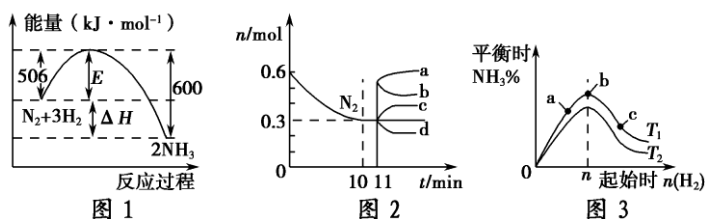


## 培优点十三 化学反应速率与化学平衡图象题的破解策略

### 一. 化学反应速率和化学平衡图像

#### 1. 速率—温度(或压强)图像

**典例 1.** 合成氨反应为:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 。图 1 表示在一定的温度下此反应过程中的能量的变化。图 2 表示在 2 L 的密闭容器中反应时  $\text{N}_2$  的物质的量随时间的变化曲线。图 3 表示在其他条件不变的情况下, 改变起始物氢气的物质的量对此反应平衡的影响。



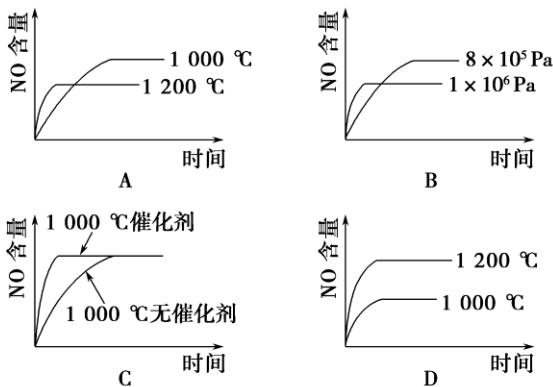
下列说法正确的是( )

- A. 该反应为自发反应, 由图 1 可得加入适当的催化剂,  $E$  和  $\Delta H$  都减小
- B. 图 2 中 0~10 min 内该反应的平均速率  $v(\text{H}_2) = 0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 从 11 min 起其他条件不变, 压缩容器的体积为 1 L, 则  $n(\text{N}_2)$  的变化曲线为 d
- C. 图 3 中 a、b、c 三点所处的平衡状态中, 反应物  $\text{N}_2$  的转化率最高的是 b 点
- D. 图 3 中  $T_1$  和  $T_2$  表示温度, 对应温度下的平衡常数为  $K_1$ 、 $K_2$ , 则:  $T_1 > T_2$ ,  $K_1 > K_2$

#### 2. 含量—时间—温度(压强)图像

**典例 2.** 已知可逆反应:  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1025 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

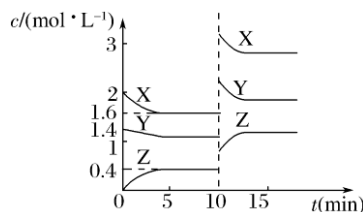
若反应物起始物质的量相同, 下列关于该反应的示意图不正确的是( )



#### 3. 物质的量(或浓度)—时间图像

**典例 3.** 已知反应  $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ , 将 X 和 Y 以一定比例混合通入密闭

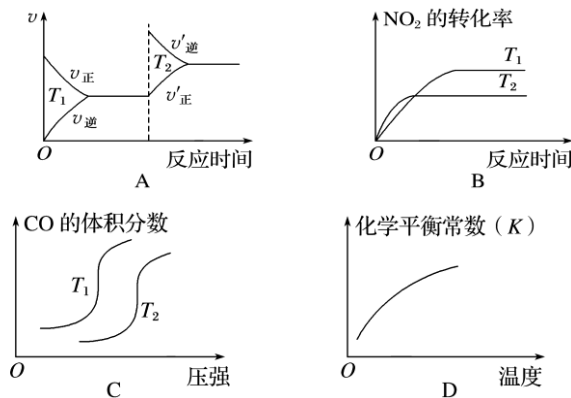
容器中进行反应,各物质的浓度随时间的变化如图所示。下列说法不正确的是( )



- A. 反应方程式中  $n = 1$
- B. 10min 时, 曲线发生变化的原因是升高温度
- C. 10min 时, 曲线发生变化的原因是增大压强
- D. 0~5min 内, 用 X 表示的反应速率为  $v(X) = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

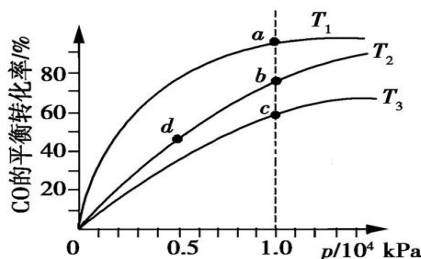
#### 4. 其他图像

**典例 4.** 近年来,我国北京等地出现严重雾霾天气,据研究,雾霾的形成与汽车排放的 CO、NO<sub>2</sub> 等有毒气体有关。对汽车加装尾气净化装置,可使有毒气体相互反应转化为无毒气体,反应的化学方程式为  $4\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -1200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。对于该反应,温度不同( $T_2 > T_1$ )、其他条件相同时,下列图像正确的是( )



## 二. 对点增分集训

1. 用 CO 合成甲醇( $\text{CH}_3\text{OH}$ )的化学方程式为  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ , 按照相同的物质的量投料, 测得 CO 在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图所示。下列说法正确的是( )



- A. 温度:  $T_1 > T_2 > T_3$
- B. 正反应速率:  $v(a) > v(c)$ ,  $v(b) > v(d)$
- C. 平衡常数:  $K(a) > K(c)$ ,  $K(b) = K(d)$
- D. 平均摩尔质量:  $\bar{M}(a) < \bar{M}(c)$ ,  $\bar{M}(b) > \bar{M}(d)$

2. 根据如图有关图象, 说法正确的是 ( )

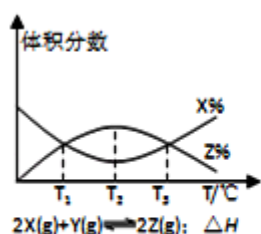


图 I

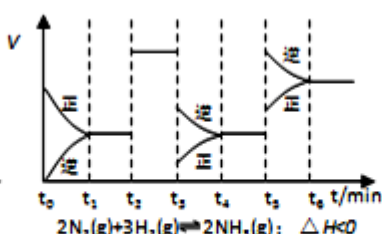


图 II

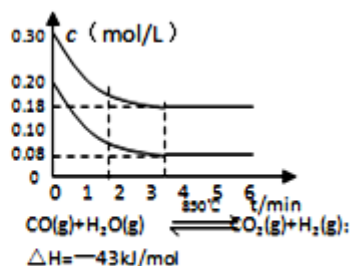
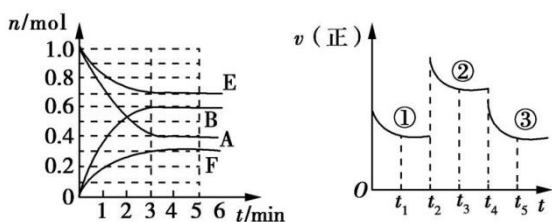


图 III

- A. 由图 I 知, 反应在  $T_1$ 、 $T_3$  处达到平衡, 且该反应的  $\Delta H < 0$
- B. 由图 II 知, 反应在  $t_6$  时刻,  $\text{NH}_3$  体积分数最大
- C. 由图 II 知,  $t_3$  时采取降低反应体系温度的措施
- D. 图 III 表示在 10L 容器、 $850^\circ\text{C}$  时的反应, 由图知, 到 4min 时, 反应放出 51.6kJ 的热量

量

3. 某温度时, 在体积为 2 L 的密闭容器中, 气态物质 A、B、E、F 的物质的量  $n$  随时间  $t$  的变化情况如图所示, 在一定条件下反应达到平衡状态, 反应进程中正反应速率随时间的变化情况如图所示, 在  $t_2$ 、 $t_4$  时刻分别只改变一个条件(温度、压强或某反应物的量)。下列说法错误的是 ( )



- A. 此温度下, 该反应的化学方程式为  $2\text{A}(\text{g}) + \text{E}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{B}(\text{g}) + \text{F}(\text{g})$

B. 若平衡状态①和②对应的温度相同, 则①和②对应的平衡常数  $K$  一定相同

C.  $t_2$  时刻改变的条件是增大压强

D.  $t_4$  时刻改变的条件是降低温度

4. 在一定条件下  $A_2$  和  $B_2$  可发生反应:  $A_2(g) + 3B_2(g) \xrightleftharpoons[\text{高温高压}]{\text{催化剂}} 2AB_3(g)$ 。图 1 表示在一定温度下此反应过程中的能量变化, 图 2 表示在固定容积为 2L 的密闭容器中反应时  $A_2$  的物质的量随时间变化的关系, 图 3 表示在其他条件不变的情况下, 改变反应物  $B_2$  的起始物质的量对此反应平衡的影响。下列说法错误的是 ( )

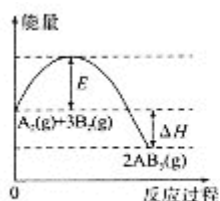


图1

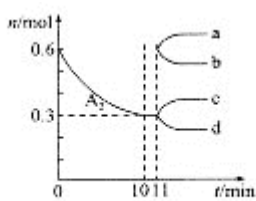


图2

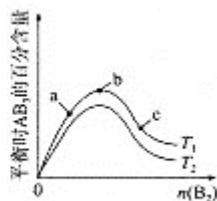


图3

A. 该反应在低于某一温度时能自发进行

B. 10min 内该反应的平均速率  $v(B_2) = 0.045 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

C. 11min 时, 其他条件不变, 压缩容器容积至 1L,  $n(A_2)$  的变化趋势如图 2 中曲线 d 所示

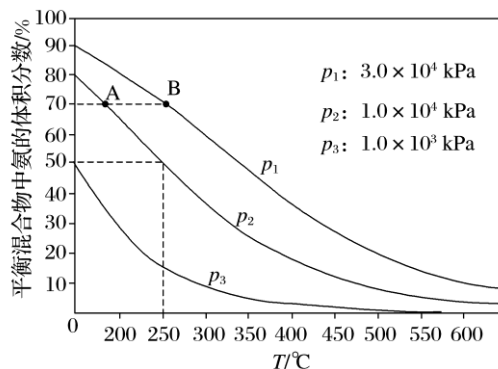
D. 图 3 中  $T_1 < T_2$ , b 点对应状态下  $A_2$  的转化率最高

5. 德国化学家哈伯从 1902 年开始研究由氮气和氢气直接合成氨, 反应原理为  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   $\Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

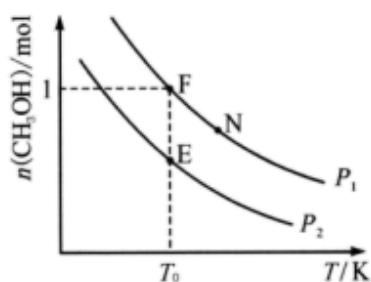
(1) 在恒温恒容条件下, 向反应平衡体系中充入氮气, 达到新平衡时,  $c(H_2)$  将 \_\_\_\_\_ (填“增大”“减小”“不变”或“无法判断”, 下同),  $c(N_2) \cdot c^3(H_2)$  将 \_\_\_\_\_。

(2) 工业上可用  $CH_4$  与水蒸气制氢气:  $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$ 。在  $200^\circ\text{C}$  时 2L 的密闭容器中, 将 1mol  $CH_4$  和 1mol  $H_2O(g)$  混合, 达到平衡时  $CH_4$  的转化率为 80%。则  $200^\circ\text{C}$  时该反应的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_ (保留一位小数)。

(3) 如图为合成氨反应在不同温度和压强、使用相同催化剂条件下, 初始时氮气、氢气的体积比为 1:3 时, 平衡混合物中氨的体积分数。若分别用  $v_A(NH_3)$  和  $v_B(NH_3)$  表示从反应开始至达平衡状态 A、B 时的化学反应速率, 则  $v_A(NH_3)$  \_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”)  $v_B(NH_3)$ 。

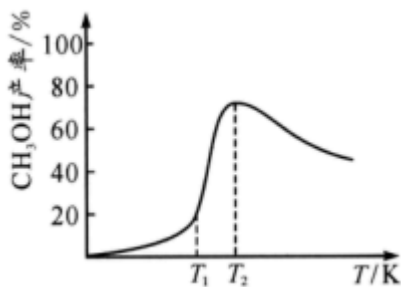


6. (1)在密闭容器中充入  $2\text{mol CH}_4(\text{g})$  和  $1\text{mol O}_2(\text{g})$ , 在不同条件下反应:  $2\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。实验测得平衡时甲醇的物质的量随温度、压强的变化如图所示。



- ①  $P_1$  时升高温度,  $n(\text{CH}_3\text{OH})$  \_\_\_\_\_ (填“增大”、“减小”或“不变”);
- ② E、F、N 点对应的化学反应速率由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_ (用  $V(\text{E})$ 、 $V(\text{F})$ 、 $V(\text{N})$  表示);
- ③ 下列能提高  $\text{CH}_4$  平衡转化率的措施是 \_\_\_\_\_ (填序号)
  - a. 选择高效催化剂    b. 增大  $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{O}_2)}$  投料比    c. 及时分离产物
- ④ 若 F 点  $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 1\text{mol}$ , 总压强为  $2.5\text{MPa}$ , 则  $T_0$  时 F 点用分压强代替浓度表示的平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_;

(2) 使用新型催化剂进行反应  $2\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。随温度升高  $\text{CH}_3\text{OH}$  的产率如图所示。



- ①  $\text{CH}_3\text{OH}$  的产率在  $T_1$  至  $T_2$  时很快增大的原因是 \_\_\_\_\_;
- ②  $T_2$  后  $\text{CH}_3\text{OH}$  产率降低的原因可能是 \_\_\_\_\_。

7. 碳及其化合物与人类生产、生活密切相关。请回答下列问题:

CO 可用于合成甲醇, 反应方程式为  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。

①CO 在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图 1 所示, 该反应的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ (填“>”或“<”)0。

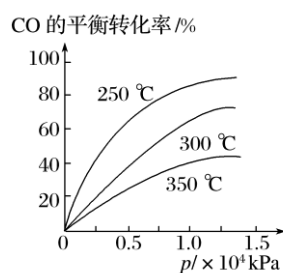


图 1

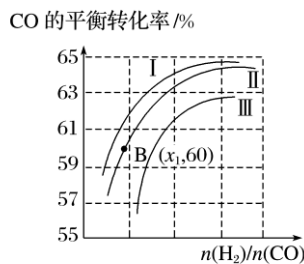


图 2

图 2 表示 CO 的平衡转化率与起始投料比  $\left[\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}\right]$ 、温度的变化关系, 测得 B( $x_1$ , 60)点氢气的转化率为 40%, 则  $x_1 =$  \_\_\_\_\_。

②一定条件下, 将 2mol CO 和 2mol  $\text{H}_2$  置于容积为 2L 固定的密闭容器中发生上述反应, 反应达到平衡时 CO 与  $\text{H}_2$  体积之比为 2:1, 则平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_。

## 参考答案

### 一、化学反应速率和化学平衡图像

#### 典例 1. 【答案】B

【解析】加入催化剂，活化能  $E$  减小，但反应热  $\Delta H$  不变，A 错；图 2 中 0~10 min 时， $v(\text{H}_2) = 3v(\text{N}_2) = 3 \times \frac{0.6 \text{ mol} - 0.3 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 10 \text{ min}} = 0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，压缩体积，压强增大，平衡正向移动， $n(\text{N}_2)$  逐渐减小，即为 d 曲线，B 正确；图 3 中 c 点起始时加入的  $\text{H}_2$  最多， $\text{N}_2$  的转化率最高，C 错；因合成氨正反应是放热反应，升高温度，平衡左移，图 3 中当  $n(\text{H}_2)$  相同时， $T_1$  温度下达到平衡时  $\text{NH}_3\%$  高于  $T_2$  温度下达到平衡时  $\text{NH}_3\%$ ，所以  $T_1 < T_2$ ，温度升高，平衡逆向移动，则  $K_1 > K_2$ ，D 错。

#### 典例 2. 【答案】D

【解析】升高温度，平衡向逆反应方向移动，平衡时一氧化氮的含量小，且达到平衡时需要的时间短，故 A 正确，D 错误；增大压强，平衡向逆反应方向移动，平衡时一氧化氮的含量小，且达到平衡时需要的时间短，故 B 项正确；有无催化剂只影响到达平衡状态的时间，不影响平衡移动，故 C 项正确。

#### 典例 3. 【答案】B

【解析】根据图像可知，反应进行到 5 min 时，X、Y 和 Z 的浓度不再发生变化，反应达到平衡状态。此时 X 的浓度减少了  $2.0 \text{ mol/L} - 1.6 \text{ mol/L} = 0.4 \text{ mol/L}$ ；Z 的浓度增加了  $0.4 \text{ mol/L}$ ，所以根据浓度的变化量之比等于化学计量数之比可知， $n = 1$ ，A 正确；10 min 时，X、Y、Z 的浓度均增大，但平衡向正反应方向移动。该可逆反应的正反应是吸热反应，升高温度，平衡向正反应方向移动，但反应物的浓度降低，因此改变的条件一定不是温度，B 不正确；由于该可逆反应的正反应是气体分子总数减小的反应，因此根据图像可知，10 min 时，曲线发生变化的原因是增大压强，C 正确；0~5 min 内，用 X 表示的反应速率为  $v(\text{X}) = \frac{0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{5 \text{ min}} = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，D 正确。

#### 典例 4. 【答案】B

【解析】升温正、逆反应速率同时加快，达到平衡时间缩短，平衡向逆反应方向移动，CO 的体积分数增大， $\text{NO}_2$  的转化率降低，化学平衡常数减小；压强增大，CO 的体积分数降低，对比图像可知，只有选项 B 符合。

### 二、对点增分集训

#### 1. 【答案】C



**【解析】** A. 化学方程式为  $\text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$   $\Delta H < 0$  可知, 该反应为放热反应, 温度越低, CO 的转化率越大, 则  $T_1 < T_2 < T_3$ , 故 A 错误; B. 由图像可知, a、c 两点压强相同, 平衡时 a 点 CO 转化率更高, 该反应为放热反应, 温度越低, CO 的转化率越大, 所以温度  $T_1 < T_3$ , 温度越高, 反应速率越快, 则  $v(a) < v(c)$ , b、d 两点温度相同, 压强越大, 反应速率越大, b 点大于 d 点压强, 则  $v(b) > v(d)$ , 故 B 错误; C. 由图可知, a、c 两点压强相同, 平衡时 a 点 CO 转化率更高, 该反应为放热反应, 所以温度  $T_1 < T_3$ , 降低温度平衡向正反应方向移动, 则  $K(a) > K(c)$ , 平衡常数只与温度有关, b、d 两点温度相同, 平衡常数相同, 则  $K(b) = K(d)$ , 故 C 正确; D. CO 转化率的越大, n 总越小, 由  $M = m/n$  可知, a 点 n 总小, 则  $M(a) > M(c)$ ,  $M(b) > M(d)$ , 故 D 错误。综上所述, 本题正确答案为 C。

## 2. 【答案】D

**【解析】** A. 根据图 I,  $T_2^\circ\text{C}$  下反应物体积分数达到最小, 生成物的体积分数达到最大,  $T_2^\circ\text{C}$  反应达到平衡,  $T_1^\circ\text{C}$  没有达到平衡,  $T_2^\circ\text{C}$  以后, X 的体积分数增大, Z 的体积分数减小, 随着温度的升高, 平衡向逆反应方向进行, 正反应方向为放热反应, 即  $\Delta H < 0$ , 故 A 错误; B.  $t_2$  时刻正逆反应速率相等, 平衡不移动, 根据图像 II,  $t_3$  后, 反应向逆反应方向进行,  $\text{NH}_3$  的量减少, 即  $t_1 \sim t_3$  时刻,  $\text{NH}_3$  体积分数最大, 故 B 错误; C. 根据图像 II,  $t_3$  时, 正逆反应速率都降低, 改变的因素是降低温度, 或减小压强, 根据图像 II,  $t_3$  时, 反应向逆反应方向移动, 如果降低温度, 该反应为放热反应, 降低温度, 平衡向正反应方向移动, 即  $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ , 不符合图像,  $t_3$  时刻采取的是减小压强, 故 C 错误; D. 根据图 III, 0 到 4min 变化的物质的量为  $0.12\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10\text{L} = 1.2\text{mol}$ , 即放出的热量为  $1.2\text{mol} \times 43\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 51.6\text{kJ}$ , 故 D 正确。

## 3. 【答案】C

**【解析】** 由图甲分析可知, 各物质发生变化的物质的量等于化学方程式的化学计量数之比, 此温度下该反应的化学方程式为  $2\text{A(g)} + \text{E(g)} \rightleftharpoons 2\text{B(g)} + \text{F(g)}$ , 故 A 正确; 平衡常数 K 只与温度有关, 平衡状态①和②的温度相同, 故 K 相等, 故 B 正确; 该反应前后气体的体积不变, 若改变压强, 平衡不会发生移动, 故  $t_2$  时刻不可能是增大压强, 故 C 错误; 根据方程式知, 前后气体体积不变, 故不可能是压强的变化,  $t_4$  时刻速率减小, 且变化的点不连续, 因此是降低温度的结果, 故 D 正确; 故选 C。

## 4. 【答案】D

**【解析】** A. 体系的自由能  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ , 根据图示可知, 该反应为放热反应,  $\Delta H < 0$ , 由于该反应的正反应是气体体积减小的反应, 所以  $\Delta S < 0$ 。当温度较低时,  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ ,



反应能够自发进行;当温度较高时,  $T\Delta S > \Delta H$ , 即  $\Delta G > 0$ , 反应不能自发进行, A 正确; B. 10min

内该反应的平均速率  $v(A_2) = \Delta c / \Delta t = \frac{0.3 \text{ mol}}{\frac{2L}{10 \text{ min}}} = 0.015 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$ , 根据方程式可知

$v(B_2) = 3v(A_2) = 0.045 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$ , B 正确; C. 11min 时, 其他条件不变, 压缩容器容积至 1L, 由于物质的浓度增大, 化学平衡正向移动, 不断消耗  $A_2$ , 所以  $n(A_2)$  的物质的量会进一步减少,  $n(A_2)$  变化趋势如图 2 中曲线 d 所示, C 正确; D. 在温度不变时, 增大某种反应物的浓度, 化学平衡正向移动, 可以使其它反应物的转化率提高, 故当  $T_1 < T_2$ , c 点由于  $n(B_2)$  最大, 故其对应状态下  $A_2$  的转化率最高, D 错误; 故合理选项是 D。

5. 【答案】(1) 减小 增大

(2) 69.1

(3) <

【解析】(1) 恒温恒容条件下, 向反应平衡体系中充入氮气, 平衡将向正反应方向移动, 故达到新平衡时,  $c(H_2)$  减小。温度不变, 平衡常数  $K = \frac{c^2(NH_3)}{c(N_2) \cdot c^3(H_2)}$  不变, 达到新平衡后,  $c(NH_3)$  增大,  $K$  不变, 故  $c(N_2) \cdot c^3(H_2)$  也会增大。(2) 根据三段式法进行计算:

	$CH_4(g)$	+	$H_2O(g)$	$\rightleftharpoons$	$CO(g)$	+	$3H_2(g)$
起始( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.5		0.5		0		0
转化( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$0.5 \times 80\%$		$0.5 \times 80\%$		$0.5 \times 80\%$		$0.5 \times 80\% \times 3$
平衡( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.1		0.1		0.4		1.2

则平衡常数  $K = \frac{c(CO) \cdot c^3(H_2)}{c(CH_4) \cdot c(H_2O)} = \frac{0.4 \times 1.2^3}{0.1 \times 0.1} \approx 69.1$ 。(3) 由题图可知, B 所处的温度和压强

均大于 A, 故  $v_A(NH_3) < v_B(NH_3)$ 。

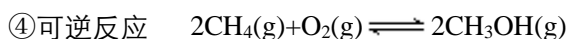
6. 【答案】(1) 减小  $V(N) > V(F) > V(E)$  c  $2 \text{ MPa}^{-1}$

(2) 温度升高反应速率加快, 且在此温度下催化剂活性增强

该反应是放热反应, 升高温度, 平衡逆向移动,  $CH_3OH$  产率降低

【解析】(1) ①根据图象可知: 在压强不变时, 升高温度, 平衡时甲醇的物质的量减小; ②对于反应  $2CH_4(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CH_3OH(g)$ , 升高温度, 甲醇的平衡物质的量减小, 说明升高温度, 平衡逆向移动, 逆反应为吸热反应, 则该反应的正反应为放热反应; 在温度为  $T_0$  时, F 点甲醇的物质的量大于 E 点, 说明平衡正向移动, 由于该反应的正反应为气体体积减小的反应, 增大压强, 平衡正向移动, 甲醇物质的量增大, 所以压强  $p_1 > p_2$ , 反应速率  $V(F) > V(E)$ ;

F、N 两点压强相同，由于温度  $N > F$ ，升高温度，化学反应速率加快，所以  $V(N) > V(F)$ ，因此 E、F、N 三点的速率大小关系为： $V(N) > V(F) > V(E)$ ；③a. 催化剂不能使平衡发生移动，因此选择高效催化剂对甲烷的平衡转化率无影响，a 错误；b. 增大  $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{O}_2)}$  投料比，相对于  $\text{O}_2$  的浓度不变，增大甲烷的浓度，平衡正向移动，但平衡移动的趋势是微弱的，总的来说甲烷的转化率降低，b 错误；c. 及时分离产物，即降低生成物的浓度，平衡正向移动，甲烷的转化率提高，c 正确；故合理选项是 c；



$$n(\text{开始})/\text{mol} \quad 2 \quad 1 \quad 0$$

$$n(\text{变化})/\text{mol} \quad 1 \quad 0.5 \quad 1$$

$$n(\text{平衡})/\text{mol} \quad 1 \quad 0.5 \quad 1$$

$$n(\text{总}) = 1\text{mol} + 0.5\text{mol} + 1\text{mol} = 2.5\text{mol}, \quad \text{平衡分压: } K_p(\text{CH}_4) = \frac{1\text{mol}}{2.5\text{mol}} \times 2.5\text{MPa} = 1\text{MPa};$$

$$K_p(\text{O}_2) = \frac{0.5\text{mol}}{2.5\text{mol}} \times 2.5\text{MPa} = 0.5\text{MPa}; \quad K_p(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{1\text{mol}}{2.5\text{mol}} \times 2.5\text{MPa} = 1\text{MPa}, \text{ 所以该反应用平衡分}$$

$$\text{压表示的化学平衡常数 } K_p = \frac{(1\text{MPa})^2}{(1\text{MPa})^2 \times 0.5\text{MPa}} = 2\text{MPa}^{-1}; \quad (2) \text{①根据图象可知: 在 } T_2 \text{ 以前, 反应未}$$

达到平衡，温度升高，化学反应速率加快，更多的反应物变为生成物甲醇，且在此温度下催化剂活性增强，因此甲醇的产率提高；②该反应的正反应为放热反应，升高温度，化学平衡向吸热的逆反应方向移动，因此甲醇的产率降低。

7. 【答案】①  $<$ ；3

② 4.5

【解析】①由于温度越高 CO 的平衡转化率越低，则可推出温度升高平衡向逆反应方向移动，则正反应放热，即  $\Delta H < 0$ 。令 CO 起始物质的量为 1mol， $\text{H}_2$  的起始物质的量为  $x_1$  mol，当 CO 变化 0.6mol 时， $\text{H}_2$  变化 1.2mol，则有  $\frac{1.2}{x_1} \times 100\% = 40\%$ ，解得  $x_1 = 3$ 。②列出三段式，先根据两种气体体积比为 2:1，可列式求出平衡浓度  $c(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{1}{3}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{CO}) = \frac{2}{3}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{H}_2) = \frac{1}{3}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，然后列式计算  $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)} = 4.5$ 。