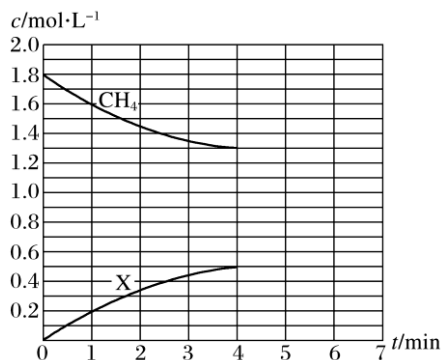


培优点十四 化学反应速率与化学平衡图象题的破解策略

一. 化学平衡的相关计算

1. 平衡常数的计算

典例 1. 某 1L 恒容密闭容器中, CH_4 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的起始浓度分别为 $1.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $3.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 二者反应生成 CO_2 和 H_2 , 该反应的部分物质的浓度随时间变化的关系如图所示(部分时间段的浓度变化未标出), 其中第 6min 开始升高温度。下列有关判断正确的是()



- A. X 是 H_2
- B. 增大压强, 平衡逆向移动, 平衡常数减小
- C. 第一次平衡时的平衡常数约为 0.91
- D. 若 5min 时向容器中再加入 0.7mol 的 CH_4 和 0.7mol 的 CO_2 , 则平衡正向移动

2. 转化率的计算

典例 2. 某温度下, 将 2mol A 和 3mol B 充入一密闭容器中, 发生反应: $a\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$, 5min 后达到平衡。已知该温度下其平衡常数 $K = 1$, 若温度不变时将容器的体积扩大为原来的 10 倍, A 的转化率不发生变化, 则()

- A. $a = 3$
- B. $a = 2$
- C. B 的转化率为 40%
- D. B 的转化率为 60%

3. 平衡时浓度的计算

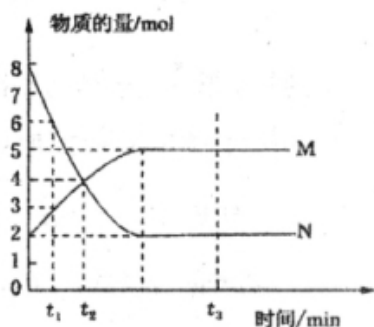
典例 3. 向恒温恒容(2L)的密闭容器中充入 2mol SO_2 和一定量的 O_2 发生反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{一定条件}} 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H = -197.74\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 4min 后达到平衡, 这时 $c(\text{SO}_2) = 0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 且 SO_2 和 O_2 的转化率相等。下列说法中, 不正确的是()

- A. 2min 时, $c(\text{SO}_2) = 0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

- B. 用 O_2 表示 4min 内的反应速率为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- C. 再向容器中充入 1 mol SO_3 , 达到新平衡, $n(\text{SO}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$
- D. 4min 后, 若升高温度, 平衡向逆反应方向移动, 平衡常数 K 减小

4. 气体的平均分子量的计算

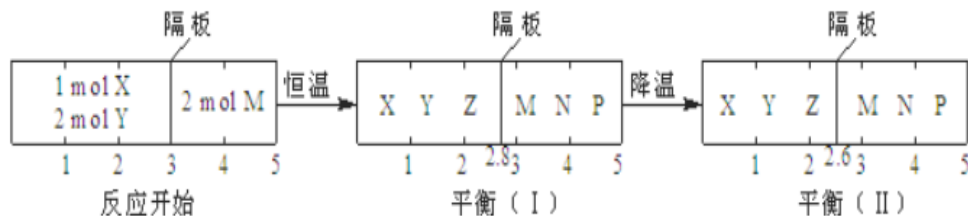
典例 4. 在一定温度下, 将两种气体 M 和 N 通入容积为 VL 的密闭容器中进行反应, M 和 N 的物质的量与时间的关系如图所示, 下列说法正确的是()



- A. $0 \sim t_2$ 内用 M 表示的平均反应速率是 $2/t_2 \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$
- B. $t_1 \sim t_2$ 内容器内的压强逐渐减小
- C. 该反应的方程式为 $\text{N} \rightleftharpoons 2\text{M}$
- D. t_2 与 t_3 时刻的混合气体的平均相对分子质量相等

5. 体系压强的计算

典例 5. 可逆反应① $\text{X(g)} + 2\text{Y(g)} \rightleftharpoons 2\text{Z(g)}$ 、② $2\text{M(g)} \rightleftharpoons \text{N(g)} + \text{P(g)}$ 分别在密闭容器的两个反应室中进行, 反应室之间有无摩擦、可滑动的密封隔板。反应开始和达到平衡状态时有关物理量的变化如图所示, 下列判断不正确的是()



- A. 反应①的正反应是放热反应
- B. 达平衡(I)时体系的压强与反应开始时体系的压强之比为 10 : 11
- C. 达平衡(I)时, X 的转化率为 20%
- D. 在平衡(I)和平衡(II)中, M 的体积分数不相等

二. 对点增分集训

1. 在 20°C 、 $5.05 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下, 某密闭容器中进行反应 $2\text{A}(\text{g}) + x\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{C}(\text{g})$, 达平衡时 $c(\text{A}) = 1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 现将压强减小到 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 建立平衡后, $c(\text{A}) = 0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则下列说法正确的是 ()

- A. 系数 $x > 2$
- B. 若增大该体系的压强, 平衡向左移动, 化学平衡常数变小
- C. 若增大该体系的压强, 平衡向右移动, 化学平衡常数不变
- D. 该反应的化学平衡常数表达式是 $K = \frac{c^4 \text{C}}{c^2 \text{A} \cdot c \text{B}}$

2. 在 25°C 时, 密闭容器中 X、Y、Z 三种气体的初始浓度和平衡浓度如下表:

物质	X	Y	Z
初始浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.1	0.2	0
平衡浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.05	0.05	0.1

下列说法错误的是 ()

- A. 反应达到平衡时, X 的转化率为 50%
- B. 增大压强, 使平衡向生成 Z 的方向移动, 平衡常数增大
- C. 反应可表示为 $\text{X} + 3\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$, 其平衡常数为 1600
- D. 改变温度可以改变此反应的平衡常数

3. 一定温度下, 体积为 2 L 的密闭容器中 X、Y、Z 三种气体的初始物质的量和平衡物质的量如下表:

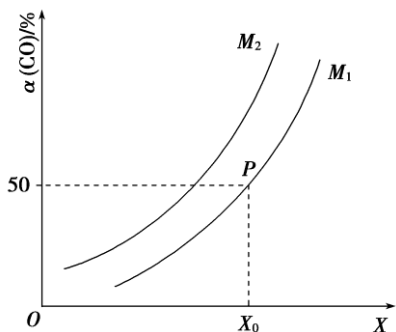
物质	X	Y	Z
初始物质的量/mol	0.2	0.2	0
平衡物质的量/mol	0.1	0.05	0.1

下列说法正确的是 ()

- A. 反应可表示为 $2\text{X} + 3\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$, 其平衡常数为 8000
- B. 增大压强使平衡向生成 Z 的方向移动, 则平衡常数增大

- C. 若将容器的体积压缩至 1 L, 则 X 的体积分数减小, 浓度增大
D. 若升高温度, Z 的浓度增大, 则温度升高时 $v_{\text{正}}$ 增大, $v_{\text{逆}}$ 减小

4. 在 2 L 恒容密闭容器中充入 1 mol CO、2 mol H_2 , 在一定条件下发生如下反应: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H = -90.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; CO 的平衡转化率与温度、压强之间的关系如图所示。下列推断正确的是 ()



- A. 工业上, 利用上述反应合成甲醇, 温度越高越好
B. 图象中 X 代表温度, $M_2 > M_1$
C. 图象中 P 点代表的平衡常数 K 为 $4 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$
D. 温度和容积不变, 再充入 1 mol CO、2 mol H_2 , 达到平衡时 CO 的转化率减小
5. 某温度下, 在一个 1 L 的密闭容器中, 加入 2 mol A 和 1 mol B 进行如下反应: $2\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ 。反应一段时间后达到平衡, 测得生成 0.6 mol C, 且反应前后压强之比为 15 :

11(相同温度下测量), 则下列说法正确的是 ()

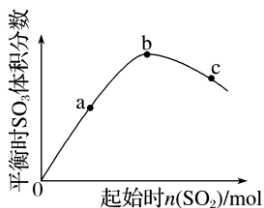
- A. 该反应的化学平衡常数 K 约为 0.043
B. 增加 C 的物质的量, B 的平衡转化率不变
C. 增大该体系的压强, 平衡正向移动, 化学平衡常数增大
D. A 的平衡转化率是 40%

6. 平衡体系 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$ $\Delta H = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 下列结论中错误的是 ()

- A. 若温度不变, 将容器的体积缩小到原来的一半, 达到新平衡时 A 的浓度为原来的 2.2 倍, 则 $m+n < p+q$
B. 若平衡时, A、B 的转化率相等, 说明反应开始时, A、B 的物质的量之比为 $m:n$
C. 保持其它条件不变, 升高温度, D 的体积分数增大说明该反应的 $\Delta H < 0$ 。
D. 若 $m+n=p+q$, 则向含有 a mol 气体的平衡体系中再加入 a mol 的 B, 达到新平衡时,

气体的总物质的量等于 $2a \text{ mol}$

7. 在一定温度下, 发生如下反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。改变起始时 $n(\text{SO}_2)$ 对反应的影响如图所示。下列说法正确的是()



- A. SO_2 的起始量越大, 混合气体中 SO_2 的体积分数越大
- B. a、b、c 三点中, a 点时 SO_2 的转化率最高
- C. a、b、c 三点的平衡常数: $K_b > K_c > K_a$
- D. b、c 点均为化学平衡点, a 点未达平衡且反应正向进行

8. 煤炭属于不可再生资源, 高效、清洁地利用煤炭资源至关重要。请回答下列问题:

(1) 煤的气化。原理是 $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H$ 。在 1 L 密闭容器中投入 1 mol 碳, 并充入 2 mol H_2 , 测得相关数据如图所示:

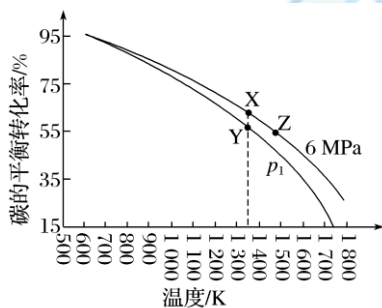


图1 恒压下, 碳的平衡转化率和温度的关系

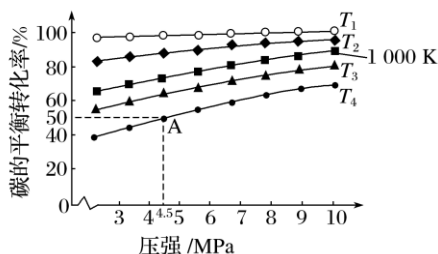


图2 恒温下, 碳的平衡转化率和压强的关系

①有关图1、图2的说法正确的有_____ (填字母)。

- A. 氢气的反应速率 $v(\text{Z}) > v(\text{X}) > v(\text{Y})$
- B. $T_1 < 1000 \text{ K}$
- C. 平衡常数 $K(\text{X}) = K(\text{Y}) > K(\text{Z})$
- D. 工业生产中, 当温度为 T_2 时, 压强越高, 经济效益越好

②图2中A点对应的平衡常数 $K_p =$ _____ (用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压 = 总压 \times 物质的量分数)。

(2) 煤生产水煤气和半水煤气。

①工业上用煤生产作为合成氨原料气的水煤气, 要求气体中 $(\text{CO} + \text{H}_2)$ 与 N_2 的体积之比

为 3.1~3.2, 发生的反应有 $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$, $\text{C(s)} + 1/2\text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)}$ 。从能量角度考虑, 通入空气的目的是_____。

②如图 3 是反应 $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ $\Delta H < 0$ 中 CO 和 CO_2 的浓度随时间发生变化的曲线, 则 t_2 时刻改变的条件可能是_____ (写出 1 种即可)。若 t_4 时刻通过改变容积的方法将压强增大为原来的 2 倍, 在图中 $t_4 \sim t_5$ 区间内画出 CO 、 CO_2 浓度变化曲线, 并标明物质(假设各物质状态均保持不变)。

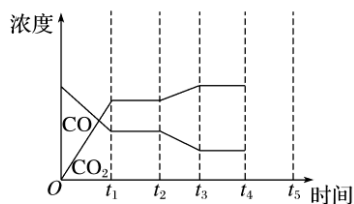


图 3

9. 工业合成氨反应为 $\text{N}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \xrightleftharpoons[\text{高温高压}]{\text{催化剂}} 2\text{NH}_3\text{(g)}$, 对其研究如下: 在 773K 时, 分别将 2mol N_2 和 6mol H_2 充入一个固定容积为 1L 的密闭容器中, 随着反应的进行, 气体混合物中 $n(\text{H}_2)$ 、 $n(\text{NH}_3)$ 与反应时间 t 的关系如下表:

t/min	0	5	10	15	20	25	30
$n(\text{H}_2)/\text{mol}$	6.00	4.50	3.60	3.30	3.03	3.00	3.00
$n(\text{NH}_3)/\text{mol}$	0	1.00	1.60	1.80	1.98	2.00	2.00

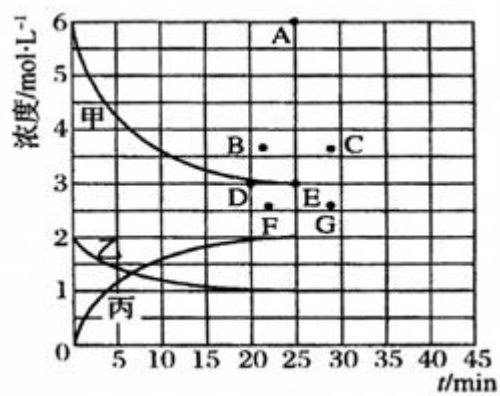
(1)前 10min 中利用 N_2 表示的反应速率为_____

(2)该温度下, 此反应的平衡常数 K =_____

(3)该温度下, 若向同容积的另一容器中投入的 N_2 、 H_2 、 NH_3 的浓度分别为 $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则此时 $v_{\text{正}}$ _____ $v_{\text{逆}}$ (填“>”、“<”或“=”)。

(4)该温度下, 在上述平衡体系中再通入 2mol NH_3 , 一段时间后, 达到新的平衡。此时 $c(\text{H}_2)$ _____ 4.5mol/L (填“>”、“<”或“=”)。

(5)由上表中的实验数据计算得到“浓度-时间”的关系可用右图中的曲线表示, 表示 $c(\text{N}_2)$ - t 的曲线是_____。在此温度下, 若起始充入 4 mol N_2 和 12mol H_2 , 则反应刚达到平衡时, 表示 $c(\text{H}_2)$ - t 的曲线上相应的点为_____。



参考答案

一、化学平衡的相关计算

典例 1. 【答案】 C

【解析】 根据图像 0~4min CH_4 减少 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, X 增加 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则 X 为 CO_2 , A 项错误; 温度不变时, 增大压强, 平衡常数不变, B 项错误; 4min 时, 反应第一次达到平衡状态:

	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$			
起始/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	1.8	3.6	0	0
转化/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	0.5	1.0	0.5	2.0
平衡/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	1.3	2.6	0.5	2.0

平衡常数 $K = \frac{0.5 \times 2.0^4}{1.3 \times 2.6^2} \approx 0.91$, C 项正确; 若 5min 时向容器中再加入 0.7mol 的 CH_4 和

0.7mol 的 CO_2 , 则浓度商 $Q = \frac{1.2 \times 2.0^4}{2.0 \times 2.6^2} \approx 1.42 > 0.91$, 反应逆向移动, D 项错误。

典例 2. 【答案】 C

【解析】 温度不变, 扩大容器体积(相当于减小压强)时, A 的转化率不变, 说明反应前后气体的体积不变, 即 $a=1$, A、B 两项均错误; 假设达到平衡时, B 的转化量为 $x\text{mol}$, 则 A、B、C、D 平衡时的物质的量分别为 $(2-x)\text{mol}$ 、 $(3-x)\text{mol}$ 、 $x\text{mol}$ 、 $x\text{mol}$, 设容器体积为 1L , 则平衡常数 $K = \frac{x^2}{(2-x) \cdot (3-x)} = 1$, 解得 $x=1.2$, B 的转化率为 $\frac{1.2\text{mol}}{3\text{mol}} \times 100\% = 40\%$, 所以 C 项正确、D 项错误。

典例 3. 【答案】 A

【解析】 设氧气的初始浓度是 $x\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则

	$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{一定条件}} 2\text{SO}_3(\text{g})$		
初始浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1	x	0
变化浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.8	0.4	0.8
平衡浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.2	$x-0.4$	0.8

SO_2 和 O_2 的转化率相等, 则 $0.4/x = 0.8$, 解得 $x=0.5$ 。

A 项, 0~4 min 内, 二氧化硫的反应速率 $= 0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \div 4\text{min} = 0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 前 2 min 反应速率大于 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 所以 2 min 时, $c(\text{SO}_2) < 0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 错误; B 项, 用 O_2 表示 4 min 内的反应速率为 $0.4\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \div 4\text{min} = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 正确; C 项, 再向容器中充入 1mol SO_3 , 生成二氧化硫和氧气的物质的量之比不变, 达到新平衡, 二者的物质的

量之比不变, 即 $n(\text{SO}_2):n(\text{O}_2)=2:1$, 正确; D 项, 正反应是放热反应, 4 min 后, 若升高温度, 平衡向逆反应方向移动, K 会减小, 正确。

典例 4. 【答案】B

【解析】图像看出反应从开始到平衡, N 的物质的量减小, 应为反应物, M 的物质的量增多, 应为生成物, 结合反应的方程式可计算相关物质的反应速率以及物质的量浓度关系。N 的物质的量减小, 应为反应物, 平衡时物质的量变化值为 $8\text{mol}-2\text{mol}=6\text{mol}$, M 的物质的量增多, 应为生成物, 平衡时物质的量的变化值为 $5\text{mol}-2\text{mol}=3\text{mol}$, 则有 $n(\text{N}):n(\text{M})=6\text{mol}:3\text{mol}=2:1$, 可知反应的化学方程式为 $2\text{N} \rightleftharpoons \text{M}$ 。则 A. $0\sim t_2$ 内 M 的物质的量增加了 $4\text{mol}-2\text{mol}=2\text{mol}$, 则用 M 表示的平均反应速率是 $2\text{mol}/(\text{VL}\cdot t_2\text{min})=2/\text{V}t_2 \text{ mol}\cdot(\text{L}\cdot\text{min})^{-1}$, A 错误; B. $t_1\sim t_2$ 内容器发生反应 $2\text{N} \rightleftharpoons \text{M}$, N 转化为 M, 物质的量减少, 所以容器内的压强逐渐减小, B 正确; C. 根据以上分析可知反应的化学方程式为 $2\text{N} \rightleftharpoons \text{M}$, C 错误; D. t_2 与 t_3 时刻的混合气体的总物质的量不同, 分别为 8mol 和 7mol , 则平均相对分子质量不等, D 错误; 答案选 B。

典例 5. 【答案】C

【解析】A. 降温由平衡 (I) 向平衡 (II) 移动, 同时 X、Y、Z 的总物质的量减少, 说明平衡向右移动, 正反应放热, 逆反应为吸热反应, 故 A 正确; B. 平衡时, 右边物质的量不变, 由图可以看出达平衡 (I) 时体系的压强与反应开始时体系的压强之比为: $\frac{2}{2.2} = \frac{10}{11}$, 故 B 正确; C. 达平衡 (I) 时, 右边气体的物质的量不变, 仍为 2mol , 左右气体压强相等, 设平衡时左边气体的物质的量为 $x\text{mol}$, 则有: $\frac{2}{x} = \frac{2.2}{2.8}$, $x = \frac{2 \times 2.8}{2.2} = \frac{28}{11} \text{ mol}$, 即物质的量减少了 $(3 - \frac{28}{11})\text{mol} = \frac{5}{11} \text{ mol}$, 所以达平衡 (I) 时, X 的转化率为 $\frac{5}{11}$, 故 C 错误; D. 由平衡 (I) 到平衡 (II), 化学反应②发生平衡的移动, 则 M 的体积分数不相等, 故 D 正确; 答案选 C。

二、对点增分集训

1. 【答案】D

【解析】在 $5.05 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下达平衡时 $c(\text{A}) = 1.00\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 现将压强减小到 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 压强为原来的 $\frac{1}{5}$, 若平衡不发生移动, 则建立平衡后, A 的浓度也应该为原来的 $\frac{1}{5}$, 即 $c(\text{A}) = 0.20\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 但是 $c(\text{A}) = 0.18\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 说明减小压强, 平衡正向移动。根据平衡移动原理,

减小压强,平衡向气体体积增大的方向移动,所以 $2+x<4$, 所以 $x=1$, A 错误;若增大该体系的压强,平衡向气体体积减小的方向,即向左移动,但是化学平衡常数只与温度有关,温度不变,化学平衡常数也不变, B、C 错误;化学平衡常数是可逆反应达到平衡状态时各生成物浓度幂指数的乘积与各反应物浓度幂指数乘积的比,对该反应来说,其化学平衡常数表达式是 $K = \frac{c^4_{\text{C}}}{c^2_{\text{A}} \cdot c_{\text{B}}}$, D 正确。

2. 【答案】B

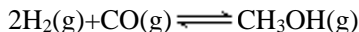
【解析】A. 反应达到平衡时,X的转化率为: $(0.1\text{mol/L}-0.05\text{mol/L})/0.1\text{mol/L} \times 100\% = 50\%$, 故 A 正确; B. 增大压强平衡向生成 Z 的方向移动,但平衡常数不变,故 B 错误; C. $K = c^2(\text{Z})/[c(\text{X}) \cdot c^3(\text{Y})] = (0.1\text{mol/L})^2/[(0.05\text{mol/L}) \times (0.05\text{mol/L})^3] = 1600(\text{mol/L})^{-2}$, 故 C 正确; D. 平衡常数只受温度的影响,温度改变时,化学平衡常数一定变化,故 D 正确。

3. 【答案】C

【解析】A. 根据分析可知,该温度下,平衡常数 $K = \frac{0.05^2}{0.05^2 \times 0.025^3} = 64000$, A 项错误; B. 平衡常数只受温度影响,改变压强,平衡常数不变, B 项错误; C. 压缩体积,平衡右移, X 的体积分数减小,浓度增大, C 项正确; D. 升高温度,正、逆反应速率均增大, D 项错误。

4. 【答案】C

【解析】A. 该反应的正反应是放热反应,温度升高,平衡向左移动,甲醇的产率降低,应根据催化剂来选择合适的温度, A 项错误; B. 该反应的正反应是放热反应,又是气体分子数减小的反应,从图象看出,随着 X 增大,CO 的转化率增大,所以 X 代表压强, M 代表温度,温度越高,CO 的平衡转化率越低,所以 $M_1 > M_2$, B 项错误; C. P 点时 CO 的转化率为 50%,用“三段式”法进行计算:



起始浓度/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1	0.5	0
--	---	-----	---

变化浓度/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	0.25	0.25
--	-----	------	------

平衡浓度/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	0.25	0.25
--	-----	------	------

$$K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)} = \frac{0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times (0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = 4 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \text{ (单位可省)}, \text{ C 项正确; D. 温度}$$

不变,平衡常数不变,容积不变,再充入 1mol CO、2mol H_2 ,相当于增大压强,平衡向右移

动, H_2 、 CO 的转化率都增大, D 项错误。

5. 【答案】B

【解析】 $2A(g)+2B(g)\rightleftharpoons 3C(?) +D(?)$

反应前(mol) 2 1 0 0

反应了(mol) 0.4 0.4 0.6 0.2

平衡后(mol) 1.6 0.6 0.6 0.2

据气体物质的量之比等于压强之比可得反应后气体物质的量为: $\frac{11}{15} \times (2+1) = 2.2 \text{ mol}$, 所

以 CD 都不是气体。A. 该反应的化学平衡常数 $K = \frac{1}{1.6 \times 0.6} = 1.04$, 故 A 错误; B、C 不是气

体, 增大 C 的量, 对平衡没有影响, B 的平衡转化率不变, 故 B 正确; C. 平衡常数只受温

度影响, 故 C 错误; D. A 的转化率为: $\frac{0.4 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \times 100\% = 20\%$, 故 D 错误; 故选 B。

6. 【答案】C

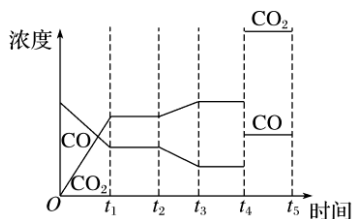
【解析】A. 温度不变, 将容器的体积缩小到原来的一半, A 的浓度变为原来的 2 倍, 平衡移动, 若到新平衡 A 的浓度为原来的 2.2 倍, 说明该反应逆向移动, 则 $m+n < p+q$, 故正确; B. 若平衡时, A、B 的转化率相等, 说明反应开始时, A、B 的物质的量之比满足化学计量数比, 为 $m:n$, 故正确; C. 保持其它条件不变, 升高温度, D 的体积分数增大, 说明反应正向移动, 则该反应的正反应为吸热反应, 即说明该反应的 $\Delta H > 0$, 故错误; D. 若 $m+n=p+q$, 则向含有 $a \text{ mol}$ 气体的平衡体系中再加入 $a \text{ mol}$ 的 B, 达到新平衡时总物质的量不变, 仍为 $2a \text{ mol}$, 故正确。故选 C。

7. 【答案】B

【解析】A 项, 根据图像可知 SO_2 的起始量越大, 混合气体中 SO_2 的体积分数不一定越大, 错误; B 项, 二氧化硫越少, 氧气越多, 则二氧化硫的转化率越大, a 点转化率最大, 正确; C 项, 平衡常数只与温度有关系, a、b、c 三点的平衡常数均相等, 错误。

8. 【答案】(1)①ABC ②1/6

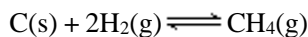
(2)①前者是吸热反应, 通入空气后发生的是放热反应, 可维持体系的热平衡



②降低温度(或增大水蒸气的量, 减少氢气的量)

【解析】(1)①根据 $C(s) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g)$, 增大压强, 平衡正向移动, 因此压强越大, 碳的转化率越高, 因此 $p_1 < 6\text{MPa}$, 根据图 1, 升高温度, 碳的转化率减小, 说明平衡逆向移动, 因此 $\Delta H < 0$ 。A 项, 温度越高, 压强越大, 反应速率越快, 氢气的反应速率 $v(Z) > v(X) > v(Y)$, 正确; B 项, 根据图 2, T_1 时碳的转化率大于 1000 K 时碳的转化率, 根据 $\Delta H < 0$, 温度越高, 碳的转化率越低, 因此 $T_1 < 1000\text{K}$, 正确; C 项, 温度不变, 平衡常数不变, 平衡常数 $K(X) = K(Y)$, 升高温度, 平衡逆向移动, 平衡常数减小, 因此平衡常数 $K(X) = K(Y) > K(Z)$, 正确; D 项, 压强越高, 对设备的要求越高, 会大大的增加成本, 经济效益反而减小, 错误。

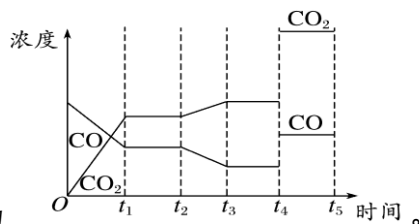
②图 2 中 A 点对应的碳的转化率为 50%, 压强为 4.5MPa。



起始(mol)	1	2	0
反应(mol)	0.5	1	0.5
平衡(mol)	0.5	1	0.5

$$\text{平衡常数 } K_p = \frac{\frac{1}{3} \times 4.5}{\left(\frac{2}{3} \times 4.5\right)^2} = \frac{1}{6}。 (2) \textcircled{1} C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g) \text{ 是吸热反应, 通入空气}$$

后发生 $C(s) + 1/2O_2(g) \rightleftharpoons CO(g)$, 该反应为放热反应, 可维持体系的热平衡, 因此工业上用煤生产作为合成氨原料气的水煤气。②在 t_2 时刻 CO 的浓度减小、 CO_2 浓度增大, 平衡向正反应方向移动, 且 CO 和 CO_2 浓度变化有接触点, 所以可以通过降低温度、增大水蒸气的量或减少氢气的量实现; t_4 时刻通过改变容积的方法将压强增大为原先的两倍, 则体积变为原来的一半, 故浓度分别增大为原来的 2 倍, 又反应前后气体系数相等, 平衡不移动, 所以图



像仅仅是浓度分别变为原来的 2 倍并且保持不变, 如图为

9. 【答案】(1) $V(N_2) = 0.08\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

(2) $K = 4/27(\text{mol/L})^{-2}$

(3) $>$

(4) $<$

(5) 乙 B

【解析】(1)前 10min 中生成氨气是 1.6mol, 消耗氮气是 0.8mol, 浓度是 0.8mol/L, 则用 N_2 表示的反应速率为 $0.8\text{mol/L} \div 10\text{min} = 0.08\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; (2)平衡时生成氨气是 2mol, 消耗氮气是 1mol, 剩余氮气是 1mol, 因此该温度下, 此反应的平衡常数 $K = \frac{2^2}{1 \times 3^3} = \frac{4}{27}$; (3)该温度下, 若向同容积的另一容器中投入的 N_2 、 H_2 、 NH_3 的浓度分别为 $3\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $3\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $3\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则此时浓度熵是 $\frac{3^2}{3 \times 3^3} = \frac{1}{9} < 4/9$, 平衡向正反应方向进行, 则 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ 。(4)如果平衡时氢气是 4.5mol/L, 则又消耗氨气是 1mol/L, 氨气浓度是 3mol/L, 氮气的浓度是 2.5mol/L, 此时 $\frac{3^2}{2.5 \times 4.5^3} < 4/9$, 所以平衡时氢气的浓度必须小于 4.5mol/L; (5)由反应方程式可知变化量之比等于对应物质的化学计量数之比, 而 $\Delta n_{\text{甲}} : \Delta n_{\text{乙}} : \Delta n_{\text{丙}} = 3 : 1 : 2$, 所以表示 $c(N_2) \sim t$ 的曲线是乙; 在此温度下, 若起始充入 4mol N_2 和 12mol H_2 , 相当于在原来基础上增加压强, 平衡正向移动, 所以比原平衡的两倍小, 而且达平衡的时间缩短, 则应是点 B。

