

2023 年全国普通高中学业水平选择性考试

化学风向卷（二）

注意事项：

1. 答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
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，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本卷上无效。
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 C—12 N—14 O—16 Na—23 Cl—35.5 Fe—56

一、选择题：本题共 13 小题，每小题 6 分，共 78 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。

7. 备受世界瞩目的 2022 年北京冬奥会不仅是运动员的盛会，也是化学科技的竞技场。下列有关说法不正确的是
- A. 运动员就餐的碗具大量使用可降解聚乳酸材料，该材料属于混合物
- B. 火炬“飞扬”使用的碳纤维材料属于有机高分子材料
- C. “给点阳光就灿烂”的发电玻璃主要使用的碲化镉为无机非金属材料
- D. 制作冬奥会“同心”奖牌的金属材料属于合金材料

【答案】B

【考点】化学与 STSE

【详解】聚乳酸为高分子，属于混合物，A 正确；碳纤维是含碳量在 90%以上的无机非金属材料，B 错误；碲化镉属于无机非金属材料，C 正确；奖牌的金属成分属于合金，D 正确。

8. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法不正确的是

- A. 0.1 mol Fe 和 0.1 mol Cu 分别与 0.1 mol Cl_2 完全反应，转移电子数均为 $0.2N_A$
- B. 30 g 乙酸和葡萄糖的混合物中含氢原子个数为 $2N_A$

C. 1.2 g 金刚石中含有碳碳单键的数目为 $0.2N_A$

D. 密闭容器中 2 mol NO 与 1 mol O_2 充分反应，产物的分子数目为 $2N_A$

【答案】D

【考点】阿伏加德罗常数的应用

【详解】Fe、Cu 与氯气反应过程中，氯气均完全反应，转移电子数均为 $0.2N_A$ ，A 正确；乙酸和葡萄糖的最简式均为 CH_2O ，30 g 混合物可看作 0.1 mol CH_2O ，含氢原子的个数为 $0.2N_A$ ，B 正确；1 mol 金刚石中含有 2 mol C—C 键，C 正确；2 mol NO 与 1 mol O_2 充分反应生成 2 mol NO_2 ，由于存在 NO_2 与 N_2O_4 相互转化的可逆反应， NO_2 分子数目小于 $2N_A$ ，D 错误。

【巧记要点】金刚石晶体中每个碳原子都形成 4 个 C—C 键，每个 C—C 键被 2 个碳原子共用，则 1 mol 金刚石中含有 2 mol C—C 键。

9. 根据下列实验操作、现象得出的结论中，正确的是

选项	实验操作	实验现象	结论
A	向碳酸钠溶液中加入足量稀硫酸，将反应产生的气体通入苯酚钠溶液中，观察现象	溶液变浑浊	酸性：碳酸>苯酚
B	将适量 CO 与 Fe_2O_3 反应后的固体溶于稀盐酸中，取少量溶解液于试管中，滴加硫氰化钾溶液	溶液变红色	CO 还原 Fe_2O_3 的生成物中含有 Fe_3O_4
C	取两粒相同大小、形状和质量的铜粒，分别投入稀硝酸和浓硝酸中	铜粒与浓硝酸反应更剧烈	可探究浓度对化学反应速率的影响
D	向 1－溴丙烷中加入 KOH 溶液，加热几分钟，冷却后再加入	无淡黄色沉淀生成	1－溴丙烷没有水解

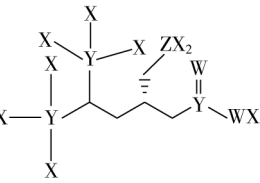
	AgNO ₃ 溶液		
--	----------------------	--	--

【答案】A

【考点】实验操作、现象与结论的判断

【详解】向碳酸钠溶液中加入稀硫酸，反应产生二氧化碳气体，二氧化碳溶于水生成的 H₂CO₃ 与苯酚钠反应生成苯酚，证明碳酸的酸性强于苯酚，A 正确；Fe₂O₃ 中铁元素为+3 价，若 CO 与 Fe₂O₃ 反应后的固体中剩余大量 Fe₂O₃，将适量反应后的固体溶于稀盐酸中，生成氯化铁，滴加硫氰化钾溶液，溶液也会变成红色，B 错误；稀硝酸和浓硝酸的氧化性强弱不同，与铜发生的反应不同，不能探究浓度对化学反应速率的影响，C 错误；应先向冷却后的溶液上加硝酸至溶液呈酸性，然后再加入 AgNO₃ 溶液观察是否有淡黄色沉淀生成，D 错误。

10.普瑞巴林是用于治疗神经痛的药物，为有机化合物，其结构简式如图所示。X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期元素，Y、Z、W 位于同一周期。下列有关说法不正确的是



- A. W、X、Z 可以形成离子化合物，也可以形成共价化合物
- B. X 和 Z 形成的共价化合物中可能含有非极性共价键
- C. 原子半径大小顺序为 X<Y<Z<W
- D. 最高价氧化物对应水化物的酸性：Z>Y

【答案】C

【考点】元素推断与元素周期律

【信息梳理】Y 形成四个共价键，且该物质为有机化合物→Y 为 C

X 形成一个共价键，原子序数小于 C→X 为 H

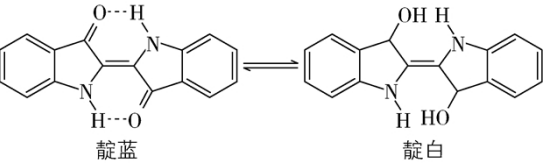
Z 形成三个共价键，与 C 位于同一周期，原子序数大于 C→Z 为 N

W 形成两个共价键，与 C 位于同一周期→W 为 O

【详解】W、X、Z 可以形成离子化合物，比如硝酸铵，也可以形成共价化合物，比如硝酸，A 正确；N 和 H 可以形成共价化合物 N₂H₄，结构简式为 H₂N—NH₂，含有 N—N 非极性共价键，B 正确；同周期主族元

素，从左到右原子半径逐渐减小，原子半径大小顺序为 H<O<N<C，C 错误；Z 和 Y 的最高价氧化物对应水化物分别是 HNO₃ 和 H₂CO₃，酸性：HNO₃>H₂CO₃，D 正确。

11. 2022 年央视春晚的舞蹈剧《只此青绿》灵感来自北宋卷轴画《千里江山图》，舞台的蓝色场景美轮美奂。已知靛蓝是一种古老的蓝色染料，其染色过程中涉及如图反应，下列相关说法中错误的是



- A. 靛白和靛蓝分子中共有 5 种官能团
- B. 靛白可以在 Cu 的催化作用下和 O₂ 发生反应
- C. 1 mol 靛蓝可以和 9 mol H₂ 发生加成反应
- D. 靛白和靛蓝分子中苯环上的一氯代物均为 4 种

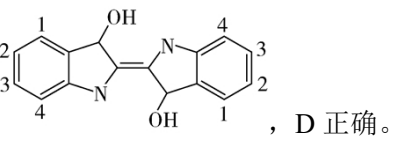
【答案】A

【考点】有机物的结构与性质，涉及官能团、一氯代物判断等

【详解】根据两种物质的结构简式可知共含有羰基、亚氨基、羟基、碳碳双键 4 种官能团，A 错误；靛白分子中含有羟基，且与羟基相连的碳原子上有 H 原子，所以可以在 Cu 的催化作用下和 O₂ 发生反应，B 正确；苯环、碳碳双键、羰基均可以和 H₂ 发生加成反应，所以 1 mol 靛蓝可以和 9 mol H₂ 发生加成反应，C



正确；靛蓝和靛白分子中苯环上的一氯代物均为 4 种，如图：



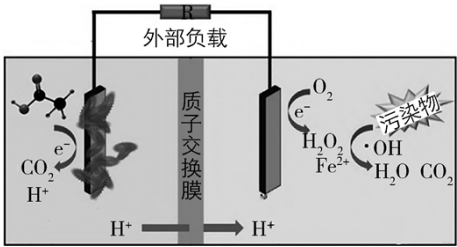
，D 正确。

【方法拓展】醇的催化氧化规律

醇的催化氧化的本质是去氢，也就是去掉醇羟基上的 H 和连接了醇羟基的 C 原子上的氢，这两个 H 原子与氧气中的 O 原子结合生成水。所以，如果连有醇羟基的 C 原子上有 2 个或者 3 个 H，则其催化氧化后形成醛；若连有醇羟基的 C 原子上有 1 个 H，则其催化氧化后的产物是酮；若连有醇羟基的 C 原子上没有 H 原子，则其不能发生催化氧化。

12. 厌氧微生物燃料电池作为一种新型微生物电化学技术，可以在降解各种污染物的同时产电，无需从外部摄入能量即可实现能量输出，无污染、操作条件温和、清洁高效，逐渐成为废水处理领域的研究热点。

现有一套生活中酸性废水的微生物处理装置示意图，下列有关说法正确的是



- A. 负极发生的电极反应为 $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \longrightarrow 2\text{CO}_2\uparrow + 8\text{H}^+$
- B. 正极反应式为 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+} \text{═} \text{Fe}^{3+} + \cdot\text{OH} + \text{OH}^-$
- C. 高活性的 $\cdot\text{OH}$ 能有效去除废水中的有机物
- D. 交换膜两侧的好氧环境有利于微生物电池高效工作

【答案】C

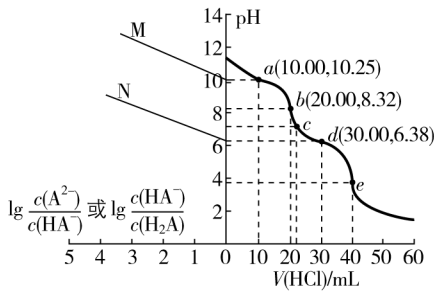
【考点】新情境下电化学相关知识

【分析】定位：原电池。原电池中阳离子由负极移向正极。

电极	电极反应式
左侧负极	$\text{CH}_3\text{COOH} - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{CO}_2\uparrow + 8\text{H}^+$
右侧正极	$\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \text{═} \text{H}_2\text{O}_2$

【详解】负极上 CH_3COOH 发生氧化反应失去电子，A 错误；右侧为正极，氧气在正极得电子，与氢离子反应生成 H_2O_2 ，B 错误；正极生成的过氧化氢和 Fe^{2+} 反应生成高活性的自由基 $\cdot\text{OH}$ ， $\cdot\text{OH}$ 具有较强氧化性，能有效去除污染物中的有机物，C 正确；厌氧微生物电极在质子交换膜左侧，左侧反应应在无氧环境下进行，右侧电极反应消耗 O_2 ，应在好氧环境下进行，D 错误。

13. 室温下，用 $0.100\,0\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸滴定 $20.00\,\text{mL}$ Na_2A 溶液，溶液中 $\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)}$ 或 $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})}$ 随 pH 变化曲线及滴定曲线如图所示。下列说法错误的是



- A. N 代表 $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})}$ 与 pH 的关系曲线
- B. b 点： $c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{A}^{2-})$
- C. Na_2A 的起始浓度为 $0.100\,0\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- D. 在滴定全过程中选择酚酞作为指示剂

【答案】D

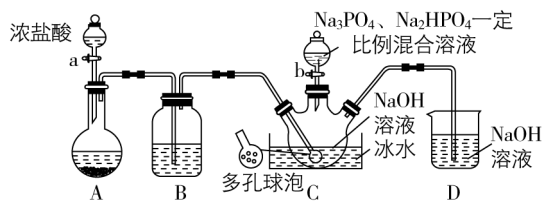
【考点】滴定曲线图像分析

【详解】 $\frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = \frac{K_{\text{a1}}}{c(\text{H}^+)}$ ，则 $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = \lg K_{\text{a1}} - \lg c(\text{H}^+) = \lg K_{\text{a1}} + \text{pH}$ ，同理可得 $\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = \lg K_{\text{a2}} + \text{pH}$ ，当 $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = 0$ 时， $\lg K_{\text{a1}} = -\text{pH}$ ，当 $\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = 0$ 时， $\lg K_{\text{a2}} = -\text{pH}$ ，由于 $K_{\text{a1}} > K_{\text{a2}}$ ，则 M 曲线表示 $\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)}$ 与 pH 的关系曲线，N 表示 $\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})}$ 与 pH 的关系曲线，A 正确；b 点 pH 发生第一次突变，即恰好完成反应 $\text{Na}_2\text{A} + \text{HCl} \text{═} \text{NaHA} + \text{NaCl}$ ，此时 $\text{pH} = 8.32$ ，溶液呈碱性，说明 HA^- 的水解程度大于电离程度， $c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{A}^{2-})$ ，B 正确；用 $0.100\,0\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸滴定 $20.00\,\text{mL}$ Na_2A 溶液，当加入 $20\,\text{mL}$ 盐酸时， Na_2A 与 HCl 恰好 $1:1$ 反应，则 Na_2A 的起始浓度为 $0.100\,0\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，C 正确；在滴定过程中，第一次突变时 $\text{pH} = 8.32$ ，应选择酚酞作指示剂，溶液由红色变为无色，第二次突变时 pH 大约为 4，应在第一次突变后滴加甲基橙作为指示剂，D 错误。

三、非选择题：共 174 分。第 22～32 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 33～38 题为选考题，考生根据要求作答。

(一)必考题：共 129 分。

26. (15 分)“消洗灵”是具有消毒、杀菌、漂白和洗涤等功效的固体粉末，消毒原理与“84 消毒液”相似，化学组成可以表示为 $\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (磷酸三钠次氯酸钠)。实验室制备装置如图(夹持装置已略去)。回答下列问题：



(1)写出如何检验装置 A 的气密性：

_____。

(2)A 中固体物质为_____ (填名称，写一种)，C 中采用多孔球泡的目的是

_____，装置 D 的作用是_____。

(3)“消洗灵”消毒时对金属腐蚀性小，原因是在金属表面会形成一种不溶性磷酸盐膜，对金属有良好的保护作用，在空气中对镁合金消毒，磷酸钠溶液使镁合金表面形成含有 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ 的保护层，写出反应的化学方程式：_____。

(4)产品纯度测定($\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的摩尔质量为 $656.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

①取 a g 待测试样溶于蒸馏水配成 250 mL 溶液；

②取 25.00 mL 待测液于锥形瓶中，加入 10 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀硫酸、25 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘化钾溶液(过量)，此时溶液出现棕色；

③滴入 3 滴 5% 指示剂溶液，用 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫代硫酸钠溶液滴定至终点，平行滴定三次，平均消耗 20.00 mL。已知： $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ ，需用的指示剂是_____，达到滴定终点的现象为

_____，

产品的纯度为_____ (用含 a 的代数式表示)。若滴定前滴定管中含有气泡，滴定结束无气泡会造成纯度测定值_____ (填“偏大”“偏小”或“不变”)。

【答案】(除标注外，每空 2 分，共 15 分)

(1)拔掉 B、C 间的橡胶管，关闭 A 中分液漏斗旋塞，微热 A 装置，若装置 B 中长导管管口有气泡产生，冷却至室温后，导管中形成一段稳定的水柱，则说明 A 装置气密性良好(合理即可)

(2)高锰酸钾(1 分，合理即可) 增大反应物的接触面积，加快反应速率(1 分) 吸收 Cl_2 尾气，防止污染大气

(3) $4\text{Mg} + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 + 6\text{NaOH}$

(4)淀粉溶液(1 分) 当加入最后半滴硫代硫酸钠溶液后，溶液颜色从蓝色刚好变为无色且半分钟内不恢复原

色 $\frac{328.25}{a}\%$ 偏大

【考点】物质制备实验过程分析和滴定实验的相关计算

【详解】装置 A 制备氯气，装置 B 中饱和食盐水吸收挥发出的氯化氢气体，装置 C 中氢氧化钠溶液与氯气反应生成次氯酸钠，次氯酸钠与 Na_3PO_4 反应制备 $\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，装置 D 的作用是吸收尾气 Cl_2 ，防止污染大气，据此分析解题。

(2)装置 A 用于制备 Cl_2 ，没有加热装置，A 中固体可用高锰酸钾；C 中采用多孔球泡的目的是增大反应物的接触面积，加快反应速率；氯气有毒，装置 D 的作用是吸收尾气 Cl_2 ，防止污染大气。

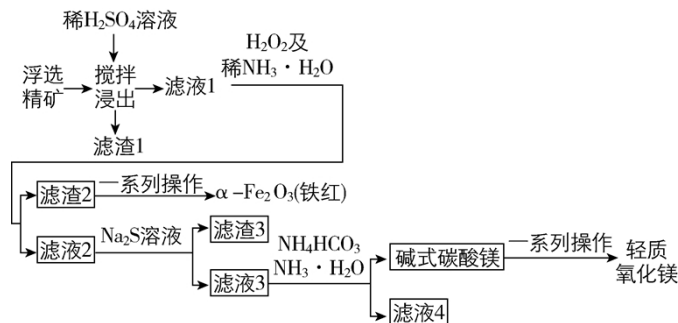
(3)磷酸钠溶液与镁、氧气、水反应生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ 和氢氧化钠，反应的化学方程式为 $4\text{Mg} + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 + 6\text{NaOH}$ 。

(4)淀粉溶液遇碘单质变蓝，故需用的指示剂是淀粉溶液，达到滴定终点的现象为当加入最后半滴硫代硫酸钠溶液后，溶液颜色从蓝色刚好变为无色且半分钟内不恢复原色；分析 $\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中各元素化合价可知，Cl 显 +1 价，与 I^- 反应后降为 -1 价，得关系式： $\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O} \sim \text{I}_2$ ，又因为 $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ ，则得关系式： $\text{Na}_{10}\text{P}_3\text{O}_{13}\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O} \sim 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ，产品的纯度为

$$\frac{0.02 \text{ L} \times 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2} \times \frac{250}{25} \times 656.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{328.25}{a}\%$$

若滴定前滴定管中含有气泡，滴定结束无气泡会造成测得消耗的滴定液体积偏大，纯度测定值偏大。

27. (14 分)从高镁矿石中获取轻质氧化镁是工业生产中的一种重要途径。高镁矿石中常含有 Fe、Ni、Cu 及其氧化物等主要杂质，现有一种酸浸降镁工艺流程如图所示。回答下列问题：



(1)加稀硫酸溶解浮选精矿的目的：_____。

(2)滤液 1 中加入 H_2O_2 及稀氨水，主要发生的离子反应是

_____。

(3)假设室温下滤液 1 中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其他主要杂质金属离子的浓度均为 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 pH

应调节的范围：_____ (保留两位有效数字，离子浓度小于 $1.0\times 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 即认为该离子沉淀完全； $\lg 2\approx 0.3$ 、 $\lg 3\approx 0.5$)。

	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
K_{sp}	2.5×10^{-20}	5.6×10^{-12}	5.48×10^{-16}	2.7×10^{-39}

(4)滤液 2 的获取过程中对调节 pH 要求很高，即使满足了上述 pH 调节范围，依然可能出现 Mg^{2+} 部分流失的情况。试分析其可能存在的原因：

_____。

(5)滤渣 3 的主要成分是_____ (填化学式)。

(6)生成碱式碳酸镁 $[\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ 的离子方程式为

_____。

【答案】(除标注外，每空 2 分，共 14 分)

(1)将矿石溶解，过滤除去不溶性杂质，便于分离出金属离子

(2) $2\text{Fe}^{2+}+2\text{H}^{+}+\text{H}_2\text{O}_2=2\text{Fe}^{3+}+2\text{H}_2\text{O}$ (2 分)、 $\text{Fe}^{3+}+3\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow+3\text{NH}_4^{+}$ (1 分)[或 $2\text{Fe}^{2+}+2\text{H}^{+}+\text{H}_2\text{O}_2+6\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow+6\text{NH}_4^{+}+2\text{H}_2\text{O}$ ，3 分或其他合理答案]

(3) $2.8<\text{pH}<5.7$

(4) Fe^{3+} 在调节 pH 的过程中容易形成胶体吸附溶液中的金属离子，导致部分 Mg^{2+} 随胶体沉降而流失

(5) CuS 和 NiS

(6) $2\text{Mg}^{2+}+\text{HCO}_3^{-}+3\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}+3\text{NH}_4^{+}$ (3 分)

【考点】通过酸浸降镁的工艺流程分析考查元素及其化合物的性质、沉淀溶解平衡计算等

【分析】浮选精矿在稀硫酸的作用下溶解，Fe、Ni、Cu、Mg 等元素进入滤液 1，不溶性杂质进入滤渣 1 中分离。滤液 1 中主要含有 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等离子，加入 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，用氨水调节 pH 以 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 形式除去铁元素，滤渣 2 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，经过一系列处理得到铁红。滤液 2 中主要含有 Mg^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} ，加入硫化钠溶液除去 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} ，滤渣 3 的主要成分为 CuS 、 NiS ，滤液 3 中主要含有 Mg^{2+} ，在碳酸氢铵和氨水的共同作用下生成碱式碳酸镁，经过一系列操作得到轻质氧化镁。

【详解】(2)滤液 1 中加入 H_2O_2 和稀氨水， Fe^{2+} 被 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} 后生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，根据得失电子守恒配

平即得反应的离子方程式。

(3)调节 pH 的目的是使 Fe^{3+} 完全沉淀而其他离子不沉淀， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=2.7\times 10^{-39}$ ，当 $c(\text{Fe}^{3+})=1.0\times 10^{-5}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时 $c(\text{OH}^{-})=\sqrt[3]{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c(\text{Fe}^{3+})}}=3\times 10^{-\frac{35}{3}}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $c(\text{H}^{+})=\frac{K_{\text{w}}}{c(\text{OH}^{-})}=\frac{10^{-14}}{3\times 10^{-\frac{35}{3}}}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=\frac{1}{3}\times 10^{-\frac{7}{3}}$

$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{pH}=\frac{7}{3}+\lg 3\approx 2.8$ ，即 $\text{pH}>2.8$ 时 Fe^{3+} 沉淀完全，根据 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 的起始浓度及其对应氢氧化物的 K_{sp} 的大小，可知调节 pH 过程中 Cu^{2+} 先于其他两种离子沉淀，当 Cu^{2+} 开始沉淀时， $c(\text{OH}^{-})=\sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]}{c(\text{Cu}^{2+})}}=\sqrt{\frac{2.5\times 10^{-20}}{10^{-3}}}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=5\times 10^{-9}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $c(\text{H}^{+})=\frac{K_{\text{w}}}{c(\text{OH}^{-})}=2\times 10^{-6}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{pH}=6-\lg 2\approx 5.7$ ，所以 pH 的调节范围为 $2.8<\text{pH}<5.7$ 。

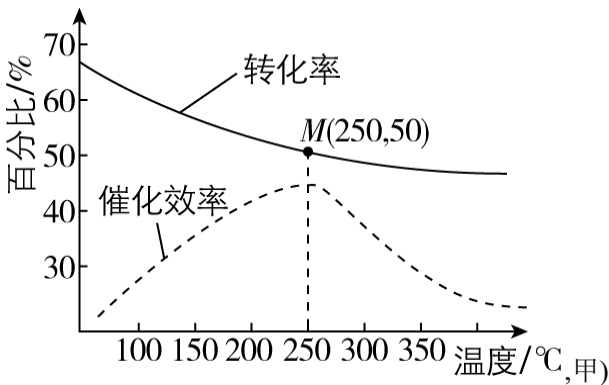
(6)滤液 3 中金属离子主要是 Mg^{2+} ，其在碳酸氢铵和氨水的共同作用下生成碱式碳酸镁，碳酸根离子来自碳酸氢根离子与氨水的作用，氢氧根离子来自氨水，离子方程式为 $2\text{Mg}^{2+}+\text{HCO}_3^{-}+3\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}+3\text{NH}_4^{+}$ 。

28. (14 分)乙烯作为石油的高附加值产品，具有很高的工业价值，在“碳达峰、碳中和”的目标引领下，利用二氧化碳催化合成乙烯的相关技术正成为世界各国的科技前沿发展态势。研究工业制取乙烯有重要的意义。

I.工业上用 H_2 和 CO_2 在一定条件下合成乙烯： $6\text{H}_2(\text{g})+2\text{CO}_2(\text{g})=\text{CH}_2=\text{CH}_2(\text{g})+4\text{H}_2\text{O}(\text{g})\quad \Delta H$

(1)已知 298 K、101 kPa 的条件下， H_2 的燃烧热为 $285.8\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 的燃烧热为 $1\,411\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 H_2O 的汽化热为 $44\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则 $\Delta H=_____$ 。

(2)在 1 L 恒容密闭容器中充入 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ ，单位时间内不同温度对 CO_2 的转化率和催化剂催化效率的影响如图甲所示，下列说法错误的是_____ (填序号)。



A. M 点对应的曲线代表二氧化碳的平衡转化率随温度的关系

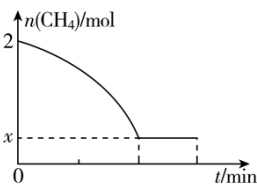
B. 低温时催化效率虽不是最高，但二氧化碳转化为乙烯的平衡转化率高，所以工业生产时应尽可能选择低

温进行

C. M 点对应反应速率的最大值

D. 随温度变化, 催化剂可以影响单位时间内 CO_2 的转化率, 但是不影响 CO_2 平衡转化率

II. 工业上用甲烷催化法制取乙烯: $2\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H > 0$, $T^\circ\text{C}$ 时, 向 4 L 的恒容反应器中充入 2 mol $\text{CH}_4(\text{g})$, 仅发生上述反应, 反应过程中 CH_4 的物质的量随时间变化如图乙所示。



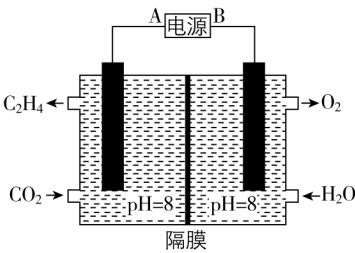
乙

(3) 实验测得 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} c^2(\text{CH}_4)$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot c^2(\text{H}_2)$, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 为速率常数, 随温度升高而增大, $T^\circ\text{C}$ 时 $k_{\text{正}}$ 与 $k_{\text{逆}}$ 的比值为 _____ (用含 x 的代数式表示); 若将温度升高, 速率常数增大的倍数: $k_{\text{正}}$ _____ (填“>”“=”或“<”) $k_{\text{逆}}$ 。

III. 乙烷裂解制乙烯: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 。

(4) $T^\circ\text{C}$ 时, 将乙烷与氦气以体积比 2 : 1 混合后, 通入一恒容密闭容器中发生反应。平衡时容器内压强为 p_0 Pa, 若乙烷的平衡转化率为 50%, 反应的平衡常数 $K_p =$ _____ (用分压表示, 分压 = 总压 $\times$ 物质的量分数)。

IV. 常温下电化学法还原二氧化碳制乙烯原理如图丙所示。



丙

(5) 阴极电极反应式为 _____, 电路中转移 0.6 mol 电子时, 两极共收集气体 _____ L (标准状况)。

【答案】(每空 2 分, 共 14 分)

(1) $-127.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2) ABC

(3) $\frac{(2-x)^3}{8x^2} >$

(4) $\frac{p^0}{4} \text{ Pa}$

(5) $2\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 12\text{OH}^-$ 4.48

【考点】化学反应原理, 涉及盖斯定律、化学反应速率、平衡计算、电化学等

【详解】(1) 根据各物质的燃烧热与汽化热数据, 可写出反应① $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H_1 = -285.8$

$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应②: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H_2 = -1411 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应③:

$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_3 = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 结合盖斯定律可知反应① $\times 6$ - 反应② + 反应③ $\times 4$ 得目标反应, 则

$\Delta H = [(-285.8) \times 6 - (-1411) + 44 \times 4] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -127.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) M 点以前, 温度越高, 催化剂催化活性越高, 反应速率越快, 单位时间内转化率不断下降, 则是因为温度升高, 平衡逆向移动, CO_2 平衡转化率下降; M 点之后温度升高, 催化剂催化活性降低, 反应速率有可能降低, M 点之后转化率下降可能是因为未达到平衡状态, 则 M 点之前均为平衡状态, M 点之后无法确定, A、C 错误; 工业生产的条件选择需要综合考虑速率与转化率的关系, 温度过低反应速率太慢导致效率

低下, 所以应选择合适的温度, B 错误; 催化剂可以影响反应速率, 但不影响平衡转化率, D 正确。

(3) $T^\circ\text{C}$ 达到平衡时, $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 即 $k_{\text{正}} c^2(\text{CH}_4) = k_{\text{逆}} c(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot c^2(\text{H}_2)$, 所以 $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{c(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot c^2(\text{H}_2)}{c^2(\text{CH}_4)} = K$, 据图乙

可知, 平衡时 $n(\text{CH}_4) = x \text{ mol}$, 则 $\Delta n(\text{CH}_4) = (2-x) \text{ mol}$, 根据化学方程式可知, 平衡时 $n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{2-x}{2}$

mol 、 $n(\text{H}_2) = (2-x) \text{ mol}$, 容器容积为 4 L, 所以 $K = \frac{\frac{2-x}{2 \times 4} \times (\frac{2-x}{4})^2}{(\frac{x}{4})^2} = \frac{(2-x)^3}{8x^2}$; 该反应焓变大于 0, 为吸热

反应, 升高温度, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 增大, 平衡正向移动, K 增大, 即 $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ 增大, 所以 $k_{\text{正}}$ 增大的倍数大于 $k_{\text{逆}}$ 。

(4) 设初始投料为 2 mol $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ 和 1 mol 氦气, 乙烷的平衡转化率为 50%, 则平衡时 $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 1 \text{ mol}$,

$\Delta n(\text{C}_2\text{H}_6) = 1 \text{ mol}$, 根据化学方程式可知平衡时 $n(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{H}_2) = 1 \text{ mol}$, $n(\text{He}) = 1 \text{ mol}$, 平衡时容器内压强

为 $p_0 \text{ Pa}$, 所以 $p(\text{C}_2\text{H}_6) = p(\text{C}_2\text{H}_4) = p(\text{H}_2) = \frac{1}{1+1+1+1} p_0 \text{ Pa} = \frac{p^0}{4} \text{ Pa}$, 反应的平衡常数 $K_p = \frac{\frac{p^0}{4} \times \frac{p^0}{4}}{\frac{p^0}{4}} \text{ Pa} = \frac{p^0}{4}$

Pa。

(5) 该电解装置左侧 CO_2 转化为 C_2H_4 , CO_2 被还原, 所以左侧为阴极, 电解质溶液显碱性, 所以电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 12\text{OH}^-$; 阳极反应式为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 所以转移 0.6 mol 电

子时，阴极生成 $\frac{0.6}{12}$ mol 乙烯，阳极生成 $\frac{0.6}{4}$ mol 氧气，共生成 0.2 mol 气体，标准状况下体积为 0.2 mol $\times$ 22.4 L $\cdot$ mol $^{-1}$ =4.48 L。

(二)选考题：共 45 分。请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。

35. [化学——选修 3：物质结构与性质](15 分)

钠离子电池因其使用的电极材料成本低和储量丰富等优势，成为了继锂离子电池之后极具竞争力和应用前景的能源储存设备。回答下列问题。

(1)基态 Na 原子核外电子的运动状态有_____种。

(2)NaTi₂(PO₄)₃ 可用于钠离子电池负极材料，该材料中 P 的杂化轨道类型为_____。第四周期元素中，基态原子核外未成对电子数与 Ti 相同且第一电离能最大的是_____ (填元素符号)。

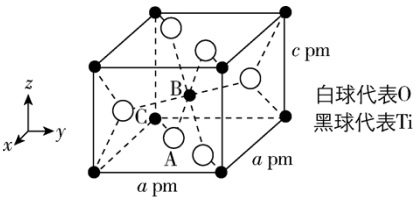
(3)金属硫化物作为负极材料也受到人们的关注，如 FeS₂，下列说法正确的是_____ (填序号)。

A. 基态 Fe²⁺与 Fe³⁺中未成对电子数之比为 4：5

B. 稳定性：Fe³⁺> Fe²⁺

C. S 的电负性比 K 高，所以原子对键合电子的吸引力比 K 小

(4)二氧化钛基钠离子电池负极材料取得了新的进展，TiO₂ 晶胞如图所示，已知 TiO₂ 晶胞中 Ti 位于 O 所构成的正八面体的体心，该晶胞中 O 的配位数为_____。以晶胞参数为单位长度建立的坐标系可以表示晶胞中各原子的位置，称为原子分数坐标。晶胞中 B 点原子分数坐标为($\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$, **Error!**)。已知 C 与 A 的距离为 r pm，则 A 点原子的分数坐标为_____，晶胞中 AB 间的距离 d=_____pm(列出表达式即可)。



【答案】(除标注外，每空 2 分，共 15 分)

(1)11

(2)sp³ Se

(3)AB

(4)3 $(\frac{\sqrt{2}r}{2a}, \frac{\sqrt{2}r}{2a}, 0)$ $\sqrt{(\frac{\sqrt{2}}{2}a-r)^2 + (\frac{1}{2}c)^2}$ (3 分)

【考点】物质结构与性质，涉及核外电子、晶胞相关计算

【详解】(1)基态 Na 原子核外共有 11 个电子，每个电子的运动状态各不相同，故有 11 种。

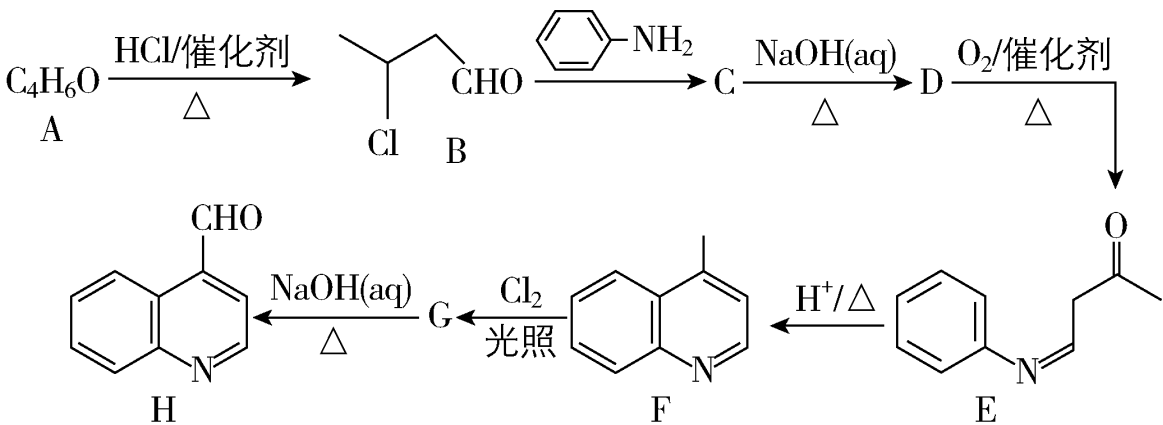
(2)NaTi₂(PO₄)₃ 中 P 的价层电子对数为 $4 + \frac{5+3-2 \times 4}{2} = 4$ ，故为 sp³ 杂化。基态 Ti 原子的核外未成对电子数为 2，第四周期中基态原子核外未成对电子数为 2 的元素还有 Ni、Ge 与 Se，Se 的第一电离能最大。

(3)基态 Fe²⁺(价电子排布式为 3d⁶)与 Fe³⁺(价电子排布式为 3d⁵)中未成对电子数之比为 4：5，A 正确；由于 Fe³⁺中 3d 能级为半充满状态，稳定性：Fe³⁺>Fe²⁺，B 正确；电负性越大，对键合电子的吸引力越强，C 错误。

(4)TiO₂ 晶胞中 Ti 位于 O 所构成的正八面体的体心，Ti 的配位数为 6，O 的配位数为 3。已知 B 点原子分数坐标为($\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$)，则 C 点原子分数坐标为(0, 0, 0)，因为 A 点原子位于底面面对角线上，且 C 与 A 之间的距离为 r pm，则 AC 段在 x 轴的投影距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2}r$ pm，在 y 轴的投影距离也为 $\frac{\sqrt{2}}{2}r$ pm，由题意可得，对于 x 轴和 y 轴，a pm 对应单位长度，则可得 A 点原子分数坐标为($\frac{\sqrt{2}r}{2a}, \frac{\sqrt{2}r}{2a}, 0$)。由 B 点向晶胞底面作垂线，与底面交于点 D，则 BD 间距离为 $\frac{1}{2}c$ pm，AD 间的距离为($\frac{\sqrt{2}}{2}a-r$) pm，由勾股定理可得 AB 间距离。

36. [化学——选修 5：有机化学基础](15 分)

2022 年诺贝尔化学奖授予卡罗琳·贝尔托齐、卡尔·巴里·沙著利斯和莫滕·梅尔达尔三位科学家。他们的研究成果在许多方面得到了应用，其中就包括提升癌症药物的靶向性，已知化合物 H 是一种合成多向性抗癌药物的中间体。其人工合成路线如下：



已知：两个羟基连在同一个 C 上的结构不稳定，发生 $\begin{array}{c} \text{—CH—OH} \\ | \\ \text{OH} \end{array} \rightarrow \text{—CHO}$ 。

(1)物质 A 存在顺反异构现象，A 的名称为_____ (命名时不考虑顺反异构)。

(2)A→B 的反应类型为_____。

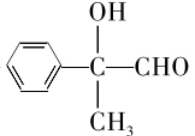
(3)B→C 的反应过程经历了两步反应，分别是加成反应和消去反应，则 C 的结构简式为_____。

(4)E 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：_____ (任填两种)。

①能与 FeCl_3 溶液发生显色反应。

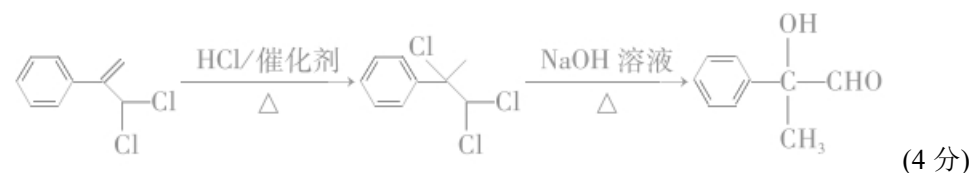
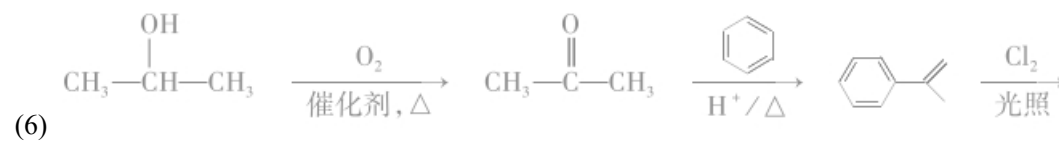
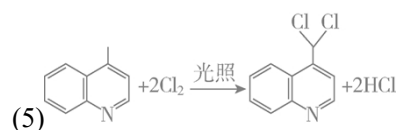
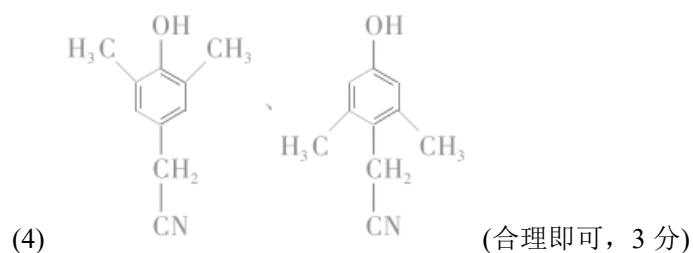
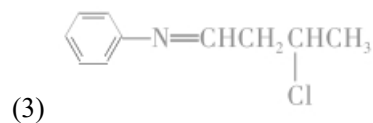
②苯环上有 4 个取代基，分子中有 4 种不同化学环境的氢原子。

(5)F→G 的化学方程式为_____。

(6)以  和 2-丙醇($\text{CH}_3\text{—CH(OH)—CH}_3$)为原料，设计制备  的合成路线(无机试剂和有机溶剂任选)。

【答案】(除标注外，每空 2 分，共 15 分)

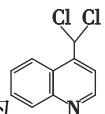
(1)2-丁烯醛 (2)加成反应



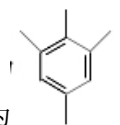
【考点】有机合成与推断

【分析】结合 A 的分子式及 B 的结构可知，A 发生加成反应生成 B，结合(1)中 A 存在顺反异构，可知 A 为 $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CHO}$ ，名称为 2-丁烯醛。根据(3)中信息与 B、E 的结构，结合相关反应条件可知，B→C 的过程中醛基与氨基发生了加成反应，然后发生消去反应形成碳氮双键，所以 C 为

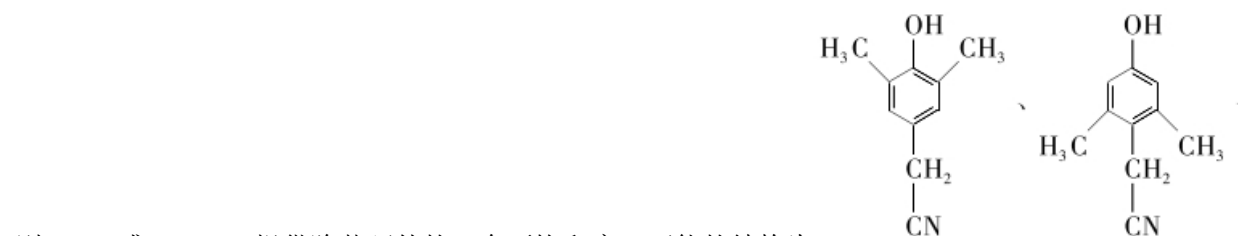


个羟基脱水形成，则 F 中甲基上有 2 个 H 被—Cl 取代，G 为 。

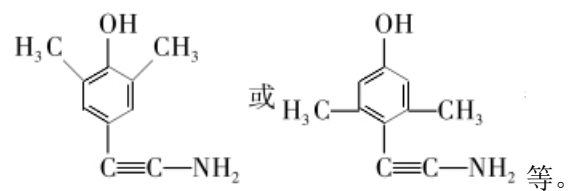
【详解】(4)E 的同分异构体能与 FeCl_3 溶液发生显色反应，说明含有酚羟基，除苯环外还有 2 个不饱和度且

苯环上有 4 个取代基，分子中有 4 种不同化学环境的氢原子，则取代基的位置为 。支链上有两个

不饱和度，有多种可能，一种是两个碳碳双键在苯环两侧呈对称结构，还可能是存在碳氮三键和碳碳三键。由于取代基存在两个碳碳双键时，无法满足分子中有 4 种不同化学环境的氢原子，第一种情况排除，



则—CN 或—C≡C—提供除苯环外的 2 个不饱和度。可能的结构为



(6)根据题目路线中 E→F 可知，苯环可以与羰基碳原子通过反应连接起来，所以可先将 2-丙醇氧化为丙酮，然后丙酮在酸性条件下与苯反应生成，根据目标物质中醛基和羟基的特点，结合题目路线和已知信息可知，醛基可以由连在同一个 C 上的两个氯原子直接水解得到，羟基可以由氯原子水解得到，据此写出合成路线。