

Задача 5.22

Решение:

Дано:			
Уравнение реакции	$\text{N}_2 (\text{г}) + 3 \text{H}_2 (\text{г}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{г})$		
$K_p = 1$	$\Delta_f H^\circ(298 \text{ К})$ (кДж/моль)	0 0	-46,2
Т – ?	$S^\circ(298 \text{ К})$ (Дж/(моль·К))	191,2 130,5	192,6

Вычислим изменение энтальпии реакции при $T=298 \text{ К}$, используя первое следствие из закона Гесса:

$$\Delta_r H^\circ(298 \text{ К}) = 2 \cdot \Delta_f H^\circ(298 \text{ К}, \text{NH}_3 (\text{г})) - [\Delta_f H^\circ(298 \text{ К}, \text{N}_2 (\text{г})) + 3 \cdot \Delta_f H^\circ(298 \text{ К}, \text{H}_2 (\text{г}))]$$

$$\Delta_r H^\circ(298 \text{ К}) = 2 \cdot (-46,2) - [0 + 3 \cdot 0] = -92,4 \text{ (кДж)}$$

Вычислим изменение энтропии реакции при $T=298 \text{ К}$:

$$\Delta_r S^\circ(298 \text{ К}) = 2 \cdot S^\circ(298 \text{ К}, \text{NH}_3 (\text{г})) - [S^\circ(298 \text{ К}, \text{N}_2 (\text{г})) + 3 \cdot S^\circ(298 \text{ К}, \text{H}_2 (\text{г}))]$$

$$\Delta_r S^\circ(298 \text{ К}) = 2 \cdot 192,6 - [191,2 + 3 \cdot 130,5] = -197,5 \text{ (Дж/К)}$$

Изменение свободной энергии Гиббса реакции при температуре T :

$$\Delta_r G^\circ(T \text{ К}) = \Delta_r H^\circ(298 \text{ К}) - T \cdot \Delta_r S^\circ(298 \text{ К})$$

или

$$\Delta_r G^\circ(T \text{ К}) = -2,3 \cdot R \cdot T \cdot \text{Lg}(K_p)$$

Т.к. по условию $K_p = 1$, значит $\text{Lg}(K_p) = 0$, следовательно $\Delta_r G^\circ(T \text{ К}) = 0 \text{ (Дж)}$;

$$\Leftrightarrow \Delta_r H^\circ(298 \text{ К}) - T \cdot \Delta_r S^\circ(298 \text{ К}) = 0$$

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ(298 \text{ К})}{\Delta_r S^\circ(298 \text{ К})}$$

Вычислим температуру при которой константа равновесия реакции равна 1:

$$T = \frac{-92400}{-197,5} = 467,85 \text{ (К)}$$

Выражение для константы равновесия (K_p) данной реакции:

$$K_p = \frac{P^2(\text{NH}_3)}{P(\text{N}_2) \cdot P^3(\text{H}_2)}$$

Ответ: $K_p = 1$ при $T = 467,85 \text{ (К)}$