

1. A 【命题点】氧化还原反应。

【解析】由题给反应知,黑火药由硫、碳和硝酸钾三种物质混合而成,硫和碳是单质,硝酸钾是化合物,A项正确;黑火药爆炸属于放热反应,爆炸时放出热量,B项错误;反应过程中,硫元素化合价由0价变为-2价、氮元素化合价由+5价变为0价,化合价降低,碳元素化合价由0价变为+4价,化合价升高,硫和硝酸钾作氧化剂,碳作还原剂,C项错误;置换反应是一种单质和一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的反应,题给反应不符合,D项错误。

2. C 【命题点】物质结构和化学用语等。

【解析】 Cl_2 分子正、负电荷中心重合,是非极性分子,A项错误; NaOH 是离子化合物,其电子式为 $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^-$,B项错误;钠离子和次氯酸根离子间存在离子键,次氯酸根离子中氯原子和氧原子间存在共价键,C项正确;氯离子核外有3个电子层,钠离子核外有2个电子层,二者电子层结构不同,D项错误。

3. D 【命题点】化学实验基础知识。

【解析】碳酸钠是强碱弱酸盐,水解使溶液显碱性,加热促进碳酸钠水解,使溶液碱性更强,同时加热促进油污的水解,油污在碱性溶液中发生水解反应,被除去,A项可以达到目的;酸性条件下铜可以被过氧化氢氧化,反应的化学方程式为 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,B项可以达到目的;过滤除去不溶性杂质可得到硫酸铜溶液,C项可以达到目的;由于 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 受热易失去结晶水,因此得到硫酸铜晶体的操作是蒸发浓缩、冷却结晶,蒸干溶液会使晶体失去结晶水,D项不能达到目的。

4. B 【命题点】常见物质的性质与用途。

【解析】铁粉具有还原性,在一定条件下可以和氧气反应,可用作食品保存的吸氧剂,A项不符合题意;纳米 Fe_3O_4 能与酸反应和其用作铁磁性材料没有直接关系,B项符合题意;氯化铁具有氧化性,可用作印刷电路板的腐蚀剂,反应为 $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 = \text{CuCl}_2 + 2\text{FeCl}_2$,C项不符合题意;铁离子水解可以形成氢氧化铁胶体,可以吸附水中的一些不溶性杂质,达到净水的目的,D项不符合题意。

5. B 【命题点】元素周期律和元素周期表。

▶思路分析 X是空气中含量最多的元素,X是氮元素,Z的基态原子3p轨道上有5个电子,Z是氯元素,Y的周期序数和族序数相等,且原子序数比氮大、比氯小,Y是铝元素,W和Z同主族,且是前四周期元素,W是溴元素。

【解析】由思路分析可知,X为氮元素、Y为铝元素、Z为氯元素、W为溴元素,同周期主族元素从左到右原子半径逐渐减小,原子半径: $\text{Al} > \text{Cl}$,A项错误;氮原子2p轨道处于半充满的稳定状态,N的第一电离能大于同周期相邻元素,B项正确; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 是两性氢氧化物,而 HClO_4 是强酸,C项错误;

氯的非金属性比溴的强,简单气态氢化物的热稳定性: $\text{HCl} > \text{HBr}$,**D**项错误。

易错警示 原子核外 p 能级、d 能级等原子轨道上电子排布处于全充满、半充满或全空结构时较稳定,对应元素的第一电离能较大。

6. A 【命题点】物质的结构。

【解析】N 的电负性较大,氮分子之间可以形成氢键,**A**项正确; NO_3^- 中氮原子的孤电子对数为 $\frac{5+1-2 \times 3}{2} = 0$,氮原子的价层电子对数为 $0+3=3$, NO_3^- 的空间构型为平面三角形,**B**项错误;氨分子中氮原子含有 1 个孤电子对,铵根离子中氮原子不含孤电子对,由于孤电子对与成键电子对间的排斥作用大于成键电子对间的排斥作用,故二者键角不相等,**C**项错误;配离子 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 中,氮原子和银离子间形成配位键,该离子中存在 2 个配位键,**D**项错误。

易错警示 氨分子中键角约为 107° ,铵根离子中键角约为 $109^\circ 28'$,孤电子对的存在使键角变小。

7. C 【命题点】含氮物质间的转化关系。

【解析】一氧化氮不溶于水,不和水反应,**A**项错误;稀硝酸和铜反应生成硝酸铜、一氧化氮和水,**B**项错误;一氧化氮有氧化性,一氧化碳有还原性,高温和催化剂条件下二者可以反应生成氮气和二氧化碳,**C**项正确;硝酸根离子中氮元素的化合价为 +5 价,氮分子中氮元素的化合价为 0 价,氮元素化合价降低,被还原,需要加入还原剂,而臭氧属于氧化剂,**D**项错误。

8. A 【命题点】化学平衡有关知识。

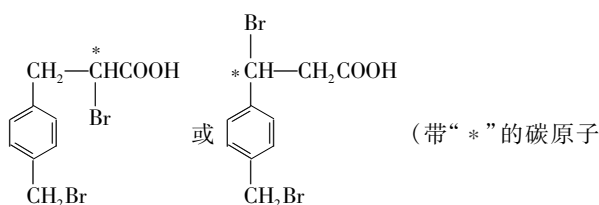
【解析】由材料信息可知该反应是放热反应, $\Delta H < 0$,反应后气体分子数减小, $\Delta S < 0$,**A**项正确;由平衡常数定义可知,该反应的平衡常数可表示为 $K = \frac{c^2(\text{NO}_2)}{c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{O}_2)}$,**B**项错误;催化剂能改变反应速率,不能改变反应的焓变,**C**项错误;其他条件相同时,增大 $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{NO})}$,相当于增加氧气浓度,平衡正向移动,一氧化氮的转化率提高,**D**项错误。

9. D 【命题点】离子反应、物质分离与提纯、晶胞计算等知识。

【解析】由题给条件结合氧化还原反应规律可知,常温下 NaOH 溶液与 I_2 反应的离子方程式为 $3\text{I}_2 + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons 5\text{I}^- + \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$,**A**项错误;水溶液和 CCl_4 互不相溶,分离二者的方法通常为分液,**B**项错误;由均摊法可知,晶胞中 I^- 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$,**C**项错误;碘单质受热易升华,因此可以用升华的方法对回收的粗碘进行纯化,**D**项正确。

10. D 【命题点】有机物的结构与性质。

【解析】X 分子中只有醛基中存在碳氧 π 键,因此 1 mol X 中含有 1 mol 碳氧 π 键,**A**项错误;Y 分子中羟基与 HBr 发生取代反应,碳碳双键与 HBr 发生加成反应,产物为



为手性碳原子),分子中均有一个手性碳原子,**B 项错误**;Y 分子中的羧基是亲水基,Z 分子中的酯基是疏水基,Y 在水中的溶解度比 Z 大,**C 项错误**;X、Y、Z 分子中与苯环直接相连的碳原子上均有 H 原子,分别与足量酸性 KMnO_4 溶液反应时,其苯环上的基团均变成羧基,因此均生成对苯二甲酸,**D 项正确**。

11. C 【命题点】电解质溶液相关知识。

【解析】 HCO_3^- 水解反应的离子方程式为 $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$, 水解平衡常数 $K_h = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)}$, 由实验 1 知,溶液显碱性, HCO_3^- 水解程度大于电离程度,则 $K_h > K_{a2}$, 即 $\frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)} > K_{a2}$, **A 项错误**;实验 2 中两种溶液混合时生成碳酸钙沉淀,说明 $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) > K_{sp}(\text{CaCO}_3)$, **B 项错误**;实验 3 中通入二氧化碳时,碳酸钠溶液和二氧化碳反应,反应的离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$, **C 项正确**;实验 4 向碳酸钠溶液中滴加氯水,氯水中存在反应 $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$,碳酸根离子和氢离子反应,碳酸根离子浓度减小,因此 $c_{\text{反应前}}(\text{CO}_3^{2-}) > c_{\text{反应后}}(\text{CO}_3^{2-})$, **D 项错误**。

12. B 【命题点】电化学知识。

【解析】由题中装置可知,电解时阴极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, 阳极反应式为 $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$, 总反应为 $2\text{Ni}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NiOOH} + \text{H}_2 \uparrow$, 电解后 KOH 的物质的量浓度不变, **A 项错误**, **B 项正确**, **C 项错误**;未说明反应的温度和压强,无法使用气体摩尔体积计算氧气体积, **D 项错误**。

13. C 【命题点】电解质溶液、难溶电解质的溶度积常数及计算。

【解析】由质子守恒可得: $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, **A 项错误**; 反应 $\text{CaSO}_4 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_4)}{K_{sp}(\text{CaCO}_3)} = \frac{5}{3} \times 10^4$, 反应正向进行需满足 $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} < \frac{5}{3} \times 10^4$, **B 项错误**; 过滤后的清液是碳酸钙的饱和溶液, 因此必然存在: $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{sp}(\text{CaCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})}$, 若滤渣中有硫酸钙存在, 则滤液中存在 $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$, 若滤渣中无硫酸钙存在, 则滤液中 $c(\text{Ca}^{2+}) < \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$ 。

$\frac{K_{sp}(\text{CaSO}_4)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$, **C 项正确**; 醋酸是弱电解质, 不能拆写, 滤渣中

加入醋酸发生反应的离子方程式为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, **D 项错误**。

14. D 【命题点】化学反应速率与化学平衡。

【解析】由题中信息可知 NH_3 与 O_2 的反应均为放热反应, 其他条件不变, 升高温度, 平衡逆向移动, NH_3 的平衡转化率减小, **A 项错误**; 根据两曲线的变化趋势可以判断, 在 175~300 °C 范围内, 随着温度升高, NH_3 的转化率先增大后基本保持不变, N_2 的选择性一直减小, 故在该范围内, 随着温度升高, 出口处氮气的量先增大后减小, **B 项错误**; 温度高于 250 °C 时, 虽然 NH_3 的转化率接近 100%, 但 N_2 的选择性变低, 有一部分 NH_3 转化为污染空气的氮氧化物, 因此不是催化氧化除去尾气中 NH_3 的最佳温度, **C 项错误**; 氮气对环境无污染, 由图可知低温下 N_2 选择性较高, 故应研发低温下 NH_3 转化率高且 N_2 选择性高的催化剂, 节约能耗, 防止污染环境, **D 项正确**。

15. (14 分)

(1) Fe^{3+} 、 H^+

(2) $0.750 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 设稀释后 ZnSO_4 溶液的物质的量浓度为 c , $c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) = c \cdot V(\text{ZnSO}_4)$, $0.0150 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times c$, 解得 $c = 0.01875 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 稀释前 ZnSO_4 溶液的物质的量浓度 $c(\text{ZnSO}_4) = \frac{c \times 100 \text{ mL}}{2.5 \text{ mL}} = 0.750 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(3) ① $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{H}_2 + 3\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{ZnS} + 2\text{FeS} + 4\text{H}_2\text{O}$ ② $\text{ZnS} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{COS}$; $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{ZnS} + \text{H}_2\text{O}$ (或 $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons{\text{ZnS}} \text{COS} + \text{H}_2\text{O}$)

(4) ZnS 、 FeS 部分被氧化生成硫酸盐

【命题点】脱硫剂的制备、硫化、再生过程分析。

【解析】(1) 用稀硫酸浸取溶解时, ZnO 、 CuO 、 Fe_2O_3 、 PbO 与硫酸反应分别生成硫酸锌、硫酸铜、硫酸铁及硫酸铅(微溶), SiO_2 不能与稀硫酸发生反应, 溶液中的阳离子有 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 H^+ , 因此加入足量锌粉时, 除铜离子、铅离子外, 锌粉还会与 Fe^{3+} 、 H^+ 发生反应。

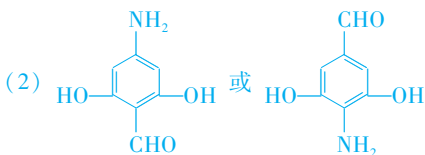
(3) ①硫化过程中生成 ZnS 和 FeS , Fe 元素被还原, H_2 中 H 元素被氧化, 结合得失电子守恒和质量守恒, 可写出反应的化学方程式。②硫化反应进行一段时间后, 反应生成的 ZnS 参与了 H_2S 与 CO_2 生成 COS 的反应, 反应前后 ZnS 的质量不变, 说明 ZnS 作催化剂, 反应过程可描述为 $\text{ZnS} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{ZnO} + \text{COS}$ 、 $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{ZnS} + \text{H}_2\text{O}$, 总反应为 $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons{\text{ZnS}} \text{COS} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 再生是用氧气氧化 ZnS 和 FeS 的混合物生成 ZnFe_2O_4 , 固体成分变化为 $\text{ZnS} + 2\text{FeS} \rightarrow \text{ZnFe}_2\text{O}_4$, 固体质量变小, 但 280~400 °C 范围内曲线表示固体质量变大, 可能

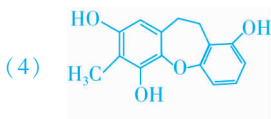
是在氧化过程中部分 ZnS 、 FeS 被氧化生成硫酸盐。

16. (15 分)

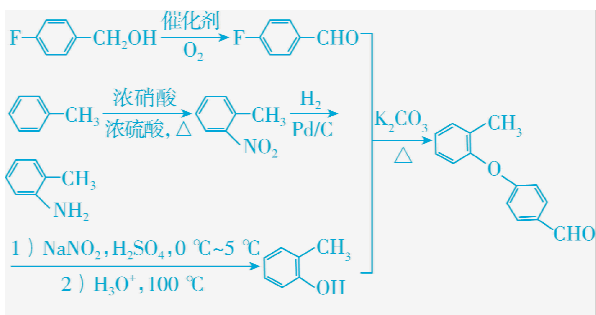
(1) 7



(3) 消去反应



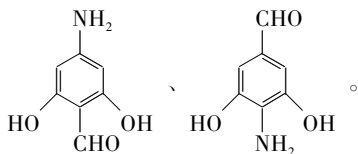
(5)



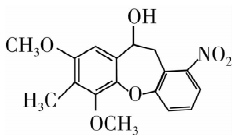
【命题点】有机化学基础相关知识,涉及同分异构体书写、反应类型判断等。

【解析】(1) A 分子中采用 sp^2 杂化的碳原子有醛基碳原子和苯环上的碳原子,共 7 个。

(2) 由 B 的分子式结合其同分异构体的结构特点,可知该同分异构体对称性比较高,苯环上的 4 个取代基应该为氨基、醛基和酚羟基,推知符合条件的同分异构体的结构简式为



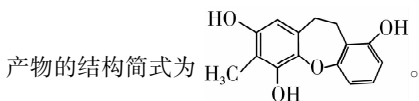
(3) 对比 A、B 和 C 的结构简式,结合 X 的分子式可知, X 为



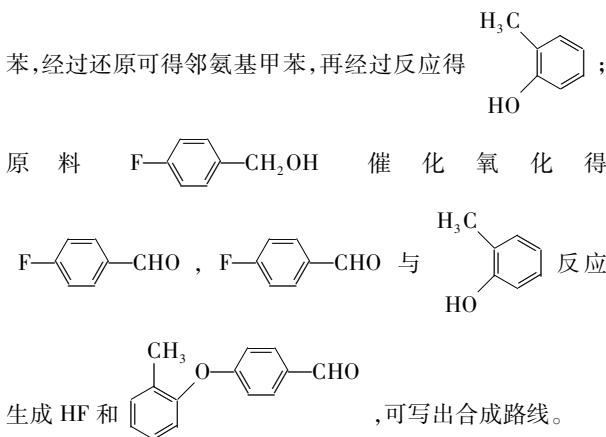
,而 $\text{X} \rightarrow \text{C}$ 是 X 分子内脱去一分子水

形成碳碳双键的过程,反应类型是消去反应。

(4) $\text{E} \rightarrow \text{F}$ 是苯环上的一个甲氧基变为羟基的过程,而 E 分子中有 2 个甲氧基,结合题给副产物的分子式,即可确定副



(5) 由题给条件,结合流程中有关信息,要合成的产物中甲基邻位上有醚键,模仿 $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ 的反应,所以需要在甲苯的甲基邻位产生羟基,模仿 $\text{C} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{E}$ 的反应,硝基还原为氨基,氨基再转化为羟基,则甲苯先硝化生成邻硝基甲



关键点拨 合成路线的设计,可以采用逆向推理,由目标产物向原料推进,同时要参考题给合成路线中中学课本没有的全新反应信息。要合成产物中甲基邻位上有醚键,模仿流程中 $A+B \longrightarrow C$ 的反应,而酚羟基的引入,可以参考题给路线中 $C \rightarrow D \rightarrow E$ 的反应,这样就可以顺利设计出整个合成路线。

17. (15 分)



(2) 100

(3) 200 mL

(4) 加热至 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 充分反应一段时间后,冷却,加入 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液充分反应后,过滤,洗涤,直至取最后一次洗涤液,加入 BaCl_2 溶液无白色沉淀产生

【命题点】化学实验,涉及离子方程式书写、 K_{sp} 应用、化学反应相关计算、实验方案设计等。

【解析】(1) 若三颈烧瓶中先加入硫酸溶液,向其中滴加 Na_2SO_3 溶液则易生成 SO_2 ,导致 Na_2SO_3 的利用率减小,故滴液漏斗中的溶液是 H_2SO_4 溶液; MnO_2 被亚硫酸根离子还原为 Mn^{2+} 的离子方程式为 $\text{MnO}_2 + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 上层清液是氟化镁和氟化钙的饱和溶液,因此 $\frac{c(\text{Ca}^{2+})}{c(\text{Mg}^{2+})} =$

$$\frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}, \text{ 可得 } \frac{c(\text{Ca}^{2+})}{c(\text{Mg}^{2+})} = 100。$$

(3) 向硫酸锰溶液中加入碳酸氢铵时的反应为 $\text{MnSO}_4 + 2\text{NH}_4\text{HCO}_3 \longrightarrow \text{MnCO}_3 \downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,因此需要加入的碳酸氢铵的物质的量是硫酸锰的 2 倍,由于两种溶液物质的量浓度相同,则加入碳酸氢铵溶液的体积约为硫酸锰溶液体积(100 mL)的 2 倍,即 200 mL。

(4) 分析热解图可知,为了提高二氧化锰的产率,热解时控制温度 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 左右最理想,但产物中存在 Mn_2O_3 及少量 MnO ,根据已知信息可知, Mn_2O_3 能将盐酸氧化为有毒的氯气,则应用硫酸溶解,使其转化为 MnO_2 和 Mn^{2+} ,同时又不会产生污染气体,因此正确的实验方案为取一定量的 MnCO_3 置于热解装置中,通空气气流,加热至 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 充分反

应一段时间后,冷却,加入 $1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液充分反应后,过滤,洗涤,直至取最后一次洗涤液,加入 BaCl_2 溶液无白色沉淀产生,干燥固体,得到 MnO_2 。

18. (14 分)

(1)吸收 CO_2 ,提高氢气的产率;提供热量

(2)① $657.1\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ②反应 I 和反应 II 的 $\Delta H > 0$,高温下正反应进行程度大, CO_2 反应的量多;反应 III 的 $\Delta H < 0$,高温下正反应进行的程度小, CO_2 的生成量少

(3)①Ce 的化合价由 +4 价变为 +3 价,Cu 的化合价由 +2 价变为 +1 价 ②氢气将 Cu^{2+} (或氧化铜)或 Cu^+ (或氧化亚铜)还原

【命题点】化学反应原理,涉及盖斯定律、化学平衡、图像分析、反应机理分析等。

【解析】(1)多孔 CaO 比表面积大,能与 CO_2 充分接触,快速吸收 CO_2 ,促进反应正向进行,提高氢气的产率, CaO 与水蒸气或 CO_2 的反应均放热,为反应体系提供热量。

(2)①题给反应 I $\times 3$ - 反应 II $\times 2$ 即可得 $3\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{CO}(\text{g}) + 8\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = (246.5 \times 3 - 41.2 \times 2)\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 657.1\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3)①步骤(i)中 CO 被氧化生成 CO_2 ,结合铜-铈氧化物的化学式和 Ce、Cu 基态原子的核外电子排布可知,该变化过程中 Ce 的化合价由 +4 价变为 +3 价,Cu 的化合价由 +2 价变为 +1 价。②催化剂是铜和铈的氧化物,混合气体中含有大量氢气,由于铈是活泼金属,其氧化物较难被氢气还原,因此当温度高于 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 时,催化剂活性降低的可能原因是氢气将 Cu^{2+} (或氧化铜)或 Cu^+ (或氧化亚铜)还原,使催化剂催化活性下降。