

## 苏州市 2024-2025 学年高二上期中化学试卷

友果邓老师 整理 17751295132 姓名: \_\_\_\_\_ 得分: \_\_\_\_\_

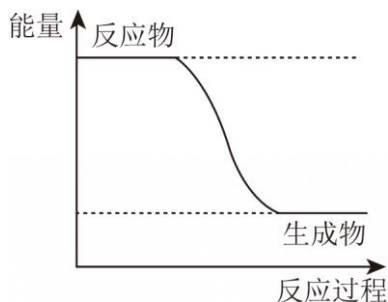
一、单项选择题: 共 13 题, 每题 3 分, 共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. (3 分)近年来我国燃料电池技术取得重大突破。下列物质不宜作为电池燃料的是( )

- A. 氦气                      B. 氢气                      C. 甲烷                      D. 一氧化碳

2. (3 分)下列反应属于放热反应且属于氧化还原反应的是( )

- A.  $\text{CaCO}_3$  加热分解的反应  
B. 稀硫酸与  $\text{NaOH}$  溶液的中和反应  
C.  $\text{H}_2$  燃烧的反应  
D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体与  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体的反应

3. (3 分)关于甲烷合成反应:  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (反应放热), 下列说法正确的是( )

- A. 形成  $\text{C}-\text{H}$  键需要吸收能量  
B. 反应过程的能量变化可用如图表示  
C. 该反应  $\Delta H = E(\text{C}=\text{O}) + E(\text{H}-\text{H}) - E(\text{C}-\text{H}) - E(\text{H}-\text{O})$ (用  $E$  表示某种化学键的键能)  
D. 该反应过程中各元素化合价均未发生变化

4. (3 分)某温度下, 1L 容器中发生反应  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (反应尚未达到平衡)。下列说法正确的是( )

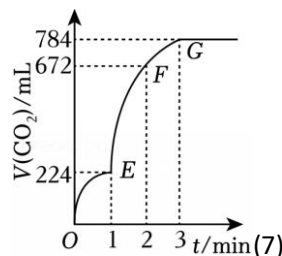
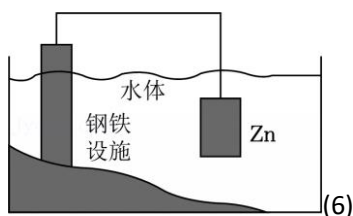
- A. 反应速率关系  $2v(\text{NO}) = 3v(\text{H}_2\text{O})$   
B. 20s 内,  $v(\text{O}_2) = 0.04\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
C. 20s 内,  $\text{NH}_3$  的转化率为 80%  
D. 20s 内, 上述反应转移电子数目为  $5 \times 6.02 \times 10^{23}$

5. (3 分)利用反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  制备  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$ , 下列说法正确的是( )

- A. 该反应  $\Delta S < 0$   
B. 该反应的平衡常数可表示为  $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$   
C. 其他条件相同, 增大压强, 平衡正向移动, 化学平衡常数增大  
D. 其他条件相同, 增大水蒸气的投入量, 可提高  $\text{CH}_4$  的平衡转化率

6. (3 分)将金属  $Zn$  连接在钢铁设施表面，可减缓水体中钢铁设施的腐蚀。在如图所示的情境中，下列有关说法正确的是( )

- A. 该装置设计利用了电解池原理  
B. 铁为原电池的正极  
C.  $Zn$  极的电极反应式为  $Zn+2e^-=Zn^{2+}$   
D. 金属  $Zn$  的活动性比  $Fe$  的活动性弱



7. (3 分)用纯净的  $CaCO_3$  与一定浓度的稀盐酸反应制取  $CO_2$ ，生成  $CO_2$  的体积随时间变化的关系如图所示( $CO_2$  体积已折算为标准状况下的体积)。下列分析正确的是( )

- A. OE 段表示的平均反应速率最快  
B. 该反应是吸热反应  
C. OE、EF、FG 三段中，EF 段收集到的  $CO_2$  的量最多  
D. OE、EF、FG 三段中，该反应用  $CO_2$  表示的平均反应速率之比为 2: 6: 7

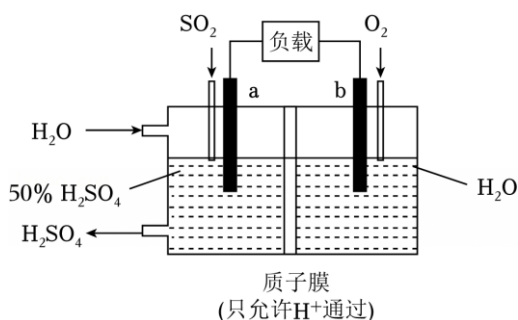
阅读下列材料，回答~9 题：

硫及其化合物之间的转化在生产中有着重要作用。接触法制硫酸中， $SO_2$  制取  $SO_3$  的反应为  $2SO_2(g)+O_2(g)=2SO_3(g)\Delta H=-196.6kJ\cdot mol$ 。实验室也可以利用原电池原理吸收  $SO_2$  制备少量硫酸。

8. 其他条件相同时，对于反应  $2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ，下列说法正确的是( )

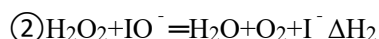
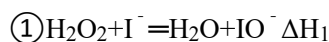
- A. 向容器中加入  $2mol SO_2$  和  $1mol O_2$ ，反应达到平衡时，放出热量为  $196.6kJ$   
B. 增大压强，反应  $v_{逆}$  增大， $v_{正}$  减小，平衡向逆反应方向移动  
C. 该反应在任何条件下都能自发进行  
D. 使用催化剂能降低反应的活化能，不能改变反应的焓变

9. 利用原电池原理吸收  $SO_2$  制备硫酸的装置如图所示。下列有关说法正确的是( )



- A. 电极  $b$  为负极  
B. 电子从电极  $a$  流出，经电解质溶液流向电极  $b$   
C. 电极  $a$  上的电极反应式为  $SO_2-2e^-+2H_2O=SO_4^{2-}+4H^+$   
D. 质子交换膜每通过  $4mol H^+$ ，参加反应的  $O_2$  体积为  $22.4L$

10. (3分)在含有少量 I<sup>-</sup> 的溶液中,  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \Delta H = -98\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。其分解机理如下:



下列说法不正确的是( )

- A. 升高温度和使用催化剂能提高  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的平衡转化率
- B.  $\text{IO}^-$  是中间产物, 在反应中作氧化剂
- C. 一段时间后, 可用带火星的木条检验  $\text{H}_2\text{O}_2$  是否分解
- D.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = -98\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

11. (3分)室温下, 下列实验探究方案不能达到探究目的是( )

| 选项 | 探究方案                                                                                                                                                  | 探究目的                                                                                  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| A  | 相同条件下, 向一支试管中加入 2mL10% $\text{H}_2\text{O}_2$ 和 1mL $\text{H}_2\text{O}$ , 向另一支试管中加入 2mL20% $\text{H}_2\text{O}_2$ 和 1mL $\text{FeCl}_3$ 溶液, 观察反应剧烈程度 | $\text{FeCl}_3$ 是 $\text{H}_2\text{O}_2$ 分解反应的催化剂                                     |
| B  | 在一支试管中加入 2mL2mol·L <sup>-1</sup> 盐酸, 并用温度计测量其温度。再向试管中放入用砂纸打磨光亮的镁条, 观察现象, 并测量溶液温度的变化                                                                   | Mg 与盐酸反应放热                                                                            |
| C  | 用注射器收集一定体积 $\text{NO}_2$ 气体, 连接色度传感器, 通过推拉活塞改变体系压强, 观察体系中气体颜色变化                                                                                       | 压强对化学平衡的影响                                                                            |
| D  | 向 5mL0.005mol·L <sup>-1</sup> $\text{FeCl}_3$ 溶液中加入 5mL0.015mol·L <sup>-1</sup> $\text{KSCN}$ 溶液, 再加入少量铁粉, 观察溶液颜色变化                                   | 浓度对平衡 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$ 的影响 |

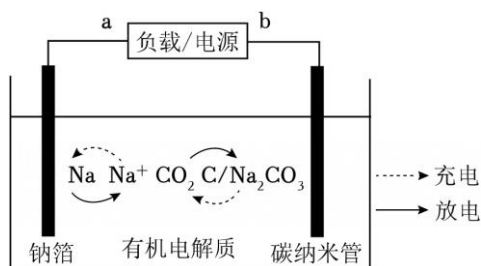
A. A

B. B

C. C

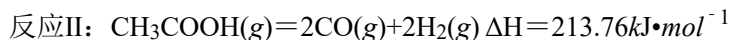
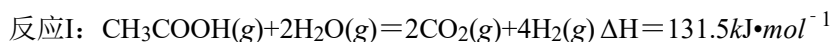
D. D

12. (3分)我国科学家研发了一种室温下可充电的 Na—CO<sub>2</sub> 电池, 装置如图所示。放电时,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与 C 均沉积在碳纳米管中。下列说法不正确的是( )



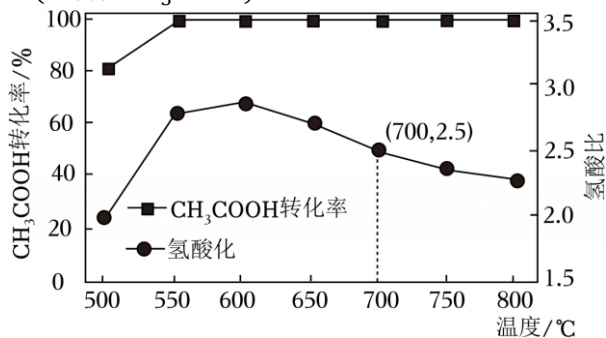
- A. 放电时, 钠箔电极发生氧化反应
- B. 放电时, 每转移 2mol 电子, 消耗 33.6L $\text{CO}_2$ ( $\text{CO}_2$  标准状况下)
- C. 充电时, 电源 b 极为正极,  $\text{Na}^+$  向钠箔电极移动
- D. 充电时, 碳纳米管电极发生的反应为:  $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$

13. (3 分)乙酸蒸汽催化重整制氢过程中的主要反应有:



将一定比例的乙酸、水和  $\text{N}_2$  的混合气体以一定流速通过装有催化剂 M 的反应管, 乙酸转化率、氢酸比

$\left[ \frac{n(\text{生成H}_2)}{n(\text{总转化CH}_3\text{COOH})} \right]$  与温度的关系如图所示。若仅考虑上述反应, 下列说法正确的是( )

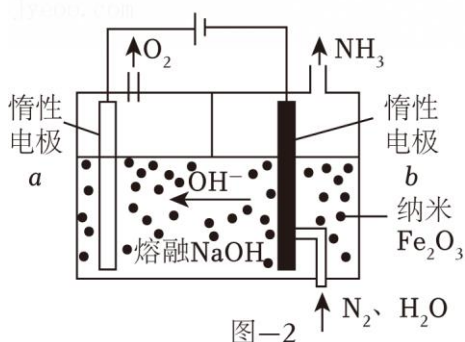
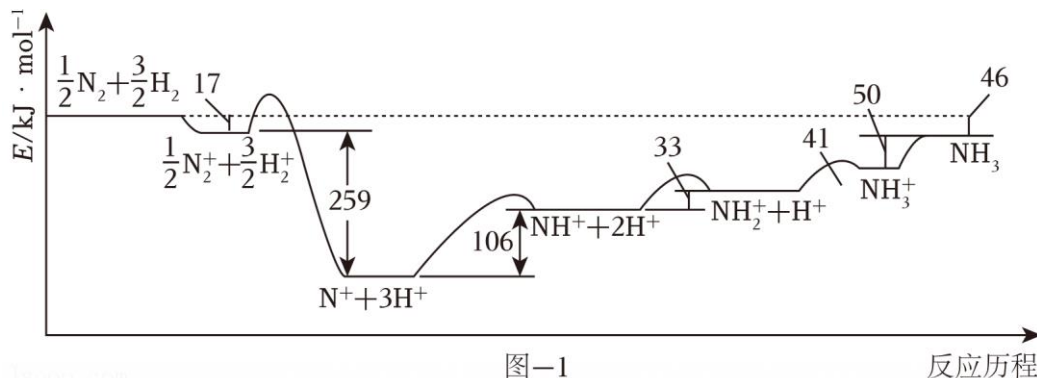


- A. 用催化剂 M 催化重整制氢的最佳温度范围约为 750~800°C
- B. 700°C 时, 反应管出口气的  $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = 3$
- C. 600°C 后, 氢酸比下降的主要原因是温度升高, 反应 I、II 正向进行程度均减小
- D. 该过程深入研究的方向之一是寻找对反应 II 选择性更高的催化剂

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

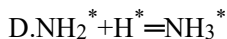
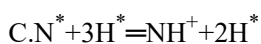
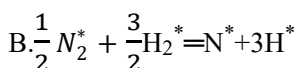
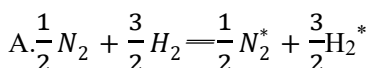
14. (15 分)粮食生产离不开氮肥，合成氨是人工固氮最重要的途径。

(1)工业合成氨反应是在催化剂表面进行的，主要经历吸附、表面反应、脱附等步骤。以铁触媒为催化剂，以  $N_2$  和  $H_2$  为原料合成  $NH_3$  的反应历程如图 - 1 所示(图中\*表示吸附在催化剂表面活性位点的物种)。



①写出  $N_2$  与  $H_2$  反应生成  $NH_3$  的热化学方程式：\_\_\_\_\_。

②上述历程中，反应速率最慢的步骤是 \_\_\_\_\_ (填字母序号)。



③合成过程中，不断将生成的  $NH_3$  液化并移去，能够提高合成  $NH_3$  的生产效率。请从速率角度解释可能原因：\_\_\_\_\_。

(2)以纳米  $Fe_2O_3$  作催化剂，以  $N_2$  和  $H_2O$  为原料，电化学合成  $NH_3$  的原理如图 - 2 所示。

①该过程中能量的转化形式为 \_\_\_\_\_。

②电极 b 上产生  $NH_3$  的电极反应式为 \_\_\_\_\_。

③由于发生副反应，使得电极 b 上获得的  $NH_3$  中混有  $H_2$ ，则理论上电极 a 和电极 b 生成气体的物质的量之比的范围是 \_\_\_\_\_  $< \frac{n(\text{电极a生成的气体})}{n(\text{电极b生成的气体})} < \frac{3}{4}$ 。

15. (14分)杭州亚运会主火炬用的是绿色燃料“零碳甲醇( $\text{CH}_3\text{OH}$ )”。

(1)催化剂作用下,  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}_2$  发生反应:  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。

①250℃, 在甲(容积 4L)、乙(容积 2L)两个恒容密闭容器中分别充入 2mol  $\text{CO}_2$  和 6mol  $\text{H}_2$  容器内总压强随时间变化如图 - 1 所示。甲容器中压强变化情况对应的曲线是 \_\_\_\_\_ (填“A”或“B”)。

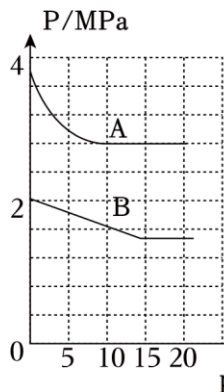


图-1

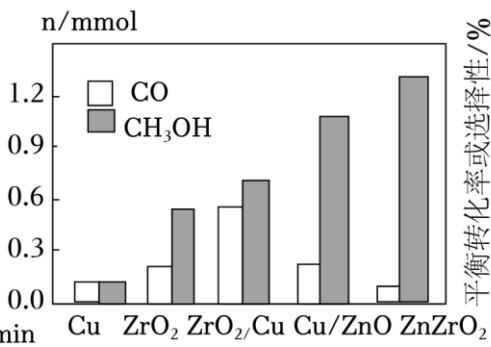


图-2

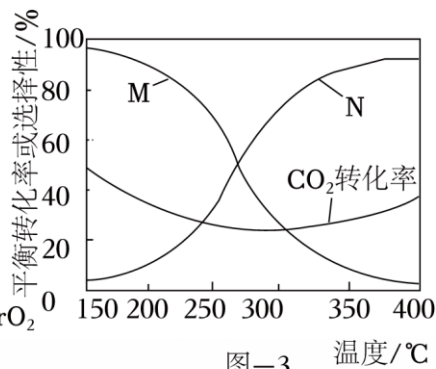
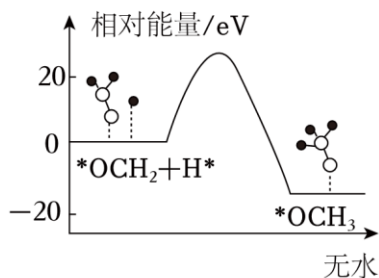
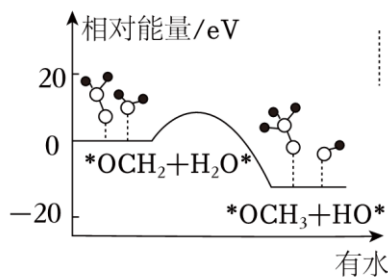


图-3



无水

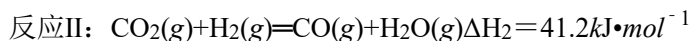
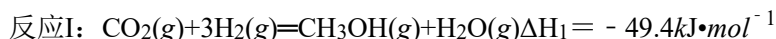


有水

图-4

②其他条件不变, 仅改变催化剂种类, 反应器出口产品成分分析结果如图 - 2 所示图中所示的五种催化剂中, 宜选择的最佳催化剂是 \_\_\_\_\_ (填化学式)。

(2)实际工业制备甲醇主要发生如下反应:



一定压强下, 按照  $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$  加入原料, 平衡时,  $\text{CH}_3\text{OH}$  或  $\text{CO}$  的选择性[选择性 =  $\frac{n(\text{生成CH}_3\text{OH}) \text{ 或 } n(\text{生成CO})}{n(\text{转化CO}_2)} \times 100\%$ ]及  $\text{CO}_2$  的转化率随温度的变化情况如图 - 3 所示。

①图中  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性所对应的曲线是 \_\_\_\_\_ (填“M”或“N”)。

②300~400℃范围内,  $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度升高而增大的原因是 \_\_\_\_\_。

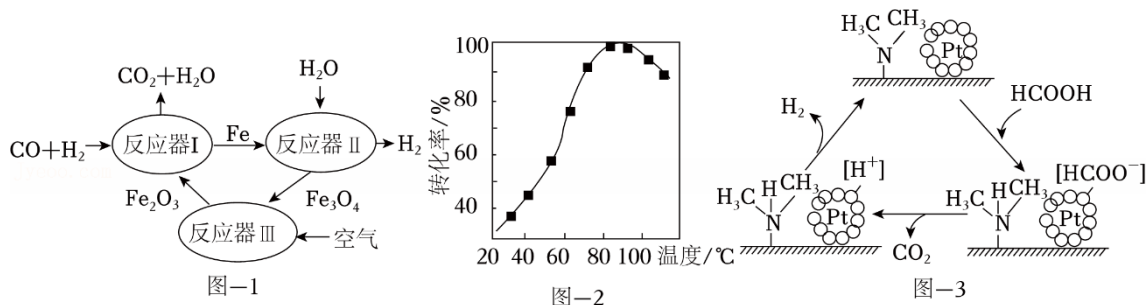
(3)研究发现,  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}_2$  的反应气中含有水蒸气会影响  $\text{CH}_3\text{OH}$  的产率, 添加适量水蒸气前后对关键反应历程的能量变化影响如图 - 4 所示。

已知: 水蒸气可使催化剂表面的活化位点减少。

①该反应过程中, 有水参与的关键反应历程的化学方程式为 \_\_\_\_\_。

②推测在反应气中添加水蒸气对甲醇产率造成的可能影响及其原因: \_\_\_\_\_ (答出两点)。

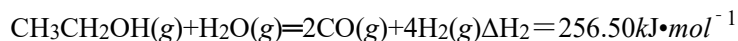
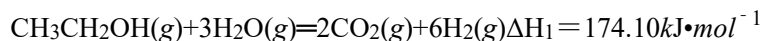
16. (16 分) 氢气是理想的清洁能源，其制取、储存和释放是氢能源利用的研究热点。



(1) 利用铁及其氧化物循环制氢，其原理如图 - 1 所示，反应器 I 中化合价发生改变的元素有 \_\_\_\_\_；含 CO 和 H<sub>2</sub> 各 1mol 的混合气体通过该方法制氢，理论上可增加获得 \_\_\_\_\_ mol H<sub>2</sub>。

(2) 利用乙醇—水蒸气催化重整制氢。

已知：



① 反应  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \Delta H =$  \_\_\_\_\_。

② 已知  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \Delta H = -178.80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。向重整反应体系中加入适量多孔 CaO，其目的是：吸收 CO<sub>2</sub> 提高 H<sub>2</sub> 产率和纯度；\_\_\_\_\_ (答出两点)。

(3) 利用甲酸储氢。在密闭容器中向含有催化剂的 KHCO<sub>3</sub> 溶液(CO<sub>2</sub> 与 KOH 溶液反应制得)中通入 H<sub>2</sub> 生成 HCOO<sup>-</sup> 从而实现储氢。其他条件不变，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 转化为 HCOO<sup>-</sup> 的转化率随温度的变化如图 - 2 所示。

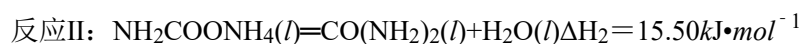
① 储氢反应 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 转化为 HCOO<sup>-</sup> 的离子方程式为 \_\_\_\_\_。

② 40°C ~ 80°C 范围内，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 催化加氢的转化率迅速上升的原因可能是 \_\_\_\_\_。

(4) HCOOH 催化释氢。催化剂作用下，HCOOH 分解生成 H<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的可能反应机理如图 - 3 所示。若是 HCOOD 代替 HCOOH 进行催化释氢反应，则除生成 CO<sub>2</sub> 外，还生成 \_\_\_\_\_ (填气体化学式)。

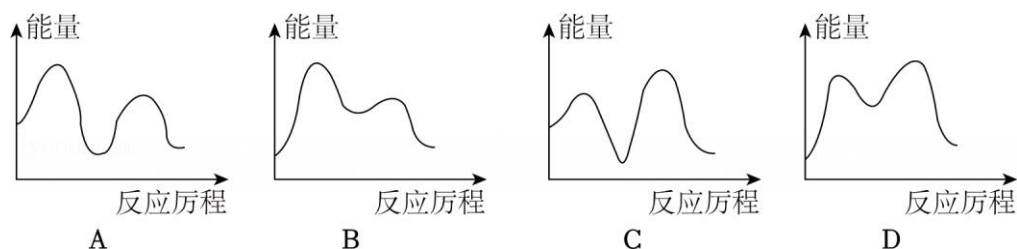
17. (16分)研究  $\text{CO}_2$  的转化对实现“碳中和”目标具有重要意义。

(1)合成尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 是利用  $\text{CO}_2$  的途径之一。其合成过程分为两步：



①密闭体系中，反应I的平衡常数(K)随温度升高的变化情况是 \_\_\_\_\_ (选填“增大”“减小”或“不变”)。

②已知反应I为快速反应，反应II为慢速反应。下列图象能表示尿素合成塔中发生反应的能量变化历程的是 \_\_\_\_\_ (填字母序号)。



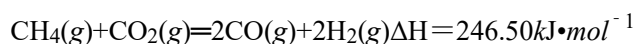
(2)电催化还原是  $\text{CO}_2$  资源化的又一途径。一种有机多孔电极材料(铜粉沉积在一种含碳有机物的骨架上)电催化还原  $\text{CO}_2$  的装置示意图如图 - 1 所示。

①电极 a 应连接电源的 \_\_\_\_\_ (选填“正极”或“负极”)。

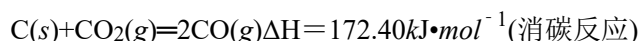
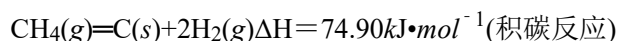
②电极 b 上，由  $\text{CO}_2$  生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的电极反应式为 \_\_\_\_\_。

③科研小组利用  $^{13}\text{CO}_2$  代替原有的  $\text{CO}_2$  进行研究，其目的是 \_\_\_\_\_。

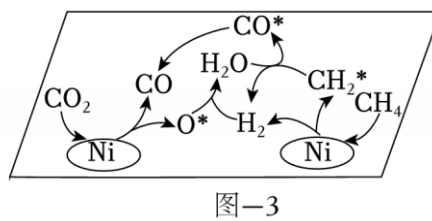
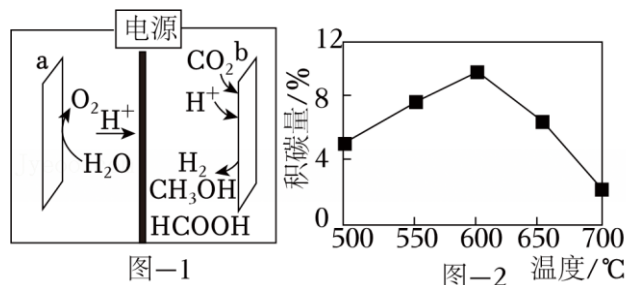
(3) $\text{CO}_2$  还可以与  $\text{CH}_4$  催化重整制取  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  在 Ni 基催化剂表面发生重整反应：



在催化剂表面还存在反应：



①其他条件不变，催化剂表面的积碳量随温度变化如图 - 2 所示。温度高于  $600^\circ\text{C}$  催化剂表面积碳量减少的原因可能是 \_\_\_\_\_。



②重整反应的可能机理如图 - 3 所示(\*表示吸附在催化剂表面活性位点的物种)。生成  $\text{CO}$  的过程可描述为： $\text{CO}_2$  在催化剂表面解离成  $\text{CO}$  和  $\text{O}^*$  \_\_\_\_\_， $\text{CO}^*$  从催化剂表面脱附生成  $\text{CO}$ 。

## 苏州市 2024-2025 学年高二(上)期中化学试卷

## 参考答案与试题解析

## 一. 选择题(共 11 小题)

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 题号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 答案 | A | C | B | C | D | B | C | A  | A  | D  | B  |

## 一、单项选择题: 共 13 题, 每题 3 分, 共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. (3 分)近年来我国燃料电池技术取得重大突破。下列物质不宜作为电池燃料的是( )

- A. 氦气                      B. 氢气                      C. 甲烷                      D. 一氧化碳

【分析】燃料电池工作时, 燃料在负极发生失电子的氧化反应, 则燃料电池的燃料应该具有可燃性或强还原性, 否则反应不易自发进行, 结合选项所给物质的性质分析解答该题。

【解答】解: A. 氦气是稀有气体, 化学性质稳定, 通常情况下不易发生化学反应或氧化反应, 不宜作电池燃料, 故 A 错误;

B. 氢气是活泼非金属单质, 具有可燃性和强还原性, 能作电池燃料, 故 B 正确;

C. 甲烷是可燃性气体, 具有强还原性, 能作电池燃料, 故 C 正确;

D. 一氧化碳是可燃性气体, 具有强还原性, 能作电池燃料, 故 D 正确;

故选: A。

【点评】本题考查燃料电池工作原理, 侧重基础知识检测和运用能力考查, 把握原电池形成条件、物质性质及电极反应即可解答, 题目难度不大。

2. (3 分)下列反应属于放热反应且属于氧化还原反应的是( )

- A.  $\text{CaCO}_3$  加热分解的反应  
B. 稀硫酸与  $\text{NaOH}$  溶液的中和反应  
C.  $\text{H}_2$  燃烧的反应  
D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体与  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体的反应

【分析】属于放热反应, 说明反应物总能量大于生成物总能量, 又属于氧化还原反应, 说明反应中有电子转移, 其特征是有元素化合价升降。

【解答】解: A.  $\text{CaCO}_3$  加热分解的反应为吸热反应, 但不属于氧化还原反应, 故 A 错误;

B. 稀硫酸与  $\text{NaOH}$  溶液的中和反应中没有元素化合价变化, 不属于氧化还原反应, 故 B 错误;

C.  $\text{H}_2$  燃烧的反应该反应中有元素化合价变化, 属于氧化还原反应, 且是放热反应, 故 C 正确;

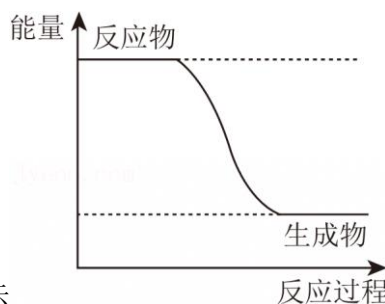
D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体与  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体的反应是吸热反应, 属于非氧化还原反应, 故 D 错误;

故选: C。

【点评】本题考查了反应类型的判断, 根据元素化合价是否变化及反应热来分析解答, 熟悉常见吸热反应和放热反应、氧化还原反应的特征即可解答, 题目难度不大。

3. (3 分)关于甲烷合成反应:  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (反应放热), 下列说法正确的是( )

A. 形成 C—H 键需要吸收能量



B. 反应过程的能量变化可用如图表示

C. 该反应  $\Delta H = E(\text{C}=\text{O}) + E(\text{H}-\text{H}) - E(\text{C}-\text{H}) - E(\text{H}-\text{O})$  (用 E 表示某种化学键的键能)

D. 该反应过程中各元素化合价均未发生变化

【分析】A. 成键放热；

B. 依据反应吸放热判断反应物和生成物能量关系；

C. 反应热等于反应物总键能减去生成物总键能；

D. 依据物质化合价判断。

【解答】解：A. 形成 C—H 键需要放出能量，故 A 错误；

B. 反应放热，故反应物总能量大于生成物总能量，与图象符合，故 B 正确；

C. 该反应  $\Delta H = 2E(\text{C}=\text{O}) + 4E(\text{H}-\text{H}) - 4E(\text{C}-\text{H}) - 4E(\text{H}-\text{O})$ ，故 C 错误；

D. 反应中碳元素由 +4 价降低为 -4 价，氢元素由 0 价升高为 +1 价，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查化学反应中的能量变化，题目难度中等，能依据题目信息判断能量变化过程是解题的关键。

4. (3 分) 某温度下，1L 容器中发生反应  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ， $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  (反应尚未达到平衡)。下列说法正确的是( )

A. 反应速率关系  $2v(\text{NO}) = 3v(\text{H}_2\text{O})$

B. 20s 内， $v(\text{O}_2) = 0.04\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

C. 20s 内， $\text{NH}_3$  的转化率为 80%

D. 20s 内，上述反应转移电子数目为  $5 \times 6.02 \times 10^{23}$

【分析】A. 根据速率之比等于化学计量数之比进行判断；

B. 20s 内  $v(\text{NH}_3) = 0.04\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，速率之比等于化学计量数之比，则  $v(\text{O}_2) = 0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ；

C.  $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的量为  $0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，20s 内  $\text{NH}_3$  的转化率为  $\frac{\text{转化量}}{\text{起始量}} \times 100\%$  进行计算；

D.  $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的量为  $0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，即  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的物质的量为  $0.8\text{mol}$ ，由化学方程式可知， $1\text{mol}\text{NH}_3$  转化为  $\text{NO}$  时，转移的电子为  $5\text{mol}$ ，则  $0.8\text{mol}\text{NH}_3$  转移的电子数为  $0.8 \times 5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 。

【解答】解：A. 速率之比等于化学计量数之比，则  $3v(\text{NO}) = 2v(\text{H}_2\text{O})$ ，故 A 错误；

B. 20s 内  $v(\text{NH}_3)=0.04\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，速率之比等于化学计量数之比，则  $v(\text{O}_2)=0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，故 B 错误；

C.  $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的量为  $0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，20s 内  $\text{NH}_3$  的转化率为  $\frac{0.8\text{mol}/\text{L}\times 1\text{L}}{1\text{mol}/\text{L}\times 1\text{L}}\times 100\%=80\%$ ，故 C 正确；

D.  $\text{NH}_3$  在 20s 内由  $1.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  变成  $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的量为  $0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，即  $\text{NH}_3$  在 20s 内转化的物质的量为  $0.8\text{mol}$ ，由化学方程式可知， $1\text{mol}\text{NH}_3$  转化为  $\text{NO}$  时，转移的电子为  $5\text{mol}$ ，则  $0.8\text{mol}\text{NH}_3$  转移的电子数为  $0.8\times 5\times 6.02\times 10^{23}$ ，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题主要考查了化学平衡的有关计算，题目难度中等，掌握化学平衡计算的方法是解答该题的关键。

5. (3 分)利用反应  $\text{CH}_4(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})$  制备  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$ ，下列说法正确的是( )

A. 该反应  $\Delta S<0$

B. 该反应的平衡常数可表示为  $K=\frac{c(\text{CO})\cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4)\cdot c(\text{H}_2\text{O})}$

C. 其他条件相同，增大压强，平衡正向移动，化学平衡常数增大

D. 其他条件相同，增大水蒸气的投入量，可提高  $\text{CH}_4$  的平衡转化率

【分析】依据外界条件改变对化学平衡的影响分析。

【解答】解：A. 反应正向气体分子数增大， $\Delta S>0$ ，故 A 错误；

B. 反应的平衡常数可表示为  $K=\frac{c(\text{CO})\cdot c^3(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4)\cdot c(\text{H}_2\text{O})}$ ，故 B 错误；

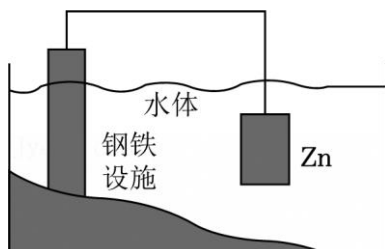
C. 其他条件相同，增大压强，平衡逆向移动，平衡常数不变，故 C 错误；

D. 其他条件相同，增大水蒸气的投入量，平衡正向移动，可提高  $\text{CH}_4$  的平衡转化率，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查化学平衡，题目难度中等，掌握外界条件改变对化学平衡的影响是解题的关键。

6. (3 分)将金属  $\text{Zn}$  连接在钢铁设施表面，可减缓水体中钢铁设施的腐蚀。在如图所示的情境中，下列有关说法正确的是( )



A. 该装置设计利用了电解池原理

B. 铁为原电池的正极

C.  $\text{Zn}$  极的电极反应式为  $\text{Zn}+2\text{e}^-=\text{Zn}^{2+}$

D. 金属  $\text{Zn}$  的活动性比  $\text{Fe}$  的活动性弱

【分析】由图可知， $\text{Zn}$  比  $\text{Fe}$  活泼， $\text{Zn}$  作负极，电极反应式为  $\text{Zn}-2\text{e}^-=\text{Zn}^{2+}$ ， $\text{Fe}$  作正极被保护，据此

作答。

【解答】解：A. 由分析可知，该装置为原电池，故 A 错误；

B. Zn 比 Fe 活泼，Zn 作负极，Fe 作正极，故 B 正确；

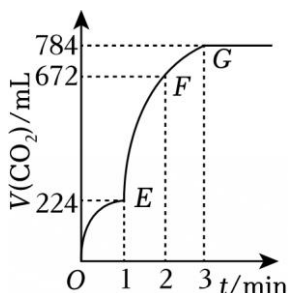
C. Zn 作负极，电极反应式为  $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$ ，故 C 错误；

D. 金属 Zn 的活动性比 Fe 的活动性强，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查原电池原理，题目难度中等，能依据图象和信息准确判断正负极是解题的关键。

7. (3 分)用纯净的  $CaCO_3$  与一定浓度的稀盐酸反应制取  $CO_2$ ，生成  $CO_2$  的体积随时间变化的关系如图所示( $CO_2$  体积已折算为标准状况下的体积)。下列分析正确的是( )



A. OE 段表示的平均反应速率最快

B. 该反应是吸热反应

C. OE、EF、FG 三段中，EF 段收集到的  $CO_2$  的量最多

D. OE、EF、FG 三段中，该反应用  $CO_2$  表示的平均反应速率之比为 2: 6: 7

【分析】A. 相同时间内收集的气体越多，反应速率越快；

B.  $CaCO_3$  和稀盐酸的反应为放热反应；

C. OE、EF、FG 段收集的气体体积分别是：224mL、 $(672 - 224)mL = 448mL$ 、 $(784 - 672)mL = 112mL$ ；

D. OE、EF、FG 三段中，时间相同，该反应用  $CO_2$  表示的平均反应速率之比等于气体的体积之比。

【解答】解：A. 相同时间内收集的气体越多，反应速率越快，时间相同，EF 段收集的气体最多，反应速率最快，故 A 错误；

B.  $CaCO_3$  和稀盐酸的反应为放热反应，故 B 错误；

C. OE、EF、FG 段收集的气体体积分别是：224mL、 $(672 - 224)mL = 448mL$ 、 $(784 - 672)mL = 112mL$ ，所以 EF 段收集到的  $CO_2$  的量最多，故 C 正确；

D. OE、EF、FG 三段中，时间相同，该反应用  $CO_2$  表示的平均反应速率之比等于气体的体积之比 = 224mL: 672mL: 112mL = 2: 6: 1，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查化学反应速率的影响因素，侧重考查图象的分析、判断，明确化学反应速率的计算方法是解本题关键，题目难度不大。

阅读下列材料，回答~9 题：

硫及其化合物之间的转化在生产中有着重要作用。接触法制硫酸中， $SO_2$  制取  $SO_3$  的反应为  $2SO_2(g) + O_2(g) = 2SO_3(g)$   $\Delta H = -196.6 kJ \cdot mol^{-1}$ 。实验室也可以利用原电池原理吸收  $SO_2$  制备少量硫酸。

8. 其他条件相同时, 对于反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ , 下列说法正确的是( )

- A. 向容器中加入  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$ , 反应达到平衡时, 放出热量为  $196.6\text{kJ}$
- B. 增大压强, 反应  $v_{\text{逆}}$  增大,  $v_{\text{正}}$  减小, 平衡向逆反应方向移动
- C. 该反应在任何条件下都能自发进行
- D. 使用催化剂能降低反应的活化能, 不能改变反应的焓变

【分析】依据外界条件改变对化学反应速率和化学平衡的影响分析。

【解答】解: A. 可逆反应不能反应完全, 向容器中加入  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$ , 反应达到平衡时, 放出热量小于  $196.6\text{kJ}$ , 故 A 错误;

B. 增大压强, 正逆反应速率均增大, 平衡向正向移动, 故 B 错误;

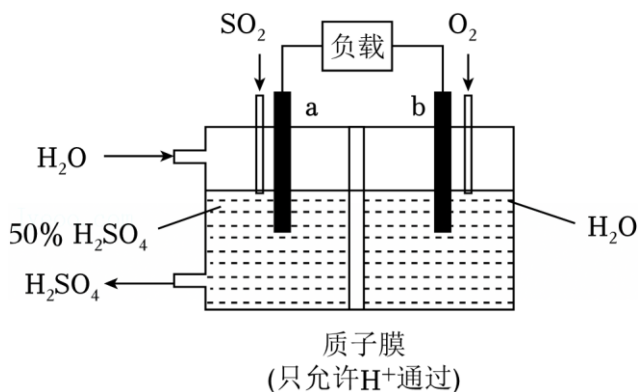
C.  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$ , 故低温时  $\Delta H - T\Delta S < 0$ , 反应自发, 故 C 错误;

D. 使用催化剂能降低反应的活化能, 加快反应速率, 但不能改变反应的焓变, 故 D 正确;

故选: D。

【点评】本题考查化学平衡, 题目难度中等, 掌握外界条件改变对化学平衡的影响是解题的关键。

9. 利用原电池原理吸收  $\text{SO}_2$  制备硫酸的装置如图所示。下列有关说法正确的是( )



- A. 电极  $b$  为负极
- B. 电子从电极  $a$  流出, 经电解质溶液流向电极  $b$
- C. 电极  $a$  上的电极反应式为  $\text{SO}_2 - 2e^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
- D. 质子交换膜每通过  $4\text{mol H}^+$ , 参加反应的  $\text{O}_2$  体积为  $22.4\text{L}$

【分析】由图可知,  $a$  极为硫元素化合价升高失电子, 故  $a$  极为负极, 电极反应式为  $\text{SO}_2 - 2e^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ ,  $b$  极为正极, 据此作答。

【解答】解: A.  $b$  极氧元素化合价降低得电子, 故  $b$  极为正极, 故 A 错误;

B. 原电池工作时, 电子不经过电解质溶液, 故 B 错误;

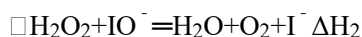
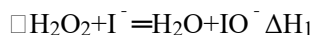
C.  $a$  极为负极, 电极反应式为  $\text{SO}_2 - 2e^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ , 故 C 正确;

D. 题目未给标准状况, 无法使用  $22.4\text{L/mol}$  计算气体体积, 故 D 错误;

故选: C。

【点评】本题考查原电池, 题目难度中等, 能依据图象和信息准确判断正负极是解题的关键。

10. (3 分)在含有少量 1 的溶液中,  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \Delta H = -98\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。其分解机理如下:



下列说法不正确的是( )

- A. 升高温度和使用催化剂能提高  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的平衡转化率  
 B.  $\text{IO}^-$  是中间产物，在反应  $\square$  中作氧化剂  
 C. 一段时间后，可用带火星的木条检验  $\text{H}_2\text{O}_2$  是否分解  
 D.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = -98 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【分析】由反应历程可知， $\text{I}^-$  作催化剂， $\text{IO}^-$  为中间产物，结合外界条件改变对化学平衡的影响分析。

【解答】解：A. 反应放热，平衡逆向移动， $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的平衡转化率减小，加入催化剂，可以加快反应速率，平衡不移动， $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的平衡转化率不变，故 A 错误；

B.  $\text{IO}^-$  为中间产物，反应  $\square$  中碘元素化合价降低作氧化剂，故 B 正确；

C.  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解产生氧气，一段时间后，可用带火星的木条是否复燃检验  $\text{H}_2\text{O}_2$  是否分解，故 C 正确；

D. 依据盖斯定律  $\square + \square$  可得  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -98 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故 D 正确；  
 故选：A。

【点评】本题考查化学平衡，题目难度中等，掌握外界条件改变对化学平衡的影响是解题的关键。

11. (3 分)室温下，下列实验探究方案不能达到探究目的是( )

| 选项 | 探究方案                                                                                                                                                                               | 探究目的                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| A  | 相同条件下，向一支试管中加入 $2\text{mL} 10\% \text{H}_2\text{O}_2$ 和 $1\text{mL} \text{H}_2\text{O}$ ，向另一支试管中加入 $2\text{mL} 20\% \text{H}_2\text{O}_2$ 和 $1\text{mL} \text{FeCl}_3$ 溶液，观察反应剧烈程度 | $\text{FeCl}_3$ 是 $\text{H}_2\text{O}_2$ 分解反应的催化剂                                     |
| B  | 在一支试管中加入 $2\text{mL} 2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸，并用温度计测量其温度。再向试管中放入用砂纸打磨光亮的镁条，观察现象，并测量溶液温度的变化                                                                              | $\text{Mg}$ 与盐酸反应放热                                                                   |
| C  | 用注射器收集一定体积 $\text{NO}_2$ 气体，连接色度传感器，通过推拉活塞改变体系压强，观察体系中气体颜色变化                                                                                                                       | 压强对化学平衡的影响                                                                            |
| D  | 向 $5\text{mL} 0.005\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液中加入 $5\text{mL} 0.015\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KSCN}$ 溶液，再加入少量铁粉，观察溶液颜色变化                            | 浓度对平衡 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$ 的影响 |

- A. A                      B. B                      C. C                      D. D

【分析】A. 保证  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度相同，使催化剂的浓度不同；

B.  $\text{Mg}$  和稀盐酸的反应为放热反应；

C. 改变气体体积，压强改变，平衡发生移动；

D.  $\text{Fe}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  反应，使平衡逆向移动。

【解答】解：A. 实验中两支试管中浓度  $\text{H}_2\text{O}_2$  不同，向其中一支试管中加入  $\text{FeCl}_3$  溶液，氯化铁能改变化学反应速率，但浓度也会影响化学反应速率，故不能达到实验目的，故 A 错误；

B.  $\text{Mg}$  和稀盐酸的反应为放热反应，导致反应后溶液温度升高，能探究  $\text{Mg}$  与盐酸反应的热效应，能达到实验目的，故 D 正确；

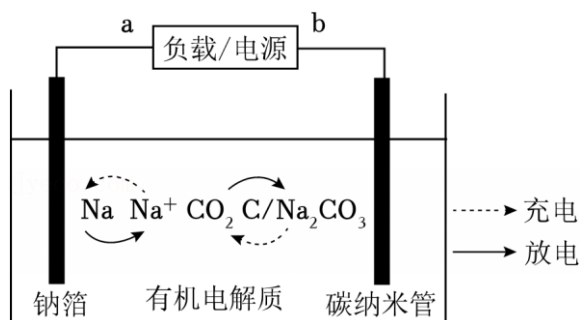
C. 改变气体体积，压强改变，平衡发生移动，气体颜色发生变化，所以能探究压强对化学平衡的影响，能达到实验目的，故 C 正确；

D. 加入少量铁粉， $\text{Fe}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  反应，使平衡  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$  逆向移动，溶液颜色变浅，能证明浓度对平衡的影响，故 D 正确；

故选：A。

【点评】本题考查实验方案评价，侧重考查分析、判断及知识综合运用能力，明确实验原理、元素化合物的性质是解本题关键，题目难度中等。

12. (3 分)我国科学家研发了一种室温下可充电的  $\text{Na}-\text{CO}_2$  电池，装置如图所示。放电时， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与 C 均沉积在碳纳米管中。下列说法不正确的是( )



A. 放电时，钠箔电极发生氧化反应

B. 放电时，每转移  $2\text{mol}$  电子，消耗  $33.6\text{LCO}_2$  ( $\text{CO}_2$  标准状况下)

C. 充电时，电源  $b$  极为正极， $\text{Na}^+$  向钠箔电极移动

D. 充电时，碳纳米管电极发生的反应为： $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$

【分析】由图可知，放电时，钠箔电极作负极，碳纳米管电极作正极，电极反应式为  $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ ，充电时，钠箔电极作阴极，碳纳米管电极作阳极，电极反应式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} - 4\text{e}^- = 4\text{Na}^+ + 3\text{CO}_2$ ，据此作答。

【解答】解：A. 放电时，钠箔电极作负极，发生氧化反应，故 A 正确；

B. 放电时，碳纳米管电极作正极，电极反应式为  $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ ，每转移  $2\text{mol}$  电子，消耗  $1.5\text{mol CO}_2$ ， $\text{CO}_2$  标准状况下体积为  $33.6\text{L}$ ，故 B 正确；

C. 充电时，碳纳米管电极作阳极， $b$  极为正极， $\text{Na}^+$  向钠箔电极(阴极)移动，故 C 正确；

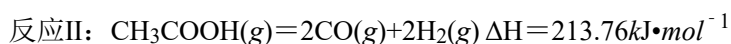
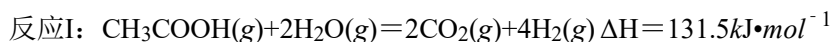
D. 充电时，碳纳米管电极作阳极，电极反应式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} - 4\text{e}^- = 4\text{Na}^+ + 3\text{CO}_2$ ，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查可充电电池，题目难度中等，能依据图象和信息准确判断正负极和阴阳极是解题的关键。

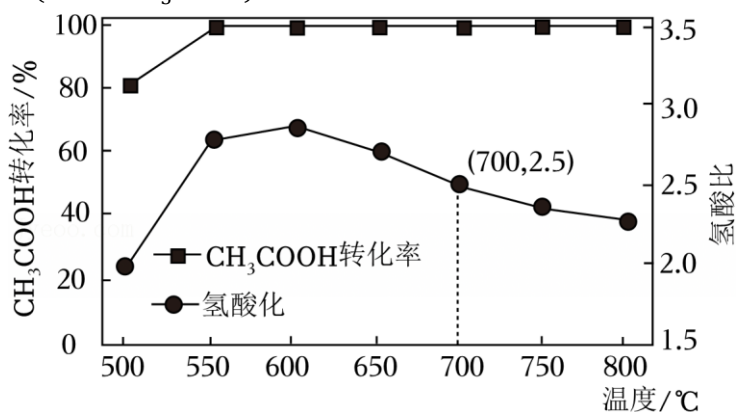
键。

13. (3分) 乙酸蒸汽催化重整制氢过程中的主要反应有:



将一定比例的乙酸、水和  $\text{N}_2$  的混合气体以一定流速通过装有催化剂 M 的反应管, 乙酸转化率、氢酸比

$\left[ \frac{n(\text{生成H}_2)}{n(\text{总转化CH}_3\text{COOH})} \right]$  与温度的关系如图所示。若仅考虑上述反应, 下列说法正确的是( )



A. 用催化剂 M 催化重整制氢的最佳温度范围约为 750~800°C

B. 700°C 时, 反应管出口气的  $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = 3$

C. 600°C 后, 氢酸比下降的主要原因是温度升高, 反应 I、II 正向进行程度均减小

D. 该过程深入研究的方向之一是寻找对反应 II 选择性更高的催化剂

【分析】A. 依据温度对乙酸转化率和氢酸比影响分析;

B. 依据氢酸比计算 CO 和二氧化碳物质的量之比;

C. 依据乙酸转化率变化分析;

D. 依据氢气的生成量判断研究方向。

【解答】解: A. 催化重整中乙酸的转化率越大, 氢酸比越大时, 反应最佳, 故最佳温度范围约为 600°C, 故 A 错误;

B. 700°C 时, 设 CO 和  $\text{CO}_2$  的物质的量分别为  $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$ , 则氢酸比  $\left[ \frac{n(\text{生成H}_2)}{n(\text{总转化CH}_3\text{COOH})} \right] = \frac{x+2y}{\frac{1}{2} \times (x+y)} = 2.5$ ,

解得  $\frac{x}{y} = \frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = 3$ , 故 B 正确;

C. 600°C 后, 乙酸的转化率几乎不变, 则温度升高, 反应 I、II 正向进行程度不可能均减小, 故 C 错误;

D. 反应 I 1 mol 乙酸生成 4 mol 氢气, 反应 II 中 1 mol 乙酸生成 2 mol 氢气, 反应 I 更有利于氢气的生成, 故该过程深入研究的方向之一是寻找对反应 I 选择性更高的催化剂, 故 D 错误;

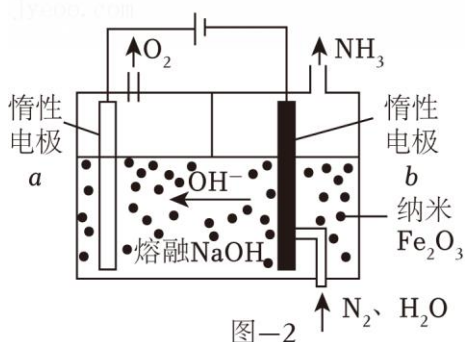
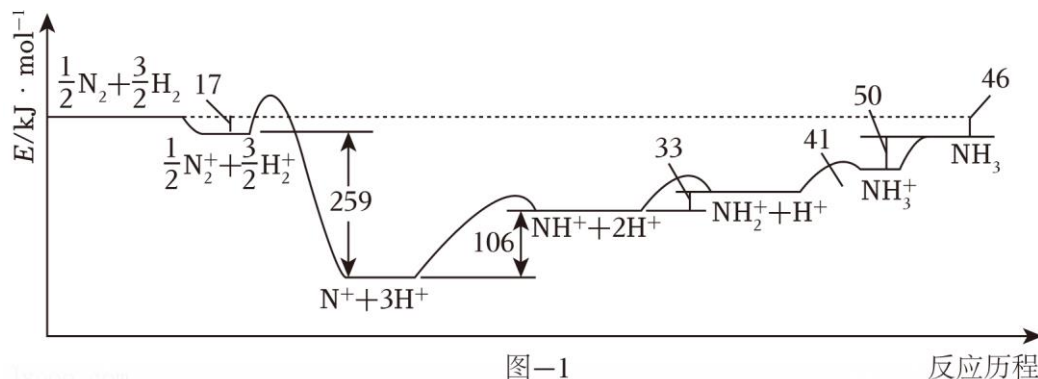
故选: B。

【点评】本题考查化学平衡, 题目难度中等, 掌握外界条件改变对化学平衡的影响是解题的关键。

二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

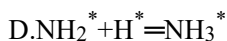
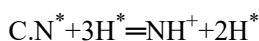
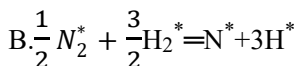
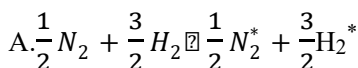
14. (15分) 粮食生产离不开氮肥, 合成氨是人工固氮最重要的途径。

(1)工业合成氨反应是在催化剂表面进行的，主要经历吸附、表面反应、脱附等步骤。以铁触媒为催化剂，以  $N_2$  和  $H_2$  为原料合成  $NH_3$  的反应历程如图 - 1 所示(图中\*表示吸附在催化剂表面活性位点的物种)。



□ 写出  $N_2$  与  $H_2$  反应生成  $NH_3$  的热化学方程式:  $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) = NH_3(g) \Delta H = -46 kJ/mol$ 。

□ 上述历程中，反应速率最慢的步骤是 C (填字母序号)。



□ 合成过程中，不断将生成的  $NH_3$  液化并移去，能够提高合成  $NH_3$  的生产效率。请从速率角度解释可能原因: 将生成的氨气液化并移走，能够空出催化剂表面的活性点位，利于催化剂表面吸附和反应，加快反应速率。

(2)以纳米  $Fe_2O_3$  作催化剂，以  $N_2$  和  $H_2O$  为原料，电化学合成  $NH_3$  的原理如图 - 2 所示。

□ 该过程中能量的转化形式为 电能转化为化学能。

□ 电极 b 上产生  $NH_3$  的电极反应式为  $N_2 + 6H_2O + 6e^- = 2NH_3 + 6OH^-$ 。

□ 由于发生副反应，使得电极 b 上获得的  $NH_3$  中混有  $H_2$ ，则理论上电极 a 和电极 b 生成气体的物质的量之比的范围是  $\frac{1}{2} < \frac{n(\text{电极a生成的气体})}{n(\text{电极b生成的气体})} < \frac{3}{4}$ 。

【分析】(1)□ 由图可知，生成 1mol 氨气，放出热量 46kJ，据此书写  $N_2$  与  $H_2$  反应生成  $NH_3$  的热化学方程式:

□ 分步反应的能垒越大，该步反应速率越慢;

□ 将生成的氨气液化并移走，能够空出催化剂表面的活性点位，利于催化剂表面吸附和反应，加快反应

速率；

(2)□电解过程中电能转化为化学能；

□根据原子守恒、电荷守恒，书写电极  $b$  上产生  $\text{NH}_3$  的电极反应式；

□电极  $a$  上的反应为： $4\text{OH}^- - 4e^- = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，由于发生副反应，使得电极  $b$  上获得的  $\text{NH}_3$  中混有  $\text{H}_2$ ，

根据得失电子守恒，若电极  $b$  上只获得的  $\text{NH}_3$ ，根据关系式： $12\text{OH}^- \sim 12e^- \sim 3\text{O}_2 \sim 4\text{NH}_3$ ，则有  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{3}{4}$ ，若电极  $b$  上只获得的  $\text{H}_2$ ，根据关系式： $4\text{OH}^- \sim 4e^- \sim \text{O}_2 \sim 2\text{H}_2$ ，则有  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{2}$ ，据此分析作答。

【解答】解：(1)□由图可知，生成  $1\text{mol}$  氨气，放出热量  $46\text{kJ}$ ，则  $\text{N}_2$  与  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{NH}_3$  的热化学方程式为： $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) = \text{NH}_3(\text{g}) \Delta H = -46\text{kJ/mol}$ ，

故答案为： $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) = \text{NH}_3(\text{g}) \Delta H = -46\text{kJ/mol}$ ；

□上述历程中，反应速率最慢的步骤是能垒最大的，即反应  $\text{N}^* + 3\text{H}^* = \text{NH}^+ + 2\text{H}^*$ ，故  $\text{C}$  符合题意，

故答案为： $\text{C}$ ；

□合成过程中，不断将生成的  $\text{NH}_3$  液化并移去，能够提高合成  $\text{NH}_3$  的生产效率。请从速率角度解释可能原因将生成的氨气液化并移走，能够空出催化剂表面的活性点位，利于催化剂表面吸附和反应，加快反应速率，

故答案为：将生成的氨气液化并移走，能够空出催化剂表面的活性点位，利于催化剂表面吸附和反应，加快反应速率；

(2)□由图可知，该过程中能量的转化形式为电能转化为化学能，

故答案为：电能转化为化学能；

□根据原子守恒、电荷守恒，可得电极  $b$  上产生  $\text{NH}_3$  的电极反应式为  $\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 6e^- = 2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^-$ ，

故答案为： $\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 6e^- = 2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^-$ ；

□电极  $a$  上的反应为： $4\text{OH}^- - 4e^- = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，由于发生副反应，使得电极  $b$  上获得的  $\text{NH}_3$  中混有  $\text{H}_2$ ，

根据得失电子守恒，若电极  $b$  上只获得的  $\text{NH}_3$ ，根据关系式： $12\text{OH}^- \sim 12e^- \sim 3\text{O}_2 \sim 4\text{NH}_3$ ，则有  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{3}{4}$ ，若电极  $b$  上只获得的  $\text{H}_2$ ，根据关系式： $4\text{OH}^- \sim 4e^- \sim \text{O}_2 \sim 2\text{H}_2$ ，则有  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{2}$ ，实际是电极  $b$  上

获得的  $\text{NH}_3$  中混有  $\text{H}_2$ ，则  $\frac{1}{2} < \frac{n(\text{电极}a\text{生成的气体})}{n(\text{电极}b\text{生成的气体})} < \frac{3}{4}$ ，

故答案为： $\frac{1}{2}$ 。

【点评】本题主要考查热化学方程式和电极反应式的书写，同时考查电子得失守恒的计算，属于基本知识的考查，难度中等。

15. (14分)杭州亚运会主火炬用的是绿色燃料“零碳甲醇( $\text{CH}_3\text{OH}$ )”。

(1)催化剂作用下， $\text{H}_2$  和  $\text{CO}_2$  发生反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。

□ $250^\circ\text{C}$ ，在甲(容积  $4\text{L}$ )、乙(容积  $2\text{L}$ )两个恒容密闭容器中分别充入  $2\text{mol CO}_2$  和  $6\text{mol H}_2$  容器内总压强随时间变化如图 - 1 所示。甲容器中压强变化情况对应的曲线是 B (填“A”或“B”)。

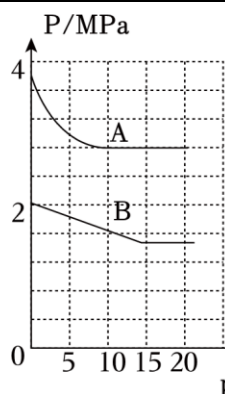


图-1

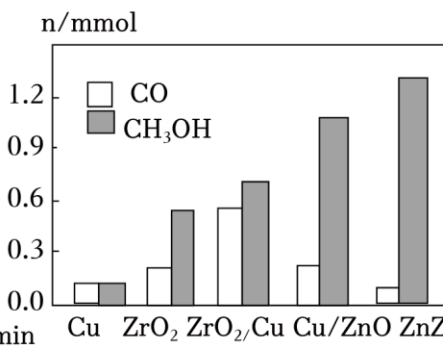


图-2

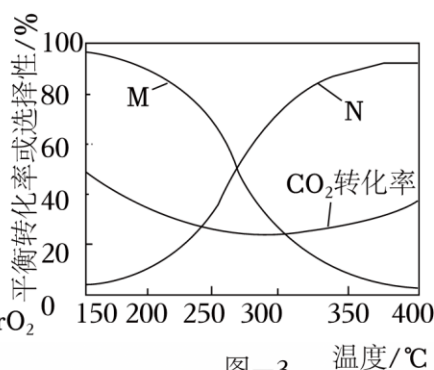
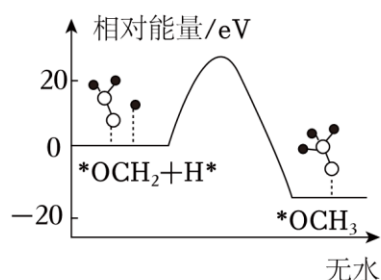
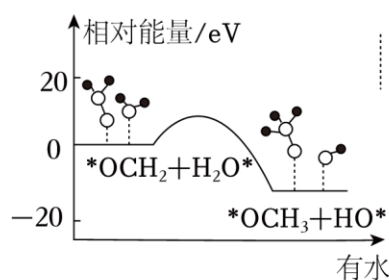


图-3



无水

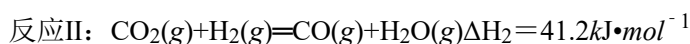
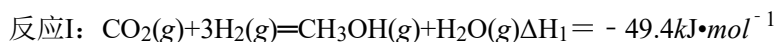


有水

图-4

□其他条件不变，仅改变催化剂种类，反应器出口产品成分分析结果如图-2所示图中所示的五种催化剂中，宜选择的最佳催化剂是 ZnZrO<sub>2</sub> (填化学式)。

(2)实际工业制备甲醇主要发生如下反应：



一定压强下，按照  $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$  加入原料，平衡时，CH<sub>3</sub>OH 或 CO 的选择性[选择性 =  $\frac{n(\text{生成CH}_3\text{OH}) \text{ 或 } n(\text{生成CO})}{n(\text{转化CO}_2)} \times 100\%$ ]及 CO<sub>2</sub> 的转化率随温度的变化情况如图-3所示。

□图中 CH<sub>3</sub>OH 选择性所对应的曲线是 M (填“M”或“N”)。

□300~400°C范围内，CO<sub>2</sub> 平衡转化率随温度升高而增大的原因是 300~400°C范围内随着温度升高反应 i 逆向移动的程度小于反应 ii 正向移动的程度，故 CO<sub>2</sub> 转化率增大。

(3)研究发现，H<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的反应气中含有水蒸气会影响 CH<sub>3</sub>OH 的产率，添加适量水蒸气前后对关键反应历程的能量变化影响如图-4所示。

已知：水蒸气可使催化剂表面的活化位点减少。

□该反应过程中，有水参与的关键反应历程的化学方程式为 \*OCH<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O\* = \*OCH<sub>3</sub> + \*OH。

□推测在反应气中添加水蒸气对甲醇产率造成的可能影响及其原因：催化剂活化点位减少，吸附反应物能力减弱，甲醇产率下降；水蒸气过多，平衡逆向移动，甲醇产率下降 (答出两点)。

【分析】(1)□甲乙两刚性容器中分别充入相同量的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>，如图可知曲线 B 的总压强始终小于曲线 A，所以代表曲线 B 代表的容器应该是体积较大的容器甲；

□由图可知，催化剂为 ZnZrO<sub>2</sub> 得到的甲醇最多且 CO 少；

(2)□温度升高，它们的平衡都会逆向移动，从而使 CH<sub>3</sub>OH 的产量变少，则甲醇在含碳产物的物质的量

分数减小，曲线 M 符合这个规律；

□反应  $i$  为吸热反应，升高温度，平衡正向移动， $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度升高而增大；

(3)□根据如图反应历程可得；

□结合资料、图中及学过的知识推测在反应气中添加水蒸气将如何影响甲醇产率及产生这种影响的原因；

**【解答】**解：(1)□甲乙两刚性容器中分别充入相同量的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$ ，曲线 B 的总压强始终小于曲线 A，所以代表曲线 B 代表的容器应该是体积较大的容器甲；

故答案为：B；

□由图可知，催化剂为  $\text{ZnZrO}_2$  得到的甲醇最多且 CO 少，该反应选择的最佳催化剂为  $\text{ZnZrO}_2$ ；

故答案为： $\text{ZnZrO}_2$ ；

(2)□根据反应  $i$  和  $iii$  可知，其反应的产物都有  $\text{CH}_3\text{OH}$  生成，且  $\Delta H_1$  和  $\Delta H_3$  都小于零，也就是说，温度升高，它们的平衡都会逆向移动，从而使  $\text{CH}_3\text{OH}$  的产量变少，则甲醇在含碳产物的物质的量分数减小，故符合这个规律的是曲线 M，

故答案为：M；

□反应  $i$  为吸热反应，升高温度，平衡正向移动， $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度升高而增大；

故答案为：300~400℃范围内随着温度升高反应  $i$  逆向移动的程度小于反应  $ii$  正向移动的程度，故  $\text{CO}_2$  转化率增大；

(3)□依反应历程图所示，有水参与时反应的化学方程式为  $^*\text{OCH}_2 + \text{H}_2\text{O}^* = ^*\text{OCH}_3 + ^*\text{OH}$ ；

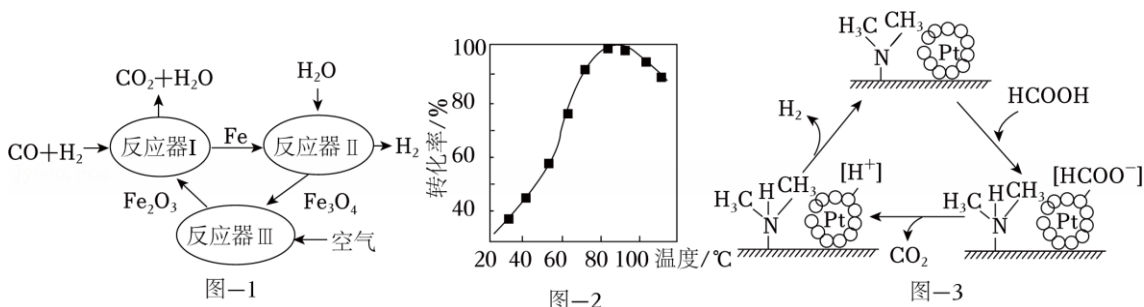
故答案为： $^*\text{OCH}_2 + \text{H}_2\text{O}^* = ^*\text{OCH}_3 + ^*\text{OH}$ ；

□结合资料、图中及学过的知识推测在反应气中添加水蒸气将如何影响甲醇产率及产生这种影响的原因：催化剂活化点位减少，吸附反应物能力减弱，甲醇产率下降；水蒸气过多，平衡逆向移动，甲醇产率下降；

故答案为：催化剂活化点位减少，吸附反应物能力减弱，甲醇产率下降；水蒸气过多，平衡逆向移动，甲醇产率下降。

**【点评】**本题主要考查了化学平衡的判断及计算，题目难度较大，掌握基础知识和解题方法是解答该题的关键。

16. (16 分) 氢气是理想的清洁能源，其制取、储存和释放是氢能源利用的研究热点。

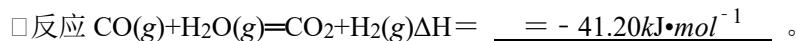
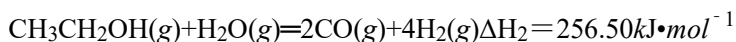
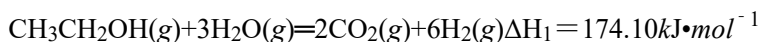


(1)利用铁及其氧化物循环制氢，其原理如图 - 1 所示，反应器I中化合价发生改变的元素有 C、H、

Fe；含  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  各  $1\text{mol}$  的混合气体通过该方法制氢，理论上可增加获得  $\frac{16}{9} \text{mol H}_2$ 。

(2)利用乙醇—水蒸气催化重整制氢。

已知：



□ 已知  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \Delta H = -178.80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。向重整反应体系中加入适量多孔  $\text{CaO}$ ，其目的是：吸收  $\text{CO}_2$  提高  $\text{H}_2$  产率和纯度； $\text{CaO}$  与  $\text{CO}_2$  反应放热，可为重整反应提供热量；多孔  $\text{CaO}$  与  $\text{CO}_2$  的接触面积大，吸收  $\text{CO}_2$  速率快 (答出两点)。

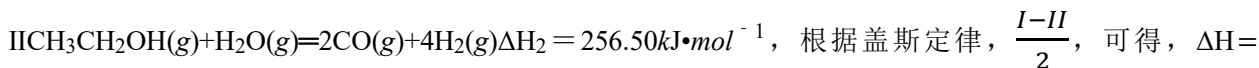
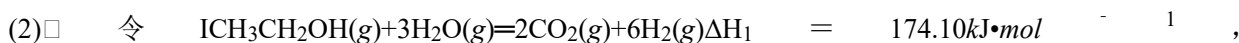
(3)利用甲酸储氢。在密闭容器中向含有催化剂的  $\text{KHCO}_3$  溶液( $\text{CO}_2$  与  $\text{KOH}$  溶液反应制得)中通入  $\text{H}_2$  生成  $\text{HCOO}^-$  从而实现储氢。其他条件不变， $\text{HCO}_3^-$  转化为  $\text{HCOO}^-$  的转化率随温度的变化如图 - 2 所示。



□  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$  范围内， $\text{HCO}_3^-$  催化加氢的转化率迅速上升的原因可能是 温度升高反应速率加快，温度升高催化剂活性增强。

(4) $\text{HCOOH}$  催化释氢。催化剂作用下， $\text{HCOOH}$  分解生成  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  的可能反应机理如图 - 3 所示。若是  $\text{HCOOD}$  代替  $\text{HCOOH}$  进行催化释氢反应，则除生成  $\text{CO}_2$  外，还生成  $\text{HD}$  (填气体化学式)。

【分析】(1)转化关系中的物质变化，分析判断元素化合价变化： $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  各  $1 \text{ mol}$  的混合气体通过该法制氢， $3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ ， $3\text{H}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ ，反应各生成  $\frac{2}{3} \text{ mol Fe}$ ，共生成  $\text{Fe} \frac{4}{3} \text{ mol}$ ，在反应容器 II 中发生反应  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ，计算理论上可获得氢气；



$$\frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{2};$$

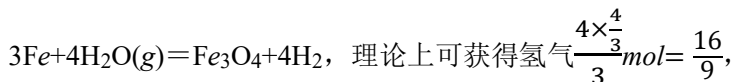
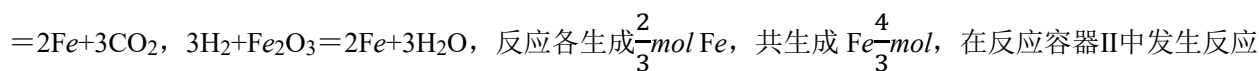
□  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \Delta H = -178.80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，该反应为放热反应；多孔  $\text{CaO}$  的比表面积大；

(3)□  $\text{HCO}_3^-$  与  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{HCOO}^-$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ；

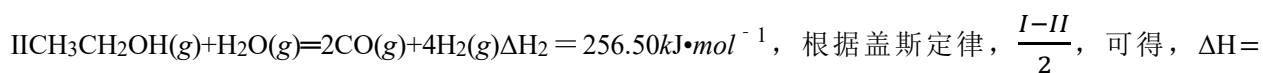
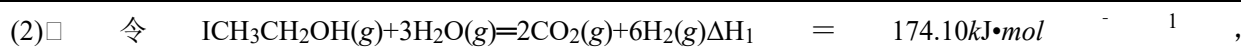
□ 由图 1 可知， $80^\circ\text{C}$  时  $\text{HCO}_3^-$  转化为  $\text{HCOO}^-$  的反应达到平衡，反应在  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$  时反应未达到平衡，随着温度的升高，反应速率加快，催化剂的活性增强；

(4) $\text{HCOOH}$  生成  $\text{HCOO}^-$  和  $\text{H}^+$ ，分别与催化剂结合，在催化剂表面  $\text{HCOO}^-$  分解生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}^-$ ，之后在催化剂表面  $\text{H}^-$  和第一步产生的  $\text{H}^+$  反应生成  $\text{H}_2$ 。

【解答】解：(1)反应器 I 中参与反应的物质为  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，反应后生成的物质有  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{CO}_2$ ，反应器 I 中化合价发生改变的元素有： $\text{C}$ 、 $\text{H}$ 、 $\text{Fe}$ ； $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  各  $1 \text{ mol}$  的混合气体通过该方法制氢， $3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$



故答案为： $\text{C}$ 、 $\text{H}$ 、 $\text{Fe}$ ； $\frac{16}{9}$ ；

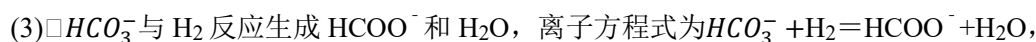


$$\frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{2} = \frac{174.10 - 256.50}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -41.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1},$$

故答案为:  $-41.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

$\square \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \Delta H = -178.80 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 该反应为放热反应, 可为重整反应提供热量; 多孔  $\text{CaO}$  比表面积大, 与  $\text{CO}_2$  的接触面积大, 吸收  $\text{CO}_2$  速率快,

故答案为:  $\text{CaO}$  与  $\text{CO}_2$  反应放热, 可为重整反应提供热量; 多孔  $\text{CaO}$  与  $\text{CO}_2$  的接触面积大, 吸收  $\text{CO}_2$  速率快;



故答案为:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2 = \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ;

$\square$  由图 1 可知,  $80^\circ\text{C}$  时  $\text{HCO}_3^-$  转化为  $\text{HCOO}^-$  的反应达到平衡, 反应在  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$  时反应未达到平衡, 随着温度的升高, 反应速率加快, 催化剂的活性增强,  $\text{HCO}_3^-$  的转化率增大,

故答案为: 温度升高反应速率加快, 温度升高催化剂活性增强;

(4) 根据分析可知  $\text{HCOOD}$  可以产生  $\text{HCOO}^-$  和  $\text{D}^+$ , 所以最终产物为  $\text{CO}_2$  和  $\text{HD}$  ( $\text{H}^-$  与  $\text{D}^+$  结合生成),

故答案为:  $\text{HD}$ 。

**【点评】** 本题考查了化学平衡影响因素、物质性质、氧化还原反应、图象的理解应用等知识点, 注意知识的熟练掌握, 题目难度较大。

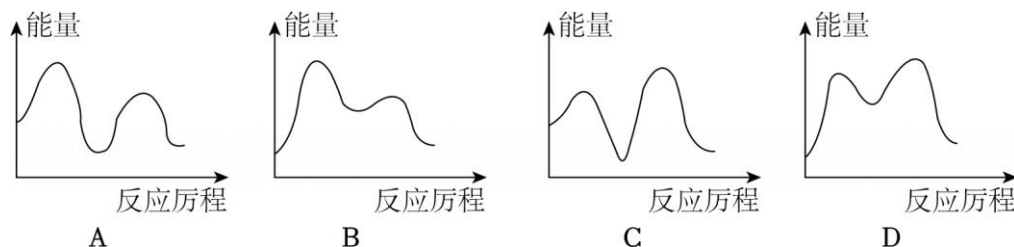
17. (16 分) 研究  $\text{CO}_2$  的转化对实现“碳中和”目标具有重要意义。

(1) 合成尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$  是利用  $\text{CO}_2$  的途径之一。其合成过程分为两步:



$\square$  密闭体系中, 反应 I 的平衡常数 ( $K$ ) 随温度升高的变化情况是 减小 (选填“增大”“减小”或“不变”)。

$\square$  已知反应 I 为快速反应, 反应 II 为慢速反应。下列图象能表示尿素合成塔中发生反应的能量变化历程的是 C (填字母序号)。



(2) 电催化还原是  $\text{CO}_2$  资源化的又一途径。一种有机多孔电极材料 (铜粉沉积在一种含碳有机物的骨架上) 电催化还原  $\text{CO}_2$  的装置示意图如图 - 1 所示。

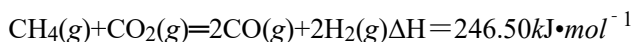
$\square$  电极 a 应连接电源的 正极 (选填“正极”或“负极”)。

$\square$  电极 b 上, 由  $\text{CO}_2$  生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的电极反应式为  $\text{CO}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ 。

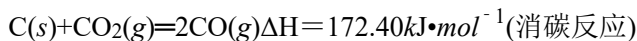
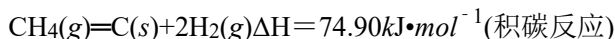
$\square$  科研小组利用  $^{13}\text{CO}_2$  代替原有的  $\text{CO}_2$  进行研究, 其目的是 为确定阴极上生成的含碳化合物来自于

CO<sub>2</sub>而非有机多孔电机材料。

(3)CO<sub>2</sub>还可以与CH<sub>4</sub>催化重整制取H<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>在Ni基催化剂表面发生重整反应：



在催化剂表面还存在反应：



□其他条件不变，催化剂表面的积碳量随温度变化如图-2所示。温度高于600℃催化剂表面积碳量减少的原因可能是随着温度的升高消碳反应消耗的碳大于积碳反应产生的碳。

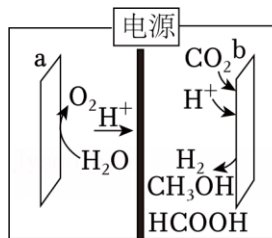


图-1

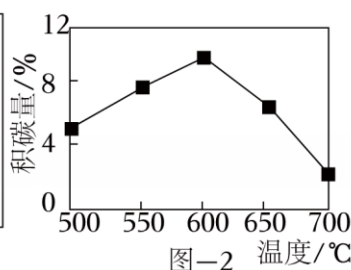


图-2 温度/℃

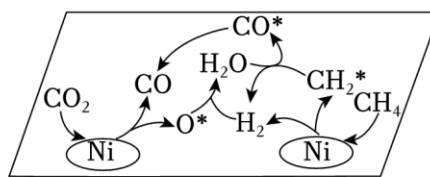


图-3

□重整反

应的可能机理如图-3所示(\*表示吸附在催化剂表面活性位点的物种)。生成CO的过程可描述为：CO<sub>2</sub>在催化剂表面解离成CO和O\*，吸附在催化剂表面的CH<sub>4</sub>解离成H<sub>2</sub>和CH<sub>2</sub>\*，O\*和H<sub>2</sub>反应生成H<sub>2</sub>O，CH<sub>2</sub>\*和H<sub>2</sub>O反应生成H<sub>2</sub>和CO\*，CO\*从催化剂表面脱附生成CO。

【分析】(1)□平衡常数只与温度有关，反应I为放热反应，温度升高，平衡朝着温度降低的逆反应方向移动；

□第一步为放热反应，第二步为吸热反应，总反应放热；第二步反应为慢速反应，则第一步的活化能小于第二步的活化能；

(2)□电解池中阳极发生氧化反应，阴极发生还原反应；该装置中a电极水转化为氧气，发生氧化反应，为阳极；

□b电极为阴极，二氧化碳得到电子在酸性环境下发生还原反应生成CH<sub>3</sub>OH；

□有机多孔电极材料中含有碳元素，科研小组利用<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>代替原有的CO<sub>2</sub>进行研究，其目的是确定阴极上生成的含碳化合物来自于CO<sub>2</sub>而非有机多孔电机材料；

(3)□其他条件不变，温度高于600℃催化剂表面积碳量减少的原因可能是随着温度的升高消碳反应消耗的碳大于积碳反应产生的碳；

□根据反应机理，生成CO的过程可描述为：吸附在催化剂表面的二氧化碳解离成CO和O\*，吸附在催化剂表面的CH<sub>4</sub>解离成H<sub>2</sub>和CH<sub>2</sub>\*，O\*和H<sub>2</sub>反应生成H<sub>2</sub>O，CH<sub>2</sub>\*和H<sub>2</sub>O反应生成H<sub>2</sub>和CO\*，CO\*从催化剂表面脱附消除CO。

【解答】解：(1)□平衡常数只与温度有关，反应I为放热反应，温度升高，平衡朝着温度降低的逆反应方向移动，平衡常数减小，

故答案为：减小；

□第一步为放热反应，第二步为吸热反应，总反应放热；第二步反应为慢速反应，则第一步的活化能小于第二步的活化能，能表示尿素合成塔中发生反应的能量变化历程的是C，

故答案为：C；

(2)□ 电解池中阳极发生氧化反应，阴极发生还原反应；该装置中  $a$  电极水转化为氧气，发生氧化反应，为阳极，可知  $a$  连接电源的正极， $b$  连接电源的负极，

故答案为：正极；

□  $b$  电极为阴极，二氧化碳得到电子在酸性环境下发生还原反应生成  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，电极反应为： $\text{CO}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{CO}_2 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ ；

□ 有机多孔电极材料中含有碳元素，科研小组利用  $^{13}\text{CO}_2$  代替原有的  $\text{CO}_2$  进行研究，其目的是确定阴极上生成的含碳化合物来自于  $\text{CO}_2$  而非有机多孔电机材料，

故答案为：为确定阴极上生成的含碳化合物来自于  $\text{CO}_2$  而非有机多孔电机材料；

(3)□ 其他条件不变，温度高于  $600^\circ\text{C}$  催化剂表面积碳量减少的原因可能是随着温度的升高消碳反应消耗的碳大于积碳反应产生的碳，

故答案为：随着温度的升高消碳反应消耗的碳大于积碳反应产生的碳；

□ 根据反应机理，生成  $\text{CO}$  的过程可描述为：吸附在催化剂表面的二氧化碳解离成  $\text{CO}$  和  $\text{O}^*$ ，吸附在催化剂表面的  $\text{CH}_4$  解离成  $\text{H}_2$  和  $\text{CH}_2^*$ ， $\text{O}^*$  和  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{CH}_2^*$  和  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}^*$ ， $\text{CO}^*$  从催化剂表面脱附消除  $\text{CO}$ ，

故答案为：吸附在催化剂表面的  $\text{CH}_4$  解离成  $\text{H}_2$  和  $\text{CH}_2^*$ ， $\text{O}^*$  和  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{CH}_2^*$  和  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}^*$ 。

**【点评】** 本题考查了化学知识的应用、反应过程的分析判断、化学平衡、电解池原理等知识点，注意知识的积累，题目难度中等。