

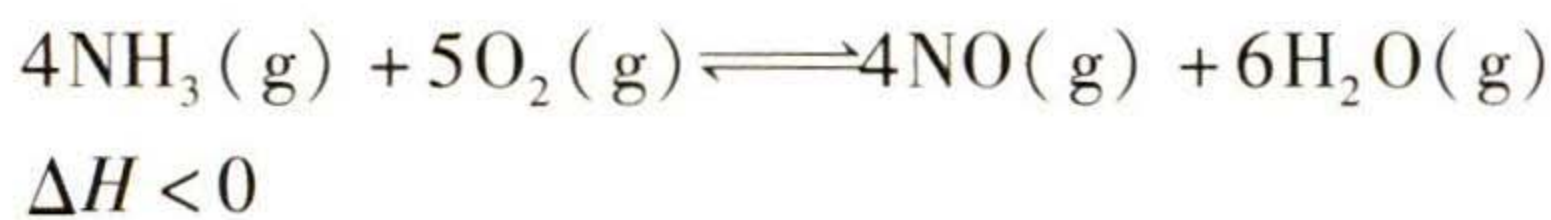
## 例析化学平衡考查方式的真谛

广西壮族自治区北海市北海中学 536000 吴玉娟

### 一、考查化学平衡状态的判断

理解化学平衡的概念、抓住速率“相等”标志和浓度(或质量或百分含量)“不变”标志。

**例题 1** (2023 年山东省济南市高三检测) 在恒温恒容的密闭容器中发生反应:



下列能说明该反应达到化学平衡状态的是( )。

①反应速率  $3v(\text{NO}) = 2v(\text{H}_2\text{O})$ ; ②体系的压强( $p$ )不变; ③气体的密度( $\rho$ )不变; ④气体的平均摩尔质量( $\bar{M}$ )不变; ⑤单位时间内生成 4 mol NO, 同时有 12 mol N—H 键发生断裂; ⑥NO 的浓度不变

- A. ②④⑥      B. ①②④⑥  
C. ②⑤⑥      D. ①②③④⑤

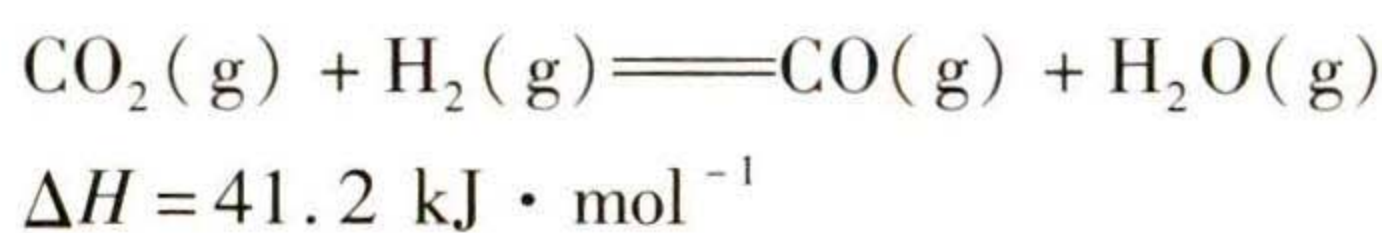
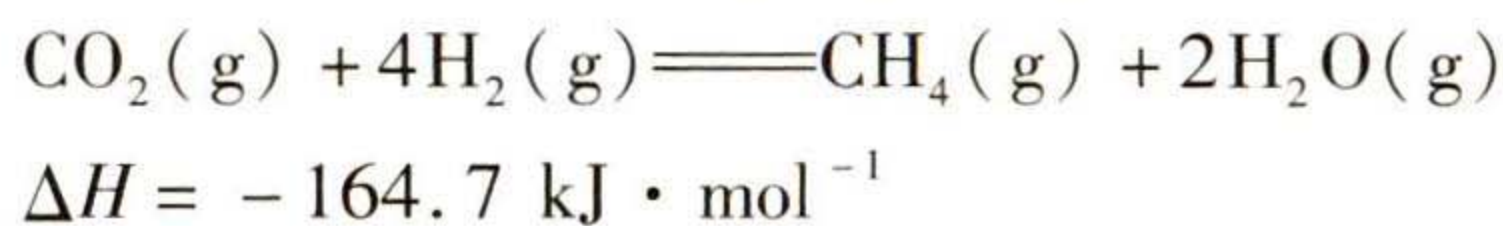
**解析** ①未指明正、逆反应速率, ①不符合题意; 该反应气体的物质的量不等, 体系的  $p$  不变说明反应达到平衡, ②符合题意; 该反应无论是否达到平衡, 气体的  $\rho$  都不变, ③不符合题意; 该反应气体的物质的量不等, 气体的  $\bar{M}$  不变说明反应达

到平衡, ④符合题意; ⑤表示的只是正反应速率, ⑤不符合题意; NO 的浓度不变, 其生成速率与消耗速率相等, 则⑥能说明该反应达到平衡状态。  
答案: A。

### 二、考查外界因素对化学平衡的影响

常考查判断化学平衡移动的方向及其结果等。掌握浓度、温度、压强对化学平衡影响的规律。

**例题 2** (2023 年高考江苏省化学卷) 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,  $\text{CO}_2$  平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测得的  $\text{CO}_2$  实际转化率依温度的不同而变化, 如图 1 所示。  $\text{CH}_4$  的选择性可表示为  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。其表述符合的为( )。

- A. 反应

**解析** (1) 根据表 1 前 2 次实验数据可知, 每加入 20 g 氯化钡溶液, 最多可产生 2.33 g 沉淀, 依次类推, 第 3 次实验结束最多可产生 6.99 g 沉淀, 故  $m = 6.99$ ; 第 4 次实验结束最多可产生沉淀 9.32 g > 8.155 g, 说明实际加入的氯化钡溶液过量, 由此可知第 4 次和第 5 次实验样品中的硫酸镁均被反应完全, 这两组的沉淀总质量可用于计算 40 g 样品中硫酸镁的质量; 根据化学方程式



可知, 若消耗 120 g  $\text{MgSO}_4$ , 可产生 233 g  $\text{BaSO}_4$ , 现生成 8.155 g  $\text{BaSO}_4$ , 则消耗的  $\text{MgSO}_4$  的质量为 4.2 g, 即 40 g 样品中含有 4.2 g 的  $\text{MgSO}_4$ , 计算可得硫酸镁的质量分数为  $\frac{4.2 \text{ g}}{40 \text{ g}} \times 100\% = 10.5\%$ ;

(2) 若沉淀未洗涤干净, 其表面除了含有 NaCl、

KCl, 还有过量的  $\text{BaCl}_2$ , 新生成的  $\text{MgCl}_2$ , 可利用 NaOH 检验有无  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  检验有无  $\text{BaCl}_2$  和  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$  检验有无 NaCl、KCl、 $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  检验有无  $\text{BaCl}_2$ ; (3) 根据氯化钡溶液质量和沉淀总质量的定量关系式可知, 每消耗 20 g 氯化钡溶液, 生成 2.33 g 沉淀, 现硫酸镁恰好完全反应时生成 8.155 g 沉淀, 则消耗氯化钡溶液的质量为 70 g。再根据化学方程式



可知, 若生成 233 g  $\text{BaSO}_4$ , 则生成 95 g  $\text{MgCl}_2$ , 现生成 8.155 g  $\text{BaSO}_4$ , 对应生成 3.325 g  $\text{MgCl}_2$ , 计算可得  $\text{MgCl}_2$  的质量分数为

$$\frac{3.325 \text{ g}}{204.155 \text{ g} + 70 \text{ g} - 8.155 \text{ g}} \times 100\% = 1.25\%$$

答案: 略

(收稿日期: 2024-01-03)



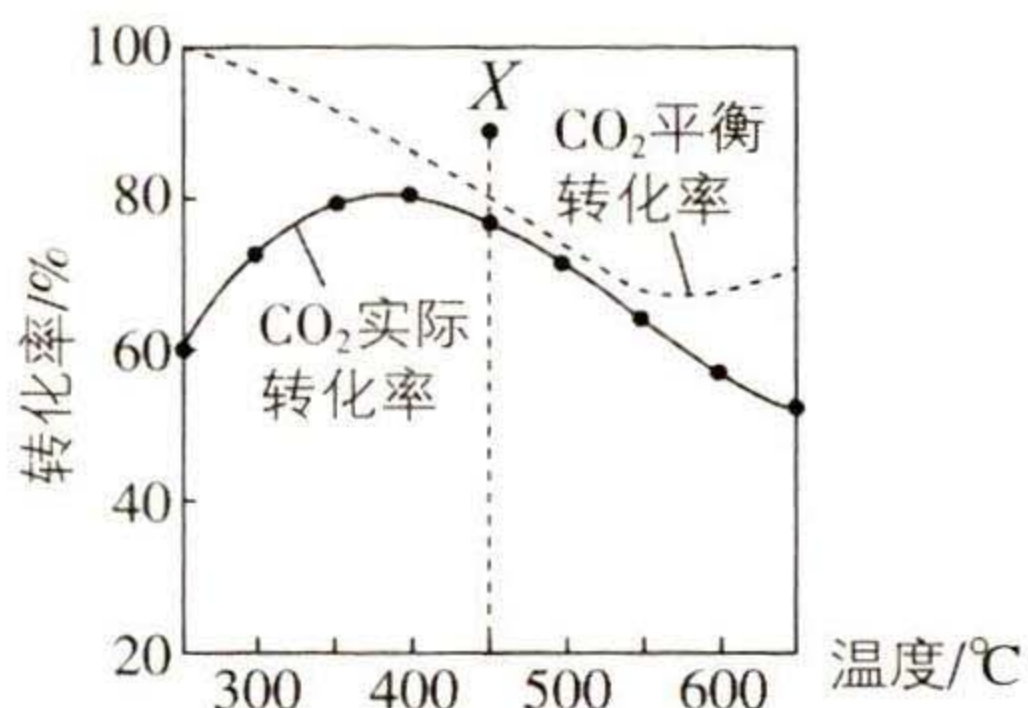


图1



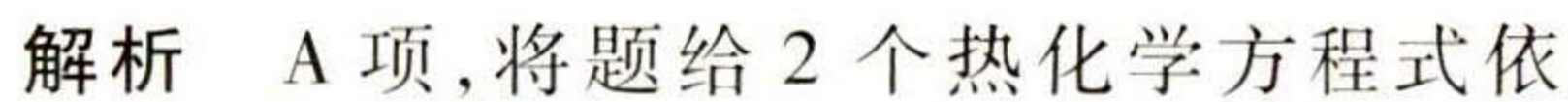
的焓变  $\Delta H = -205.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B.  $\text{CH}_4$  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.  $450^\circ\text{C}$  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  $\text{CO}_2$  平衡转化率达到 X 点的值

解析 A 项, 将题给 2 个热化学方程式依次编号为①②, 根据盖斯定律将①式 - ②式  $\times 2$  得:



$$\Delta H = -164.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = -247.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A 项错误; B 项,



为放热反应, 升高温度平衡逆向移动,  $\text{CH}_4$  的含量降低, 则  $\text{CH}_4$  的平衡选择性随着温度的升高而降低, B 项错误; C 项, 由图示信息可知温度范围约为  $450 \sim 550^\circ\text{C}$  时二氧化碳实际转化率趋近于平衡转化率, 此时为最适温度, 温度继续增加, 催化剂活性下降, C 项错误; D 项,  $450^\circ\text{C}$  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, 增大压强生成  $\text{CH}_4$  的反应平衡正向移动, 可提高二氧化碳的平衡转化率, 即均能使  $\text{CO}_2$  平衡转化率达到 X 点的值, D 正确。答案: D。

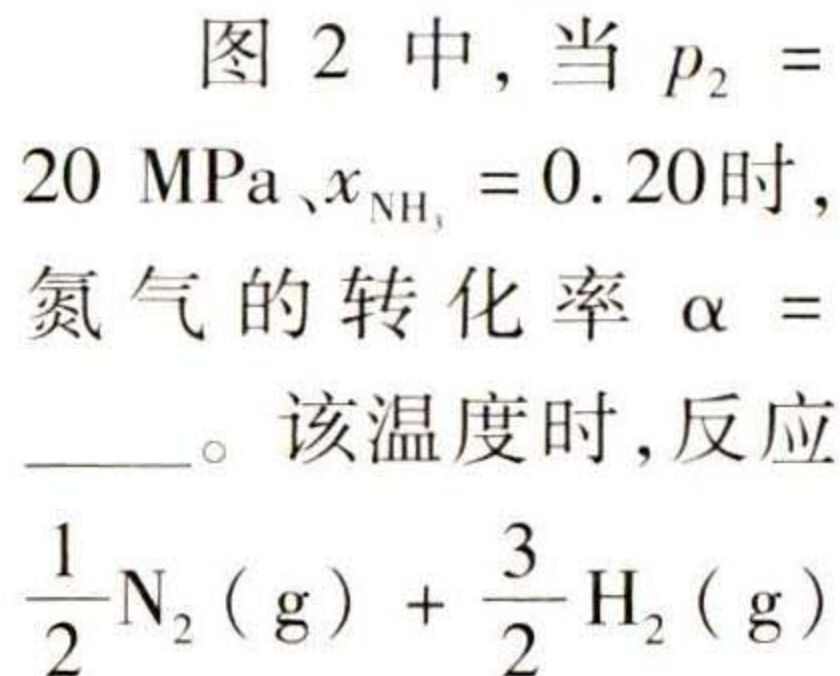
### 三、考查化学平衡的计算

解答有关化学平衡计算题的常用方法是“三段式”法, 即列出各物质的起始量、转化量和平衡量, 然后根据题给条件建立等量关系。

例题 3 (2023 年高考全国理综课标卷, 节选) 合成氨生产中, 在不同压强下, 进料组成为  $x_{\text{H}_2} = 0.75, x_{\text{N}_2} = 0.25$ , 反应达平衡时氨的摩尔分数与

温度的计算结果如图 2 所示。(物质 i 的摩尔分数:  $x_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$ )

图 2 中, 当  $p_2 = 20 \text{ MPa}, x_{\text{NH}_3} = 0.20$  时, 氮气的转化率  $\alpha =$  \_\_\_\_\_。该温度时, 反应



的平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_  $(\text{MPa})^{-1}$  (化为最简式)。

解析 图 2 中, 进料组成为  $x_{\text{H}_2} = 0.75, x_{\text{N}_2} = 0.25$ , 两者物质的量之比为 3:1。设进料中物质的量为氮气 1 mol、氢气 3 mol, 平衡时消耗  $\text{N}_2$   $a$  mol。则

	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ 3\text{H}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NH}_3(\text{g})$
起始量/mol	1	3		0
转化量/mol	$a$	$3a$		$2a$
平衡量/mol	$1 - a$	$3 - 3a$		$2a$

平衡时总物质的量为  $(1 - a) \text{ mol} + (3 - 3a) \text{ mol} + 2a \text{ mol} = (4 - 2a) \text{ mol}$ ; 当  $p_2 = 20 \text{ MPa}, x_{\text{NH}_3} = 0.20$  时,  $x_{\text{NH}_3} = \frac{2a}{4 - 2a} = 0.20$ , 解得  $a = \frac{1}{3} \text{ mol}$ ; 则氮气的转化率  $\alpha = \frac{(1/3) \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 100\% \approx 33.33\%$ 。平衡时  $\text{N}_2, \text{H}_2, \text{NH}_3$  的物质的量分别为  $\frac{2}{3}, 2, \frac{2}{3} \text{ mol}$ , 其物质的量分数分别为  $\frac{1}{5}, \frac{3}{5}, \frac{1}{5}$ , 则该温度下  $K'_p = \frac{(\frac{1}{5}p_2)^2}{\frac{1}{5}p_2 \times (\frac{3}{5}p_2)^3} = \frac{25}{27 \times 400}$   $(\text{MPa})^{-2}$ ; 该温度时, 反应

$$\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$$

的平衡常数  $K_p = \sqrt{K'_p} = \sqrt{\frac{1}{432}} (\text{MPa})^{-1}$ 。

$$K_p = \sqrt{\frac{1}{432}} (\text{MPa})^{-1}$$

$$K_p = \sqrt{\frac{1}{432}} (\text{MPa})^{-1}$$

答案:  $\sqrt{\frac{1}{432}}$ 。

基金项目: 广西教育科学“十四五”规划 2023 年度课题“基于核心素养视域下的高中化学单元整体教学设计研究”(2023B376) (收稿日期: 2024-01-01)

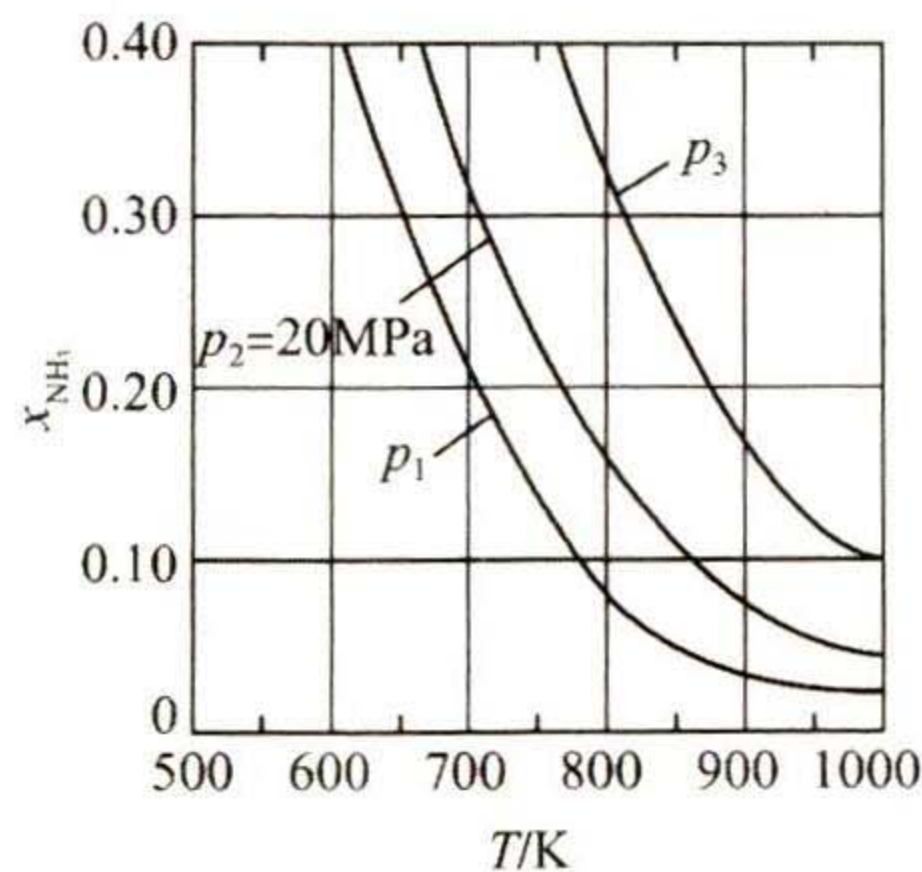


图2