应生成碳酸氢根、氮气和氧气, 由电子守恒、电荷守恒、原子守恒得, 离子方程式为 $5\text{O}_3 + 2\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} = 5\text{O}_2 + \text{N}_2 + 2\text{HCO}_3^-$, A 正确;

B. 少量 SO_2 通入到氧化锌悬浊液中应生成亚硫酸锌, 离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{ZnO} = \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_3^{2-}$, B 错误;

C. 足量 SO_2 通入到氨水中生成亚硫酸氢铵, 离子方程式为 $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$, C 错误;

D. 硫酸的酸性强于硫化氢, 少量硫化氢气体通入到硫酸亚铁溶液中不发生反应, D 错误;

故选 A。

7. 下列关于不同价态含硫物质的转化实验中硫元素的化合价变化叙述合理的是

选项	A	B	C	D
实验				
化合价变化	0价→+2价	0价→+6价	+4价→+6价	+6价→+4价

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【详解】A. 铁和硫加热反应生成硫化亚铁, 硫的化合价从0价→-2价, 故A不符合题意;

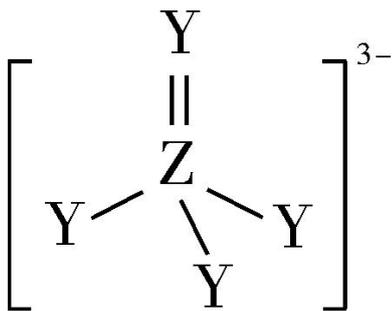
B. 硫和氧气点燃生成二氧化硫, 硫的化合价从0价→+4价, 故B不符合题意;

C. 二氧化硫和铁离子反应生成硫酸根和亚铁离子, 硫的化合价从+4价→+6价, 故C符合题意;

D. 胆矾加热失去结晶水变为无水硫酸铜, 硫的化合价未变, 故D不符合题意。

综上所述, 答案为 C。

8. 化合物 XWZY_4 可用作电极材料, 其中基态 W 原子的价层电子排布式为 $nd^{2n}(n+1)s^{n-1}$ 。该电极材料所含阴离子的结构如图所示, X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期元素, X、Y 同周期, Y 原子的电子总数与 Z 原子的 L 层电子数相等。下列说法错误的是



- A. 简单离子半径: $X < Y < Z$
- B. 简单氢化物的熔沸点: $Y > Z$
- C. X 单质在 Y 单质中燃烧, 其主要产物中含有非极性共价键
- D. W 原子有 15 种空间运动状态不同的电子

【答案】C

【详解】A. 根据层多径大, 同电子结构核多径小, 则简单离子半径: $\text{Li}^+ < \text{O}^{2-} < \text{P}^{3-}$, 故 A 正确;

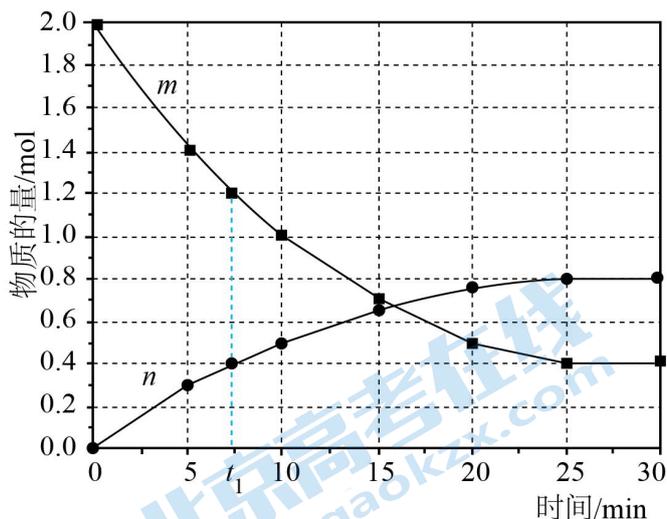
B. 水分子间含有氢键, 熔沸点: $\text{H}_2\text{O} > \text{PH}_3$, 故 B 正确;

C. Li 在氧气中燃烧, 主要产物为 Li_2O , 不含非极性共价键, 故 C 错误;

D. 铁原子的原子轨道数为 15, 故空间运动状态有 15 种, 故 D 正确;

故选 C。

9. 某温度条件下, 在某恒压容器中发生反应 $\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, 部分反应物和生成物的物质的量随时间变化如图所示(曲线 m、n)。下列说法正确的是



A. m 表示 C 的物质的量随时间的变化

B. t_1 时刻反应速率: $v(\text{m})_{\text{正}} < 2v(\text{n})_{\text{逆}}$

C. 此反应的平衡常数 $K = 4$

D. 平衡后充入 1mol Ar ，再次达到平衡时物质 n 的物质的量大于 0.8mol

【答案】C

【详解】A. C 为固体，随着反应的进行，反应物 m 呈降低趋势， m 表示的是一氧化氮的物质的量随时间的变化，A 错误；

B. t_1 时刻之后，曲线 m 代表的反应物在持续减少，曲线 n 代表的生成物在持续增加，则该时刻反应向正反应方向进行， $v(m)_{\text{正}} > 2v(n)_{\text{逆}}$ ，B 错误；

C. 25min 之后，曲线 m 、 n 不再变化，反应物、生成物的物质的量不再变化，该反应达到平衡，根据图中

数据列出三段式

	$\text{C(s)} + 2\text{NO(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$	
起始(mol)	2.0	0
转化(mol)	1.6	0.8
平衡(mol)	0.4	0.8

，该反应前后气体分子数不变，则气

体体积不变，容器体积不变，设反应过程中体积为 1L ， $K = \frac{0.8\text{mol/L} \times 0.8\text{mol/L}}{(0.4\text{mol/L})^2} = 4$ ，C 正确；

D. 平衡后充入 1mol Ar ，恒压容器中，容器体积增大，各气体物质浓度同比例降低，由于该反应前后气体分子数不变，再次达到平衡时，物质 n 的物质的量等于 0.8mol ，D 错误；

故选 C。

10. 根据下列实验操作和现象能得出相应结论的是

选项	实验操作和现象	结论
A	室温下，向苯酚钠溶液中滴加少量盐酸，溶液变浑浊	酸性：盐酸 > 苯酚
B	向 $10\text{mL } 0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液中滴入 2 滴 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgCl}_2$ 溶液，产生白色沉淀后，再滴加 2 滴 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液，产生红褐色沉淀	相同温度下： $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] > K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]$
C	测定浓度均为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COONa 与 HCOONa 溶液的 pH， CH_3COONa 溶液的 pH 较大	结合 H^+ 的能力： $\text{HCOO}^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$

D	向 KBr 溶液中加入少量苯，通入适量 Cl_2 后充分振荡，有机层变为橙色	还原性： $\text{Cl}^- > \text{Br}^-$
---	---	----------------------------------

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【详解】A. 向苯酚钠溶液中滴加少量盐酸，溶液变浑浊说明有苯酚生成，根据强酸制弱酸可知，A 正确；

B. 氢氧化钠溶液过量，氯化铁能和氢氧化钠直接反应生成氢氧化铁红褐色沉淀，不能证明二者 K_{sp} 的大小，

B 错误；

C. 测定浓度均为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CH_3COONa 与 HCOONa 溶液的 pH， CH_3COONa 溶液的 pH 较大说明 CH_3COO^-

水解程度大，故结合 H^+ 的能力： $\text{HCOO}^- < \text{CH}_3\text{COO}^-$ ，C 错误；

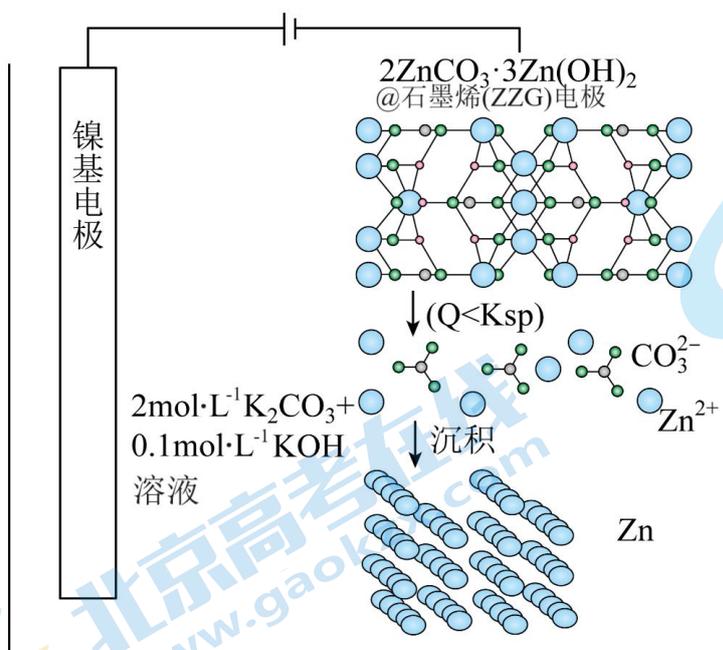
D. 向 KBr 溶液中加入少量苯，通入适量 Cl_2 后充分振荡，有机层变为橙色说明氯气置换出溴单质，氧化性：

氯气 > 溴单质，故还原性 $\text{Cl}^- < \text{Br}^-$ ，D 错误；

故选 A

11. 复旦大学科研人员采用金属碳酸盐和独特的固-固转换反应，设计出 $2\text{ZnCO}_3\cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$ @石墨烯(ZZG) 电极的概念电池，表现出 91.3% 的高锌利用率，且寿命长达 2000 次，其充电时的工作原理如图所示：

电极的概念电池，表现出 91.3% 的高锌利用率，且寿命长达 2000 次，其充电时的工作原理如图所示：



下列说法正确的是

A. 放电时的电极电势：ZZG 电极 > 镍基电极

B. 充电时阴极附近电解液中 $n(\text{OH}^-)$ 增大

C. 放电时 CO_3^{2-} 移向镍基电极

D. 放电时当外电路中有 2mol 电子转移时, ZZG 电极就会析出 1mol 固体

【答案】B

【分析】该装置有外接电源, 属于电解装置, 根据电解原理进行分析, 镍基电极为阳极, 另外一极为阴极, 据此分析;

【详解】A. 由充电时电极连接方式可知 ZZG 电极在放电时是负极, 负极的电势低于正极, 故 A 错误;

B. 放电时负极电极反应式为 $5\text{Zn} + 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{OH}^- - 10\text{e}^- = 2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$, 充电时阴极反应式为

$2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 + 10\text{e}^- = 5\text{Zn} + 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$, $n(\text{OH}^-)$ 增大, 故 B 正确;

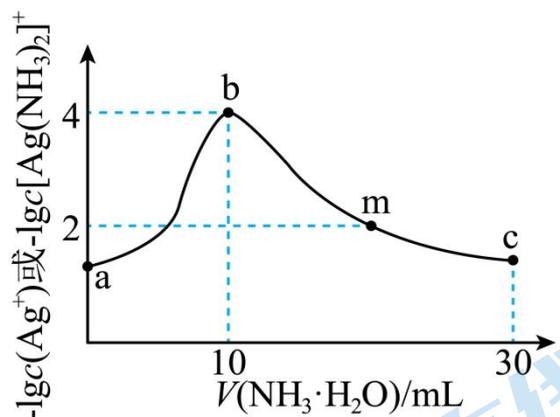
C. 放电时, 阴离子移向负极, 故 C 错误;

D. 放电时, ZZG 电极的电极反应式为 $5\text{Zn} + 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{OH}^- - 10\text{e}^- = 2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$, 当电路中有 2mol 电子转移时, ZZG 电极会产生 $0.2\text{mol}[2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2]$, 故 D 错误;

答案为 B。

12. 常温下, 向 $10\text{mL} 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液中逐滴加入等浓度的氨水。反应过程中, $-\lg c(\text{Ag}^+)$ 或

$-\lg c[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 与加入氨水体积的关系如图所示。下列说法正确的是



A. a 点溶液中: $c(\text{NO}_3^-) = c(\text{Ag}^+)$

B. 已知 $K_{\text{sp}}(\text{AgOH}) \approx 10^{-8}$, 则 b 点溶液的 pH 约为 8

C. 从 b 到 c 的过程中, 水的电离程度增大

D. m 点溶液中: $c(\text{NO}_3^-) - c(\text{Ag}^+) - c(\text{NH}_4^+) < 0.01\text{mol/L}$

【答案】D

【详解】A. a点溶液为10mL0.1mol·L⁻¹AgNO₃溶液，Ag⁺部分水解，所以c(NO₃⁻)>c(Ag⁺)，故A错误；

B. b点溶液中Ag⁺刚好完全生成AgOH，此时 $-\lg c(\text{Ag}^+) = 4$ ， $c(\text{Ag}^+) = 10^{-4}$ ，已知 $K_{\text{sp}}(\text{AgOH}) \approx 10^{-8}$ ，所

以 $c(\text{OH}^-) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgOH})}{c(\text{Ag}^+)} = \frac{10^{-8}}{10^{-4}} = 10^{-4}$ ，则 $c(\text{H}^+) = 10^{-10}$ ，b点溶液的pH约为10，故B错误；

C. b到c的过程为 $\text{AgOH} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ，生成OH⁻，抑制水的电离，故C错误；

D. 根据电荷守恒， $c(\text{NO}_3^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Ag}^+) + c(\text{NH}_4^+) + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + c(\text{H}^+)$ ，m点溶液中 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的

浓度为0.01mol/L，溶液呈碱性，所以 $c(\text{NO}_3^-) < c(\text{Ag}^+) + c(\text{NH}_4^+) + 0.01\text{mol/L}$ ，即

$c(\text{NO}_3^-) - c(\text{Ag}^+) - c(\text{NH}_4^+) < 0.01\text{mol/L}$ ，故D正确；

故答案选D。

13. 硫代碳酸钠(Na₂CS₃)可用于处理工业废水中的重金属离子，可通过如下反应制备：

$2\text{NaHS} + \text{CS}_2 = \text{Na}_2\text{CS}_3 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。下列说法正确的是

A. NaHS中仅存在离子键

B. CS₂的空间构型为直线形

C. CS₃²⁻中C原子为sp³杂化

D. H₂S的电子式为H:S:H

【答案】B

【详解】A. NaHS是酸式盐，其中存在离子键和共价键，A错误；

B. CS₂分子结构与CO₂相似，C原子与2个S原子形成2个C=S共价键，三个原子在同一直线上，其空间构型为直线形，B正确；

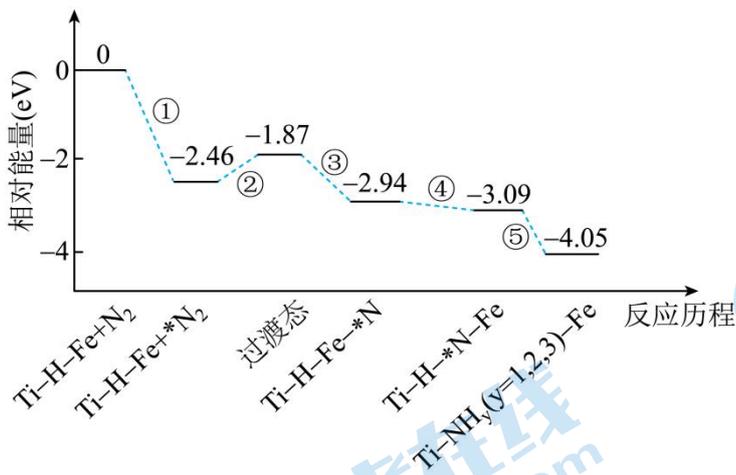
C. CS₃²⁻中C原子的价层电子对数是 $3 + \frac{4+2-2 \times 3}{2} = 3$ ，故C原子为sp²杂化，C错误；

D. S原子最外层有6个电子，S原子与2个H原子形成2对共用电子对，使分子中各个原子都达到稳定结构，故H₂S的电子式为 $\text{H} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{S}}} : \text{H}$ ，D错误；

故合理选项是B。

14. 2019年9月，我国科研人员研制出Ti—H—Fe双温区催化剂，其中Ti—H区域和Fe区域的温度差可超过100℃。Ti—H—Fe双温区催化合成氨的反应历程如图所示，其中吸附在催化剂表面上的物种用*标注。

下列说法错误的是()



- A. ①②③在高温区发生，④⑤在低温区发生
- B. 该历程中能量变化最大的是 2.46eV，是氮分子中氮氮三键的断裂过程
- C. 在高温区加快了反应速率，低温区提高了氨的产率
- D. 使用 Ti-H-Fe 双温区催化合成氨，不会改变合成氨反应的反应热

【答案】B

【详解】A. ①为催化剂吸附 N_2 的过程，②为形成过渡态的过程，③为 N_2 解离为 N 的过程，以上都需要在高温时进行，目的是加快反应速率；而④⑤为了增大平衡产率，需要在低温下进行，故 A 正确；

B. 由图可知，历程中能量变化最大的是 2.46eV，该过程为 N_2 的吸附过程，氮氮三键没有断裂，故 B 错误；

C. 升高温度可提高反应速率，所以高温区加快了反应速率，但合成氨的反应为放热反应，所以低温区可提高氨的产率，故 C 正确；

D. 催化剂能改变反应历程，降低反应的活化能，但不能改变反应的始态和终态，即不能改变反应的反应热，故 D 正确；

故答案为 B。

二、非选择题：本题共 4 小题，共 58 分。

15. 钛白粉(纳米级 TiO_2)广泛用作功能陶瓷、催化剂、化妆品和光敏材料等白色无机颜料，是白色颜料中着色力最强的一种，具有优良的遮盖力和着色牢度，适用于不透明的白色制品。以钛铁矿(主要成分为 $FeTiO_3$ 、 MgO)为原料制备高纯度钛白粉，同时得到绿矾的工艺流程如图 1。

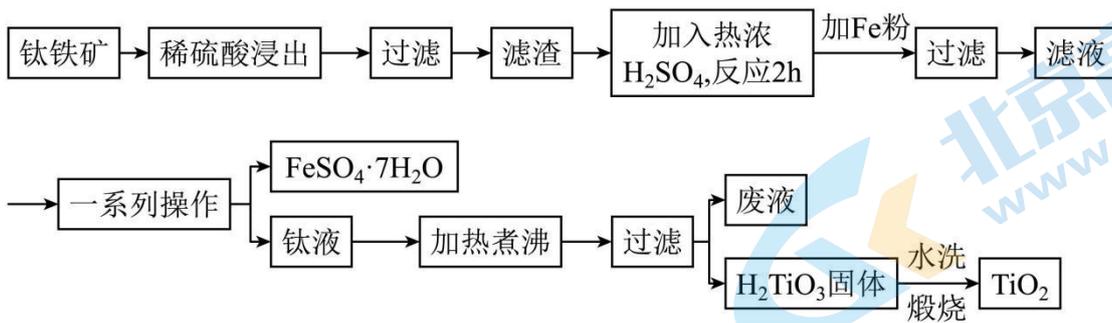
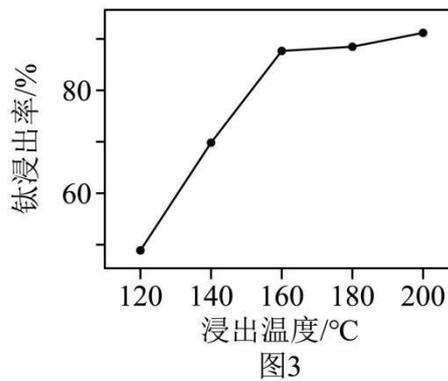
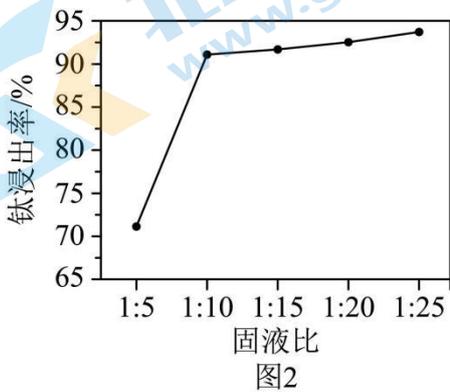


图1

已知：常温下，稀硫酸几乎与 FeTiO_3 不反应。

- (1) 稀硫酸浸出的目的是_____。
- (2) 图2、图3分别为不同固液比、温度下滤渣与热浓硫酸反应时的 Ti 浸出率，据图分析，最适合的固液比和温度分别是_____和_____，原因为_____。



- (3) 若用浓硫酸浸出后 Ti 元素的存在形式为 TiO^{2+} ，则浓硫酸与 FeTiO_3 反应的化学方程式为_____。
- (4) “一系列操作”得到的绿矾先用稀钛液洗涤，再用冰水洗涤的目的是_____，过滤时用到的玻璃仪器有玻璃棒、_____。
- (5) 将钛液加热煮沸的目的是_____。
- (6) 若取 10kg 钛铁矿(FeTiO_3 的质量分数为 95%)，经过上述流程(钛元素在整个流程中损失率为 5%)，则可制得钛白粉固体的质量为_____kg。

【答案】 (14分，除标注外每空1分) (1) 除去 MgO

(2) 1: 10 160°C 增大固液比和升高温度，对钛浸出率的提升不大，且增加生产成本 (2分)

(3) $2\text{FeTiO}_3 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{TiOSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ (2分)

(4) 回收绿矾表面吸附的钛液，并减少绿矾的溶解 (2分) 漏斗、烧杯 (2分)

(5) 促进 TiO^{2+} 水解成 H_2TiO_3

(6) 4.75 (2分)

【分析】 由于稀硫酸几乎与 FeTiO_3 不反应，在钛铁矿中加入稀硫酸，可将钛铁矿中的氧化镁溶解除去，再

将滤渣 (FeTiO_3) 用浓硫酸进行浸取, 将钛元素转化为可溶解的 TiO^{2+} , 再加入铁粉, 将多余的硫酸反应掉, 同时生成硫酸亚铁, 在经过一系列操作, 将其分离, 从而制得绿矾晶体, 最后再将钛转化为 H_2TiO_3 , 加热分解即可制得钛白粉。

【详解】(1) 已知, 常温下, 稀硫酸几乎与 FeTiO_3 不反应, 而氧化镁属于碱性氧化物, 可与稀硫酸反应, 因此, 稀硫酸浸出的目的除去氧化镁;

(2) 由图 2 可知, 当固液比为 1:10 时, 钛浸出率已经达到 90% 以上, 在增大固液比, 钛浸出率增大量很小, 但却需要使用大量的硫酸, 增加成本, 故最适合的固液比为 1:10。由图 3 可知, 当温度为 160°C 时, 钛浸出率已经很高了, 再提高温度, 钛浸出率增大量很小, 但却需要消耗大量的能源, 增加成本, 故最适宜温度为 160°C ;

(3) 由题意知, 用浓硫酸浸出后 Ti 元素以 TiO^{2+} 的形式存在, 故反应方程为: 2



(4) “一系列操作”, 是蒸发浓缩、冷却结晶、过滤, 是为了将绿矾晶体与钛液分离开来, 但是在过滤操作后, 得到的绿矾晶体表面还残留得有部分钛液, 用冷水洗涤的目的是为了将绿矾晶体表面的钛液洗去, 重新回收利用, 由于冰水的温度较低, 可以降低绿矾晶体的溶解度, 减少绿矾的溶解。过滤操作用到的玻璃仪器有烧杯、漏斗、玻璃杯;

(5) 由于钛液中的 TiO^{2+} 会发生水解, 将钛液进行加热煮沸的目的是为了促进钛液中的 TiO^{2+} 水解生成 H_2TiO_3 ;

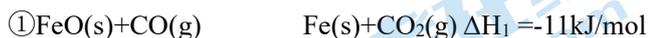
(6) 10kg 钛铁矿中含有的 FeTiO_3 的质量为: $m = 10\text{kg} \times 95\% = 9.5\text{kg}$, 钛元素在整个流程中损失率为 5%, 设钛白粉的质量为 x kg

由钛守恒得

FeTiO_3	~	TiO_2
152		80
$9.5 \times (1 - 5\%)$		x

解 $x = 4.75\text{kg}$ 。

16. 高炉炼铁是重要的工业过程, 冶炼过程中涉及如下反应:



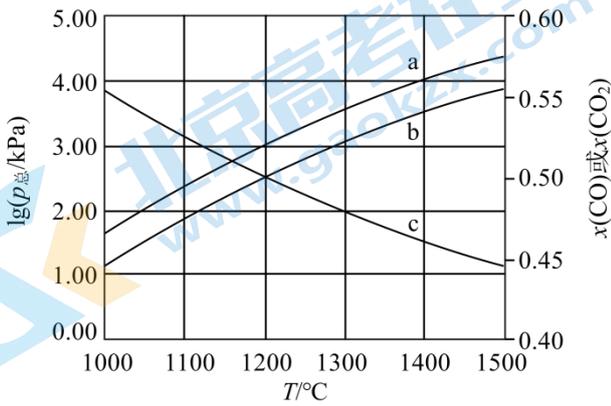
(1) 反应③的 $\Delta H =$ _____ kJ/mol 。

(2) 在恒温恒容密闭容器中投入足量石墨与 CO_2 进行反应③, 可判定其达到平衡的条件有 _____ (填序号)。

- A. 容器总压保持不变
- B. 石墨断开 3mol 碳碳σ键的同时，CO 断开 2mol 碳氧三键
- C. CO 的体积分数保持不变
- D. $\frac{c^2(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)}$ 保持不变

(3) 反应②的压力平衡常数表达式 $K_{p2} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

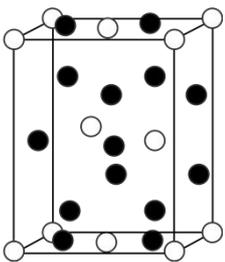
(4) 恒容密闭容器中加入足量 C、FeO，进行上述反应。改变温度，测得平衡时容器总压的对数 $\lg(p_{\text{总}}/\text{kPa})$ 、各气体的物质的量分数 $x(\text{CO})$ 、 $x(\text{CO}_2)$ 的变化如图所示：



① $x(\text{CO})$ 对应的曲线是 (填序号)，判断依据是 。

② 在 1200°C 下进行上述反应，平衡时 CO_2 分压为 kPa，反应①在此温度下的压力平衡常数 $K_{p1} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(5) 高炉炼铁过程中会生成“渗碳体” Fe_3C (相对分子质量为 M)，晶胞为长方体 (如图)，晶胞参数为 $a \text{ pm}$ ， $b \text{ pm}$ ， $c \text{ pm}$ ，阿伏加德罗常数为 N_A ，则其密度为 g/cm^3 (用含 M 、 a 、 b 、 c 、 N_A 的式子表示)。



【答案】 (16分，每空2分) (1) +172.5 (2) ACD (3) $p(\text{CO})$

(4) b b、c 两条曲线的右坐标之和恒为 1，对应体系中的两种气体；反应①为放热反应，其平衡常数

$$K = \frac{p(\text{CO}_2)}{p(\text{CO})} \text{ (或 } \frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{CO})}) = \frac{x(\text{CO}_2)}{x(\text{CO})} \text{ 随温度升高而降低，因此 } x(\text{CO}) \text{ 随着温度升高而升高，对应曲线 b} \quad 500$$

1 (5) $\frac{4M}{N_A abc \times 10^{-30}}$

【详解】 (1) 由 3 个方程式可知，反应③的 $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1$ ，所以 $\Delta H = 161.5 - (-11) = 172.5 \text{ kJ/mol}$ ；

(2) A. 该反应是气体物质的量前后不等的反应, 所以当压强不变时, 可以说反应达到了平衡, A 正确;

B. 1mol 石墨参与反应是断开 2mol 碳碳σ键, B 错误;

C. CO 的体积分数不变, 说明各物质的物质的量都不变, 可以说明达到了平衡, C 正确;

D. $\frac{c^2(\text{CO})}{c(\text{CO}_2)}$ 保持不变, 说明温度不变, 说明反应达到了平衡, D 正确;

故选 ACD;

(3) 反应②中氧化亚铁、碳、铁都是固体, 只有一氧化碳是气体, 因此压力平衡常数表达式 $K_{p2} = p(\text{CO})$;

(4) ①b、c 两条曲线的右坐标之和恒为 1, 对应体系中的两种气体, 反应①为放热反应, 其平衡常数

$K = \frac{p(\text{CO}_2)}{p(\text{CO})}$ (或 $\frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{CO})} = \frac{x(\text{CO}_2)}{x(\text{CO})}$) 随温度升高而降低, 因此 $x(\text{CO})$ 随着温度升高而升高, 所以对应曲线 b;

②温度为 1200°C 时, $x(\text{CO}_2) = x(\text{CO})$, 由于总压为 1000 kPa, 所以二氧化碳的分压为 500 kPa; 温度为 1200°C

时, 由于 $x(\text{CO}_2) = x(\text{CO})$, 所以可知 $p(\text{CO}_2) = p(\text{CO})$, $K_{p1} = \frac{p(\text{CO}_2)}{p(\text{CO})} = 1$;

(5) 晶胞的密度 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{M}{N_A} \times 4}{(a \times 10^{-10}) \times (b \times 10^{-10}) \times (c \times 10^{-10})} = \frac{4M}{N_A abc \times 10^{-30}} \text{g/cm}^3$ 。

17. 配合物三氯化六氨合钴 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 是合成其它一些 Co(III)配合物的原料, 实验室用 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的实验步骤如下:

已知: 三氯化六氨合钴不溶于乙醇, 常温水中溶解度较小。

步骤 i: 在锥形瓶中, 将适量 NH_4Cl 溶于水中, 加热至沸腾, 加入研细的一定量 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体, 溶解得到混合溶液。

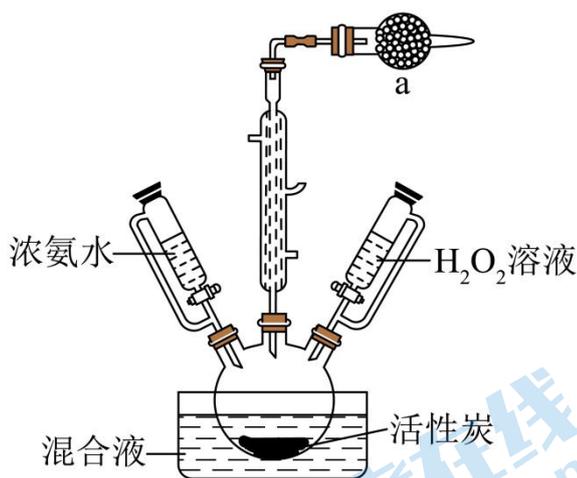
步骤 ii: 将上述混合液倒入三颈烧瓶中, 加入少量活性炭, 冷却, 利用如下装置先加入浓氨水, 再逐滴加入一定量 5% H_2O_2 溶液, 水浴加热至 50 ~ 60°C, 保持 20min。

步骤 iii: 然后用冰浴冷却至 0°C 左右, 吸滤, 不必洗涤沉淀, 直接把沉淀溶于 50mL 沸水中, 水中含浓盐酸。

趁热吸滤, 再慢慢加入一定量浓盐酸于滤液中, 即有大量橙黄色晶体 $([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3)$ 析出。

步骤 iv: 用冰浴冷却后吸滤, 洗涤晶体, 吸干。

请回答下列问题:



(1) 步骤 i 中，研细晶体所用的仪器名称为_____。步骤 ii 中实验仪器 a 中应盛放的试剂是_____ (填“碱石灰”或“氯化钙”)

(2) 写出以 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4Cl 、浓氨水、 H_2O_2 为原料制备三氯化六氨合钴的化学方程式_____。

(3) 该产品制备过程中若不加入活性炭，则会生成含 Co^{3+} 的另一种配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_x]\text{Cl}_2$ ，该配合物中 $x =$ _____，配体为_____。

(4) 下列说法正确的是_____ (填标号)。

- A. NH_4Cl 除作为反应物外，还有调节溶液的 pH 的作用
- B. Co 为 VIII B 族元素
- C. 水浴温度不能过高的原因是防止过氧化氢分解和氨气逸出
- D. 可用乙醇水溶液洗涤产品

(5) 已知 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 具有正八面体的空间结构， $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 中的 2 个 NH_3 被 2 个 H_2O 取代，能得到_____种产物。

【答案】 (11 分，除标注外每空 1 分) (1) 研钵 氯化钙

(2) $2\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 \downarrow + 14\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

(3) 1 NH_3 、 Cl^- (2 分) (4) ACD (2 分) (5) 2 (2 分)

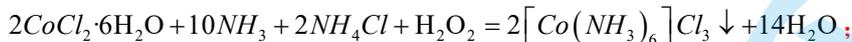
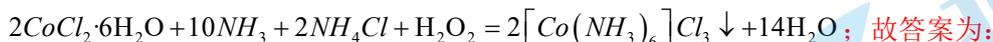
【分析】 将 NH_4Cl 和 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体溶解后所得混合溶液倒入三颈烧瓶中，加热活性炭作催化剂，先加浓氨水，在逐滴加入 H_2O_2 溶液，水浴加热，发生反应

$2\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 \downarrow + 14\text{H}_2\text{O}$ ，经过分离提纯最终得到

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ，以此分析解答。

【详解】(1) 研细晶体所用的仪器名称为研钵；a 中盛放氯化钙吸收挥发的氨气；故答案为：研钵；氯化钙；

(2) 根据分析，制备三氯化六氨合钴的方程式为



(3) Co 的配位数为 6，则 x=1，配体为 NH₃、Cl⁻；故答案为：1；NH₃、Cl⁻；

(4) A. 氯化铵为反应物，同时氯化铵为强酸弱碱盐，加入 NH₄Cl 溶液影响氨水的电离平衡，可以调节溶液的 pH，以增加 H₂O₂ 的氧化性和稳定性，A 正确；

B. Co 的原子序数为 27，位于元素周期表的第 4 周期第 VIII 族，B 错误；

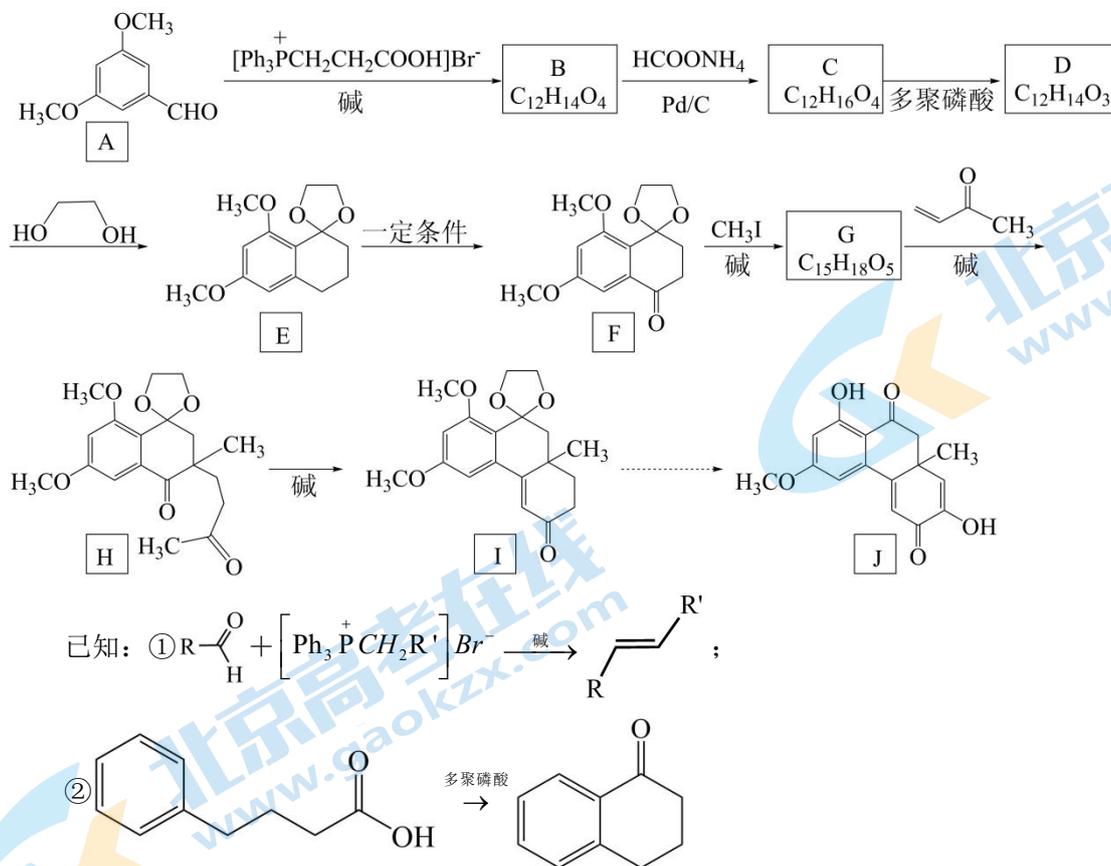
C. 温度过高，过氧化氢易分解、氨气易逸出，C 正确；

D. 已知三氯化六氨合钴不溶于乙醇，常温水中溶解度较小，则可用乙醇水溶液洗涤产品，D 正确；

钴答案为：ACD；

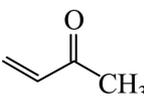
(5) 由于正八面体中 6 个 NH₃ 分子间的距离相等，则 Cl⁻ 取代 NH₃ 后形成的二氯代粒子有对顶角位和邻位两种；故答案为：2。

18. 物质 J 是一种具有生物活性的化合物。该化合物的合成路线如下：



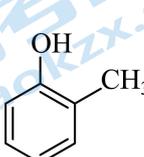
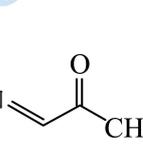
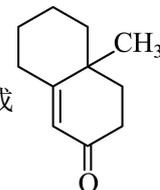
回答下列问题：

- (1) A 中官能团的名称为_____、_____；
 (2) F→G、G→H 的反应类型分别是_____、_____；
 (3) B 的结构简式为_____；
 (4) C→D 反应方程式为_____；

(5)  是一种重要的化工原料，其同分异构体中能够发生银镜反应的有_____种(考虑立体异构)，

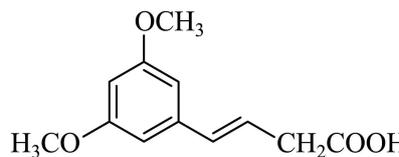
其中核磁共振氢谱有 3 组峰，且峰面积之比为 4:1:1 的结构简式为_____；

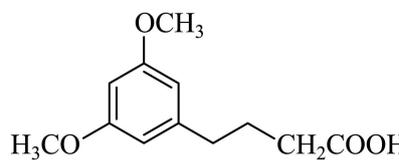
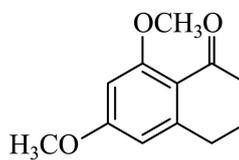
(6) I 中的手性碳原子个数为_____ (连四个不同的原子或原子团的碳原子称为手性碳原子)；

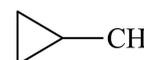
(7) 参照上述合成路线，以  和  为原料，设计合成  的路线_____ (无机

试剂任选)。

【答案】 (17 分，除标注外，每空 1 分) (1) 醚键 醛基 (2) 取代反应 加成反应

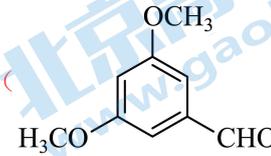
(3)  (2 分)

(4)  $\xrightarrow{\text{多聚磷酸}}$  + H₂O (2 分)

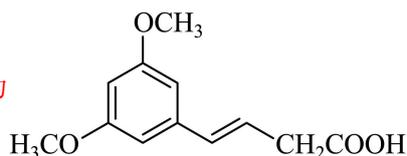
(5) 5 (2 分)  (2 分)

(6) 1 (2 分)

(7)  (3 分)

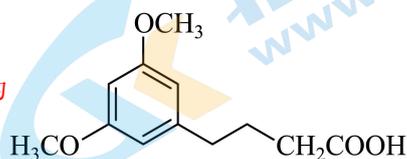
【分析】 A () 和 $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}]\text{Br}^-$ 反应生成 B (C₁₂H₁₄O₄)，根据“已知①”可以

推出 B 的结构简式为



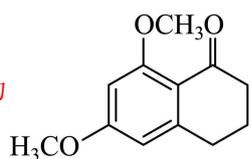
; B 和 HCOONH_4 发生反应得到 C ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_4$), C 又

转化为 D ($\text{C}_{12}\text{O}_{14}\text{O}_3$), 根据“已知②”可推出 C 的结构简式为

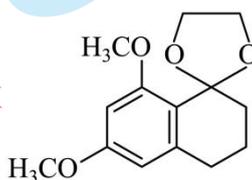


, D 的结构简

式为

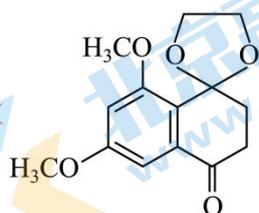


; D 和 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 反应生成 E (

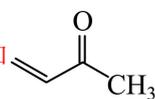


); E 在一定条件下转化为

F (

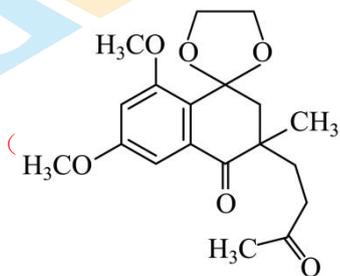


); F 和 CH_3I 在碱的作用下反应得到 G ($\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_5$), G 和

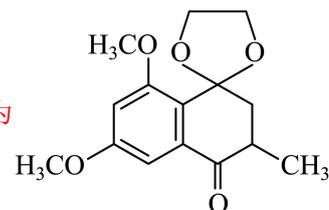


反应得到 H

(

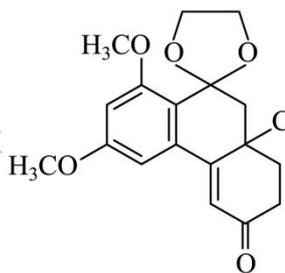


), 对比 F 和 H 的结构简式可得知 G 的结构简式为

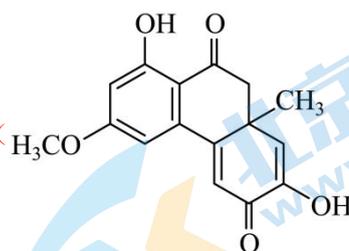


;

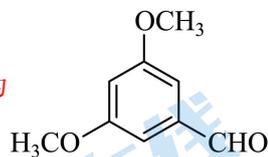
H 再转化为 I (



); I 最终转化为 J (

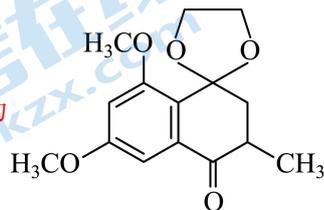


【详解】(1) A 的结构简式为



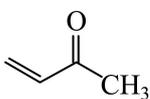
, 其官能团为醚键和醛基。

(2) 由分析可知, G 的结构简式为



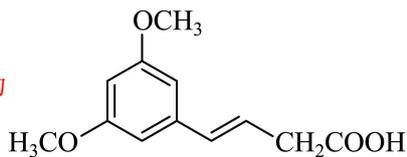
, 对比 F 和 G 的结构简式可知 F→G 的反应为

取代反应; G→H 反应中,

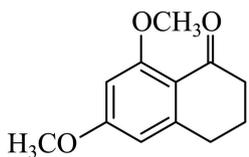
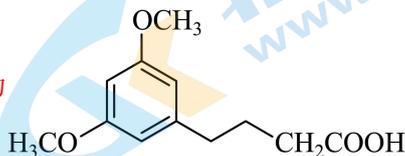


的碳碳双键变为碳碳单键, 则该反应为加成反应。

(3) 由分析可知, B 的结构简式为

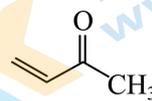


(4) 由分析可知, C、D 的结构简式分别为 C 的结构简式为



, 则 C→D 的化学方程式为】

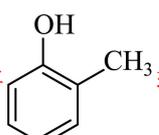
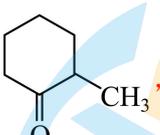
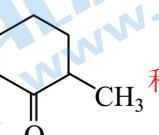
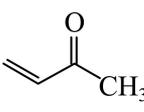


(5)  的同分异构体能发生银镜反应, 说明该物质含有醛基, 根据分子式 C_4H_6O 可得知, 该物

质还含有碳碳双键或者三元环, 还要分析顺反异构, 则符合条件的同分异构体有 5 种, 它们分别是



(6) 连四个不同的原子或原子团的碳原子成为手性碳原子, 则 I 中手性碳原子的个数为 1, 是连有甲基的碳原子。

(7) 结合 G→I 的转化过程可知, 可先将  转化为  , 再使  和  反应生成

