

押江苏卷第 13 题

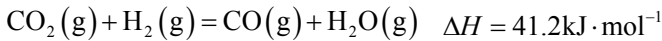
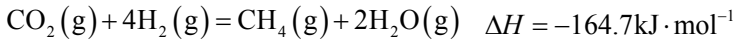
化学反应速率与化学平衡

命题探究

核心考点	考情统计	考向预测	备考策略
化学反应速率与化学平衡	2023·江苏卷, 13 2022·江苏卷, 13 2021·江苏卷, 14	结合多平衡图像综合考查平衡移动、转化率、选择性等知识点	1. 化学反应速率及化学平衡往往结合图表信息, 对化学平衡的影响因素、平衡转化率进行综合考查; 2. 能运用浓度、压强、温度对化学平衡的影响规律, 推测平衡移动方向及浓度、转化率等相关物理量的变化

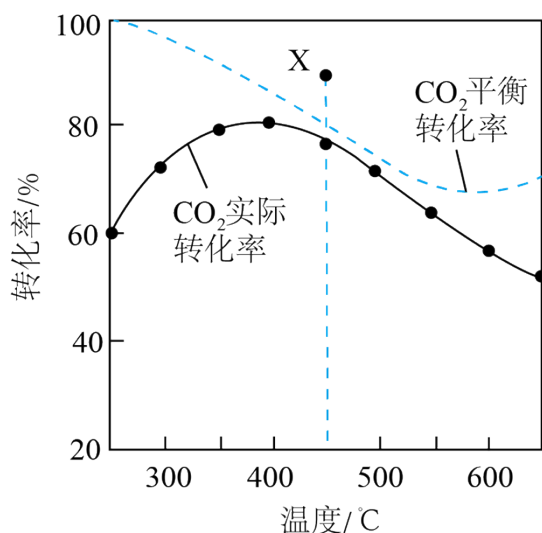
真题回顾

1. (2023·江苏, 13)二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应为



在密闭容器中, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2):n_{\text{起始}}(\text{H}_2)=1:4$ 时, CO_2 平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时

间所测得的 CO_2 实际转化率随温度的变化如题图所示。 CH_4 的选择性可表示为 $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是



- A. 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H = -205.9\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而增加
- C. 用该催化剂催化二氧化碳反应的最佳温度范围约为 $480 \sim 530^\circ\text{C}$
- D. 450°C 时, 提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值或增大压强, 均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值

【答案】D

【解析】由盖斯定律可知反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ 的焓变

$\Delta H = -2 \times 41.2\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 164.7\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -247.1\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为

放热反应, 升高温度平衡逆向移动, CH_4 的含量降低, 故 CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而降低, B 错误; 由图可知温度范围约为 $350 \sim 400^\circ\text{C}$ 时二氧化碳实际转化率最高, 为最佳温度范围, C 错误; 450°C 时,

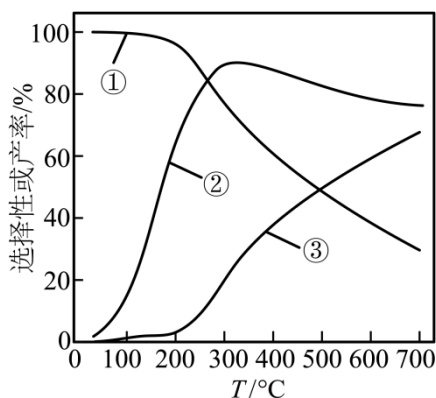
提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值可提高二氧化碳的平衡转化率, 增大压强反应 I 平衡正向移动, 可提高二氧化碳的平衡

转化率, 均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值, D 正确。

2. (2022·江苏, 13) 乙醇-水催化重整可获得 H_2 。其主要反应为

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 173.3\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = 41.2\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

在 $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ 、 $n_{\text{始}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}):n_{\text{始}}(\text{H}_2\text{O})=1:3$ 时, 若仅考虑上述反应, 平衡时 CO_2 和 CO 的选择性及 H_2 的产率随温度的变化如图所示。



CO 的选择性 = $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{生成}}(\text{CO}_2) + n_{\text{生成}}(\text{CO})} \times 100\%$, 下列说法正确的是

- A. 图中曲线①表示平衡时 H_2 产率随温度的变化
- B. 升高温度, 平衡时 CO 的选择性增大
- C. 一定温度下, 增大 $\frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{H}_2\text{O})}$ 可提高乙醇平衡转化率
- D. 一定温度下, 加入 $\text{CaO}(\text{s})$ 或选用高效催化剂, 均能提高平衡时 H_2 产率

【答案】B

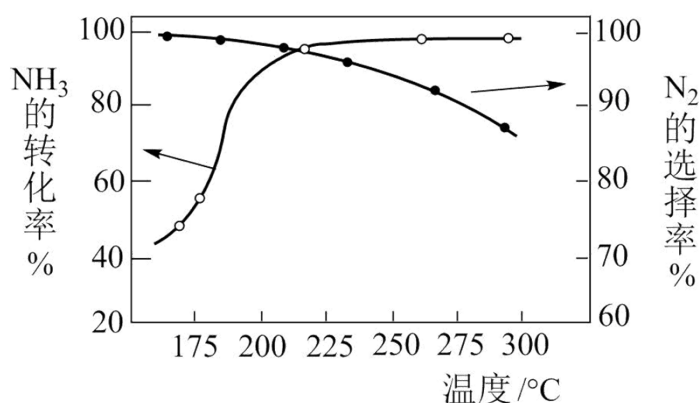
【解析】首先 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 与 H_2O 反应生成 CO_2 和 H_2 , 此时 CO_2 的选择性为 1, 随着反应的进行, 生成的 CO_2 和 H_2 发生反应生成 CO 和 H_2O , 则 CO 的选择性逐渐增大, 升高温度, 均促进上述两个反应正向进行, 所以 CO 选择性增大, 根据信息, CO_2 和 CO 选择性之和为 1, 所以根据曲线①和曲线②的交点对应的选择性为 50%, 得出曲线①表示 CO_2 的选择性, 曲线③表示 CO 的选择性, A 项错误; 升高温度平衡正向移动,

CO 选择性增大, B 正确; 增大 $\frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{H}_2\text{O})}$, 如增大 $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ 或减小 $n(\text{H}_2\text{O})$, 乙醇平衡转化率均减小, C

错误; 催化剂不能改变平衡移动, 不能提高 H_2 的产率, D 错误。

3. (2021·江苏, 14) NH_3 与 O_2 作用分别生成 N_2 、 NO 、 N_2O 的反应均为放热反应。工业尾气中的 NH_3 可通过催化氧化为 N_2 除去。将一定比例的 NH_3 、 O_2 和 N_2 的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应管, NH_3

的转化率、生成 N_2 的选择性 $[\frac{2n_{\text{生成}}(\text{N}_2)}{n_{\text{总转化}}(\text{NH}_3)} \times 100\%]$ 与温度的关系如图所示。



下列说法正确的是

- A. 其他条件不变，升高温度，NH₃ 的平衡转化率增大
- B. 其他条件不变，在 175~300 °C 范围，随温度的升高，出口处 N₂ 和氮氧化物的量均不断增大
- C. 催化氧化除去尾气中的 NH₃ 应选择反应温度高于 250 °C
- D. 高效除去尾气中的 NH₃，需研发低温下 NH₃ 转化率高和 N₂ 选择性高的催化剂

【答案】D

【解析】NH₃ 与 O₂ 作用分别生成 N₂、NO、N₂O 的反应均为放热反应，根据勒夏特列原理，升高温度，平衡向逆反应方向进行，氨气的平衡转化率降低，A 错误。根据图像，在 175~300 °C 范围，随温度的升高，N₂ 的选择率降低，即产生氮气的量减少，B 错误；根据图像，温度高于 250 °C N₂ 的选择率降低，且氨气的转化率变化并不大，浪费能源，根据图像，温度应略小于 225 °C，此时氨气的转化率、氮气的选择率较大，C 错误；氮气对环境无污染，氮的氧化物污染环境，因此高效除去尾气中的 NH₃，需研发低温下 NH₃ 转化率高和 N₂ 选择性高的催化剂，D 正确。



1. 化学平衡移动方向的判断

(1) 根据浓度商(Q)规则判断：若某温度下 $Q < K$ ，则反应向正反应方向进行； $Q > K$ ，反应向逆反应方向进行。

(2) 根据化学平衡移动原理判断

在一定条件下， $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons mC(g)$ $\Delta H < 0$ 达到平衡后，若其他条件不变，改变下列条件对平衡的影响如下：

改变的条件(其他条件不变)			化学平衡的移动
浓度	增大反应物浓度或减小生成物浓度		向 <u>正反应</u> 方向移动
	减小反应物浓度或增大生成物浓度		向 <u>逆反应</u> 方向移动
	$a + b \neq m$	增大压强	向气体总体积 <u>减小</u> 的方向移动

压强(对于有气体存在的反应)	$a+b=m$	减小压强	向气体总体积增大的方向移动
		改变压强	平衡不移动
温度	升高温度		向吸热方向移动
	降低温度		向放热方向移动
催化剂	使用催化剂		平衡不移动

2. 化工生产适宜条件选择的一般原则

条件	原则
从化学反应速率分析	既不能过快，又不能太慢
从化学平衡移动分析	既要注意外界条件对速率和平衡影响的一致性，又要注意二者影响的矛盾性
从原料的利用率分析	增加易得廉价原料，提高难得高价原料的利用率，从而降低生产成本
从实际生产能力分析	如设备承受高温、高压能力等
从催化剂的使用活性分析	注意温度对催化剂活性的限制

3. 多重平衡定性分析

(1) 找准目标物质及所在反应，根据原理(勒夏特列原理以及影响速率的因素等)推断条件改变的影响，作出判断。

(2) 竞争型多重平衡解题思路

- ①先分析是速率问题，还是平衡问题。
- ②若是速率问题，考虑温度、压强、投料比、催化剂选择性等。
- ③若是平衡问题，先判断以哪个反应为主，再描述平衡移动。
- ④若改变条件出现两种相反的结论，要结合问题中的结论抓住矛盾的主要方面解题。

(3) 有关多重平衡及选择性的问题

在多重平衡中，几个可逆反应是相互影响的。

- ①如果主反应的生成物又与主反应的某一反应物发生另一个可逆反应，那么该反应物的平衡转化率就会增大。
- ②在一定温度下，特定的混合体系，多重平衡选择性为定值。因为平衡常数不变，催化剂的选用与品种无关。催化剂不能提高某一物质的平衡转化率。
- ③如果在同一条件下，两个物质同时可以发生几个可逆反应，那么催化剂的选用就可以使其中某一反应的

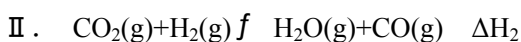
选择性提高。

④多重平衡体系中随着温度的增加,如果两个物质的选择之和等于100%,那么两者的选择性变化曲线呈镜像对称。

押题预测

考点 化学反应速率与化学平衡

1. (2024·江苏靖江高级中学、华罗庚中学第一次阶段考试,14) 将一定量的 CO_2 与 H_2 通入某密闭容器中合成甲醇,在催化剂作用下发生下述反应:



催化反应相同时间,测得不同温度下 CO_2 的转化率如图1所示(图中虚线表示相同条件下 CO_2 的平衡转化率随温度的变化), CH_3OH 的产率如图2所示。

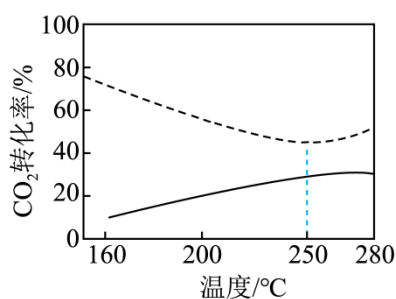


图1

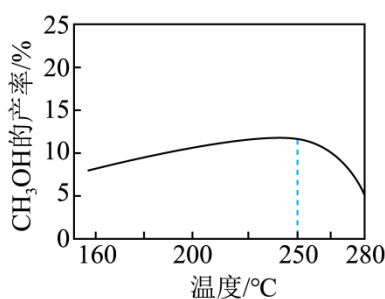


图2

下列有关说法正确的是

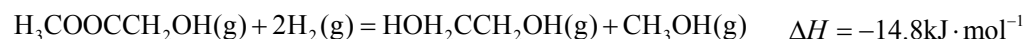
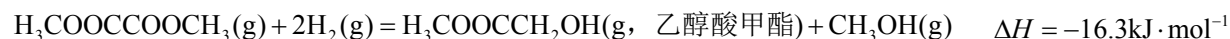
- A. $\Delta H_2 < 0$
- B. 250°C时,容器内反应达平衡
- C. 250°C后,随温度升高 CH_3OH 的产率减小,可能是因为催化剂对反应 I 的活性降低
- D. 250°C前,随温度升高 CO_2 的平衡转化率减小,可能因为该温度范围内仅发生反应 I

【答案】C

【解析】将一定量的 CO_2 与 H_2 通入某密闭容器中合成甲醇,发生反应 I. $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 和 II. $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$, 两个反应都消耗二氧化碳和氢气,但只有反应 I 生成 CH_3OH , 体系中两个反应共同影响 CH_3OH 的产率,反应 I 进行得越多, CH_3OH 产率越高。温度高于 250°C 时, CO_2 的平衡转化率随温度的升高继续增加,而 CH_3OH 的产率却反而下降,说明温度升高不利于 CO_2 转化为甲醇,温度升高有利 CO_2 转化为 CO , 反应 II 是吸热反应, $\Delta H_2 > 0$, A 错误; 由图 1 可知 250°C 时 CO_2

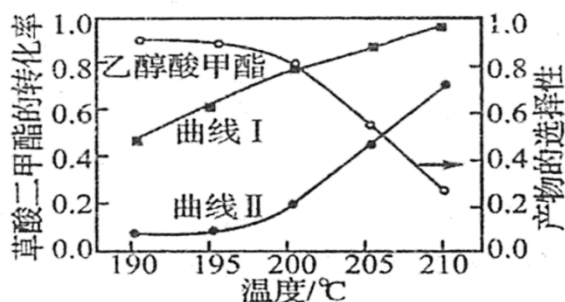
的转化率不是最大值，温度高于 250℃时，CO₂ 的转化率继续增加，说明容器内反应还没有达到平衡，B 错误；250℃后，随着温度升高，CH₃OH 的产率减小，说明升高温度抑制了反应 I 的进行，可能是因为催化剂对反应 I 的活性降低，C 正确；250℃前，随着温度升高，CO₂ 的平衡转化率减小，原因是升高温度对反应 I 的抑制效果大于对反应 II 的促进效果，不是因为该温度范围内仅发生反应 I，D 错误。

2. (2024·江苏泰州中学期初调研, 13) 用草酸二甲酯 (H₃COCCOOCH₃)和氢气为原料制备乙二醇的反应原理如下：



在 2MPa 条件下，将氢气和草酸二甲酯体积比(氢酯比)为 80:1 的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应管，草酸二甲酯的转化率、产物的选择性与温度的关系如下图所示。产物的选择性

$$= \frac{n_{\text{生成}}(\text{乙醇酸甲酯或乙二醇})}{n_{\text{反应}}(\text{草酸二甲酯})} \times 100\%$$
。下列说法不正确的是



- A. 曲线 I 表示草酸二甲酯的转化率随温度的变化
- B. 其他条件不变，增大压强或升高温度，草酸二甲酯的平衡转化率均增大
- C. 其他条件不变，在 190~195℃ 温度范围，随着温度升高，出口处乙醇酸甲酯的量不断增大
- D. 其他条件不变，在 190~210℃ 温度范围，随着温度升高，出口处甲醇和乙二醇的物质的量之比

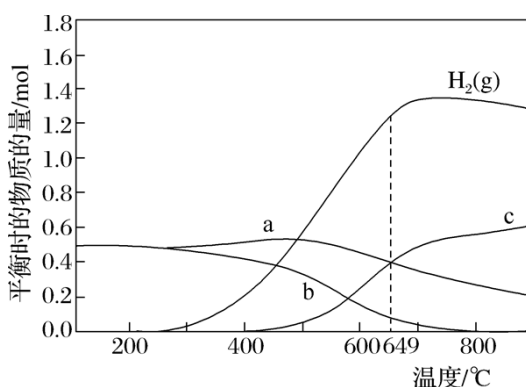
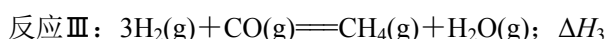
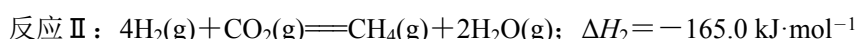
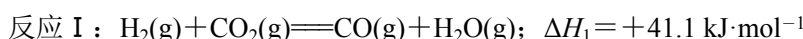
$$\left[\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH})} \right] \text{逐渐减小且大于 } 2$$

【答案】B

【解析】当曲线乙醇酸甲酯选择性为 50% 时，曲线 II 对应的选择性恰好为 50%，而乙二醇的选择性此时应为 50%，故曲线 II 表示乙二醇的选择性随温度的变化，则曲线 I 表示草酸二甲酯的转化率随温度的变化，A 正确；两个反应 ΔH 均小于 0，即两反应均为放热反应，当升高温度时，平衡向逆反应方向移动，草酸二甲酯的平衡转化率减小，故 B 错误；由图可知，在 190-195℃ 温度范围，随着温度升高，草酸二甲酯的转化率升高，乙醇酸甲酯的选择性几乎不变，故出口乙醇酸甲酯的量会不断增多，C 正确；在 190-210℃ 温度范围，随着温度升高，由图可知，草酸二甲酯的转化率不断增大，乙二醇的选择性不断增大，出口处

$\left[\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH})} \right]$ 的值减小且大于 2，D 正确。

3. (2024·江苏南通高三第二次调研测试，13) 逆水煤气变换反应是一种 CO_2 转化和利用的重要途径，发生的反应如下：



常压下，向密闭容器中投入 1 mol CO_2 和 2 mol H_2 ，达平衡时 H_2 和含碳物质的物质的量随温度的变化如右图所示。下列说法正确的是()

A. $\Delta H_3 = +206.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 649 °C 时，反应 I 的平衡常数 $K > 1$

C. 其他条件不变，在 250 °C ~ 900 °C 范围内，随着温度的升高，平衡时 $n(\text{H}_2\text{O})$ 不断增大

D. 800 °C 时，适当增大体系压强， $n(\text{CO})$ 保持不变

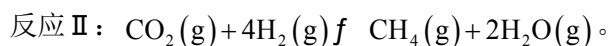
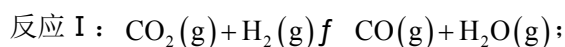
【答案】D

【解析】根据盖斯定律，反应 III = 反应 II - 反应 I，则 $\Delta H_3 = \Delta H_2 - \Delta H_1 = (-165.0 - 41.1) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -206.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，A 项错误；在 250 °C ~ 700 °C 范围内， H_2 平衡物质的量增大，说明温度对反应 II 和反应 III 影响较大，此时 CH_4 物质的量减小， CO 物质的量增多，所以 b 表示 CH_4 ，c 表示 CO ，则 a 表示 CO_2 ，649 °C 时，反应 I

的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$ ，由于该温度下， $c(\text{CO}) = c(\text{CO}_2)$ ，则 $K = \frac{c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{H}_2)}$ ，根据氢元素守恒， $n(\text{H}_2) = 1.24 \text{ mol}$ ，
则 $n(\text{H}_2\text{O}) = 0.6 \text{ mol}$ ， $K = \frac{c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{H}_2)} < 1$ ，B 项错误 根据氢元素守恒，当 H_2 物质的量增加时， H_2O 的物质的量减小，
所以 700°C 之前， $n(\text{H}_2\text{O})$ 减小， 700°C 之后， $n(\text{H}_2\text{O})$ 增大，C 项错误； 800°C 时， $n(\text{CH}_4$

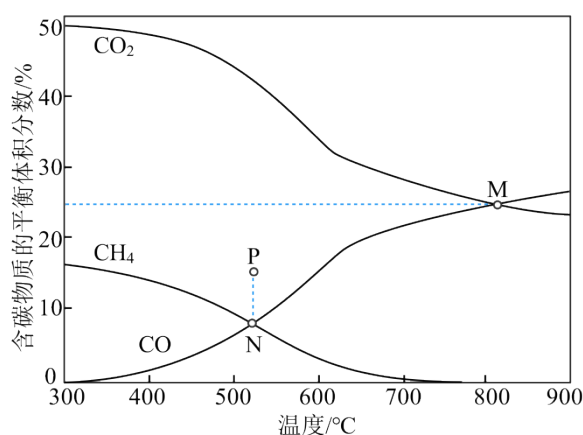
)=0mol，说明反应Ⅱ和反应Ⅲ逆向进行彻底，仅考虑反应Ⅰ，改变压强对反应Ⅰ的平衡无影响，D项正确。

4. (2024·江苏海安高级中学开学考试，13) 逆水煤气变换体系中存在以下两个反应：



在恒压条件下，按 $V(\text{CO}_2): V(\text{H}_2)=1:1$ 投料比进行反应，含碳物质的平衡体积分数随温度的变化如图所示。

下列说法正确的是



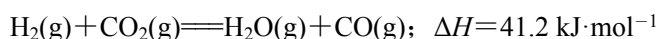
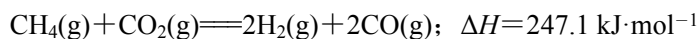
- A. 反应 $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H > 0$
- B. M点反应Ⅰ的平衡常数 K 约为 1
- C. 加入合适的催化剂可由N点到P点
- D. 500°C后，温度升高，反应Ⅰ的改变程度大于反应Ⅱ导致 CO_2 转化率明显减小

【答案】B

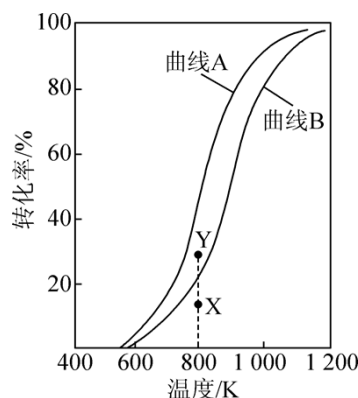
【解析】根据盖斯定律可知，反应 $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为反应Ⅱ-反应Ⅰ，由图可知，随着温度升高，甲烷含量减小，一氧化碳含量增大，则说明随着温度升高，反应Ⅱ逆向移动，反应Ⅰ正向移动，则反应Ⅰ为吸热反应， $\Delta H_1 > 0$ ，反应Ⅱ为放热反应， $\Delta H_2 < 0$ ，则， $\Delta H_2 - \Delta H_1 < 0$ ，A项错误；M点没有甲烷产物，且二氧化碳、一氧化碳含量相等，投料比 $V(\text{CO}_2): V(\text{H}_2)=1:1$ ，说明 CO_2 、 H_2 都转化一半，则此时反应Ⅰ

平衡时二氧化碳、氢气、一氧化碳、水的物质的量相等，反应Ⅰ的平衡常数 $K = \frac{c(\text{H}_2\text{O}) \times c(\text{CO})}{c(\text{CO}_2) \times c(\text{H}_2)} = 1$ ，B项正确；催化剂不影响化学平衡，主要影响反应速率，故体积分数不会上升，C项错误；500°C后， CO_2 体积分数明显减小，转化率明显增大，D项错误。

5. (2024·江苏苏州高三期末，13) CH_4 与 CO_2 重整生成 H_2 和 CO 的过程中主要发生下列反应：



在恒压、反应物起始物质的量比 $n(\text{CH}_4):n(\text{CO}_2)=1:1$ 条件下， CH_4 和 CO_2 的平衡转化率随温度变化的曲线如图所示。下列有关说法正确的是()



A. 曲线 A 表示 CH_4 的平衡转化率随温度的变化。

B. 工业上为提高 H_2 和 CO 的产率，需要研发低温下的高效催化剂

C. 高于 900 K 时，随着温度升高，平衡体系中 $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2)}$ 逐渐减小

D. 恒压，800 K、 $n(\text{CH}_4):n(\text{CO}_2)=1:1$ 条件下，反应至 CH_4 转化率达到 X 点的值，延长反应时间， CH_4 转化率能达到 Y 点的值

【答案】D

【解析】 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$ 中 CH_4 和 CO_2 以 1:1 反应，且 CO_2 也参加 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ 的反应，导致相同条件下 CH_4 转化率小于 CO_2 的转化率，根据图知，相同温度下转化率：曲线 A 大于曲线 B，所以曲线 B 表示 CH_4 的平衡转化率随温度的变化，A 项错误； $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ 为反应前后气体体积增大的吸热反应，升高温度平衡正向移动， H_2 和 CO 的产率高，所以应该研发高温下的高效催化剂，B 项错误；高于 900K 时，随着温度升高，率仍然增大，两

个反应的平衡均正向移动，平衡体系中 $\frac{c(\text{CO})}{c(\text{H}_2)}$ 逐渐增大，C 项错误；恒压、800K、 $n(\text{CH}_4):n(\text{CO}_2)=1:1$ 条件下，除了改变温度外，还可以通过改变生成物浓度使平衡正向移动，从而提高反应物转化率，所以可以通过减小生成物浓度使平衡正向移动来提高 CH_4 转化率，即改变除温度外的特定条件继续反应，减小生成物浓度 CH_4 转化率能达到 Y 点的值，充入 CO_2 也能使得 CH_4 转化率达到 Y 点的值，D 项正确。

6. (2024·江苏淮安市 5 校高三 10 月份联考，13) 一定条件下，将一定量的 CO_2 和 H_2 混合气体通过装有催化剂的反应器可得到甲烷。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/466143232122010223>