

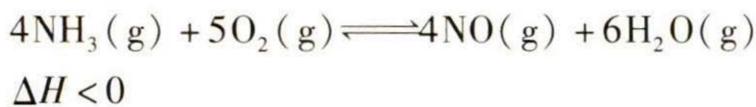
例析化学平衡考查方式的真谛

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(ρ)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

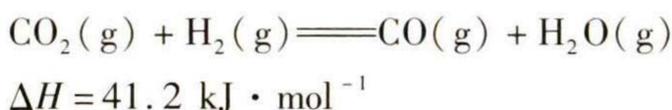
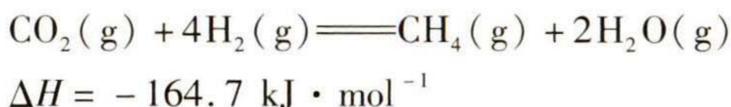
解析 ①未指明正、逆反应速率, ①不符合题意; 该反应气体的物质的量不等, 体系的 p 不变说明反应达到平衡, ②符合题意; 该反应无论是否达到平衡, 气体的 ρ 都不变, ③不符合题意; 该反应气体的物质的量不等, 气体的 \bar{M} 不变说明反应达

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, 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 实际转化率依温度的不同而变化, 如图 1 所示。 CH_4 的选择性可表示为 $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。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 MgSO_4 , 可产生 233 g BaSO_4 , 现生成 8.155 g BaSO_4 , 则消耗的 MgSO_4 的质量为 4.2 g, 即 40 g 样品中含有 4.2 g 的 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 BaCl_2 , 新生成的 MgCl_2 , 可利用 NaOH 检验有无 MgCl_2 , Na_2CO_3 检验有无 BaCl_2 和 MgCl_2 , AgNO_3 检验有无 NaCl、KCl、 BaCl_2 、 MgCl_2 , Na_2SO_4 检验有无 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 BaSO_4 , 则生成 95 g MgCl_2 , 现生成 8.155 g BaSO_4 , 对应生成 3.325 g MgCl_2 , 计算可得 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)

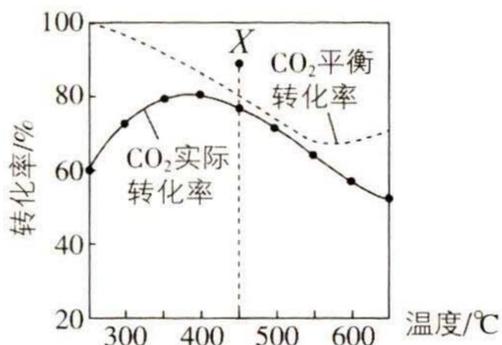


图1



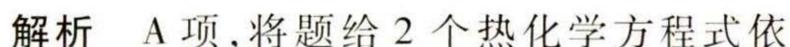
的焓变 $\Delta H = -205.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 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 $480 \sim 530^\circ\text{C}$

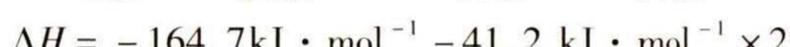
D. 450°C 时, 提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值或增大压强, 均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值

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, CH_4 的含量降低, 则 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°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 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 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

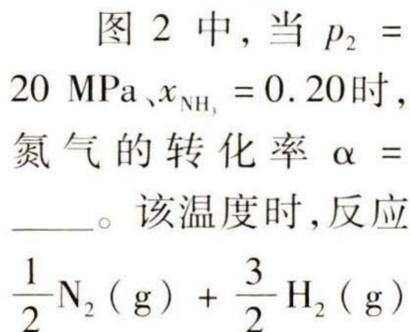
三、考查化学平衡的计算

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 N_2 $a \text{ mol}$ 。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 $K_p = \sqrt{K'_p} = \sqrt{\frac{1}{432}} (\text{MPa})^{-1}$ 。

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)

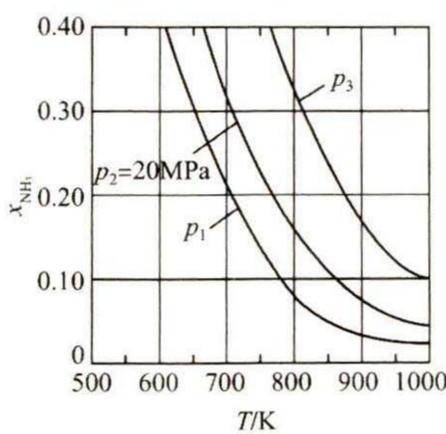


图2

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)