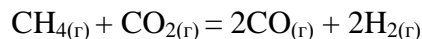


Задача 525



$$C_0(\text{CH}_4) = C_0(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль/л}$$

Стандартная энтальпия реакции:

$$\begin{aligned}\Delta_r H_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= 2\Delta_f H_{298}^0 (\text{CO}_{(\text{r})}) + 2\Delta_f H_{298}^0 (\text{H}_{2(\text{r})}) - (\Delta_f H_{298}^0 (\text{CH}_{4(\text{r})}) + \Delta_f H_{298}^0 (\text{CO}_{2(\text{r})})) = \\ &= 2 \cdot (-110 \text{ кДж/моль}) + 2 \cdot 0 \text{ кДж/моль} - (-75 \text{ кДж/моль} + (-393 \text{ кДж/моль})) = 248 \text{ кДж} = 248000 \text{ Дж}\end{aligned}$$

$$\Delta_r H_{298}^0 > 0; \text{ реакция эндотермическая}$$

Энтропия реакции:

$$\begin{aligned}\Delta_r S_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= 2S_{298}^0 (\text{CO}_{(\text{r})}) + 2S_{298}^0 (\text{H}_{2(\text{r})}) - (S_{298}^0 (\text{CH}_{4(\text{r})}) + S_{298}^0 (\text{CO}_{2(\text{r})})) = \\ &= 2 \cdot 197 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} + 2 \cdot 131 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} - (186 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} + 214 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) = 256 \text{ Дж/К}\end{aligned}$$

Температура равновесия реакции:

$$T_p = \frac{\Delta_r H_{298}^0}{\Delta_r S_{298}^0} = \frac{248000 \text{ Дж}}{256 \text{ Дж/К}} = 969 \text{ К}$$

При этой температуре константа равновесия $K_p = 1$

Изменение количества газообразных веществ в ходе реакции:

$$\Delta \nu = \sum \nu (\text{продуктов реакции}) - \sum \nu (\text{исходных веществ}) = 2 + 2 - (1 + 1) = 2$$

Константа равновесия K_C :

$$K_C = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta \nu}} = \frac{K_p}{(RT)^2} = \frac{1}{(0,082 \cdot 969)^2} = 1,58 \cdot 10^{-4}$$

Выражение константы равновесия:

$$K_C = \frac{[\text{CO}]^2 \cdot [\text{H}_2]^2}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{CO}_2]}$$

Составим таблицу материального баланса:

| Компонент | $\text{CH}_{4(\text{r})}$ | $\text{CO}_{2(\text{r})}$ | $2\text{CO}_{(\text{r})}$ | $2\text{H}_{2(\text{r})}$ |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Начальный состав, моль/л | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Изменение концентрации, моль/л | x | x | $2x$ | $2x$ |
| Равновесный состав, моль/л | $1 - x$ | $1 - x$ | $2x$ | $2x$ |

В выражение константы равновесия подставляем значения и решаем уравнение:

$$1,58 \cdot 10^{-4} = \frac{(2x)^2 \cdot (2x)^2}{(1-x) \cdot (1-x)}$$

$$1,58 \cdot 10^{-4} = \frac{16x^4}{(1-x)^2}$$

Решив данное уравнение, мы получаем: $x = 0,0545$

Равновесный состав:

$$[CH_4] = [CO_2] = 1 - x = 1 - 0,0545 = 0,9455 \text{ моль/л}$$

$$[CO] = [H_2] = 2x = 2 \cdot 0,0545 = 0,109 \text{ моль/л}$$