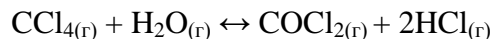


### Задача 526



$$C_0(\text{CCl}_4) = C_0(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль/л}$$

Стандартная энтальпия реакции

$$\begin{aligned}\Delta_r H_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= \Delta_f H_{298}^0 (\text{COCl}_2) + 2\Delta_f H_{298}^0 (\text{HCl}) - (\Delta_f H_{298}^0 (\text{CCl}_4) + \Delta_f H_{298}^0 (\text{H}_2\text{O})) = \\ &= -220 \text{ кДж/моль} + 2 \cdot (-92 \text{ кДж/моль}) - (-103 \text{ кДж/моль} + (-242 \text{ кДж/моль})) = -59 \text{ кДж} = -59000 \text{ Дж}\end{aligned}$$

Стандартная энтропия реакции:

$$\begin{aligned}\Delta_r S_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= S_{298}^0 (\text{COCl}_2) + 2S_{298}^0 (\text{HCl}) - (S_{298}^0 (\text{CCl}_4) + S_{298}^0 (\text{H}_2\text{O})) = \\ &= 28 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} + 2 \cdot 187 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} - (310 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} + 189 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) = -97 \text{ Дж/К}\end{aligned}$$

Температура равновесия реакции:

$$T_p = \frac{\Delta_r H_{298}^0}{\Delta_r S_{298}^0} = \frac{-59000 \text{ Дж}}{-97 \text{ Дж/К}} = 608 \text{ К}$$

При этой температуре константа равновесия  $K_p = 1$

Изменение количества газообразных веществ в ходе реакции:

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

Константа равновесия  $K_c$ :

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta \nu}} = \frac{K_p}{RT} = \frac{1}{0,082 \cdot 608} = 0,02$$

Выражение константы равновесия:

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2] \cdot [\text{HCl}]^2}{[\text{CCl}_4] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$$

Составим таблицу материального баланса:

| Компонент                      | $\text{CCl}_4$ | $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{COCl}_2$ | $2\text{HCl}$ |
|--------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|---------------|
| Начальный состав, моль/л       | 1              | 1                    | 0               | 0             |
| Изменение концентрации, моль/л | $x$            | $x$                  | $x$             | $2x$          |
| Равновесный состав, моль/л     | $1 - x$        | $1 - x$              | $x$             | $2x$          |

Подставляя значения, составляем уравнение:

$$0,02 = \frac{x \cdot (2x)^2}{(1-x) \cdot (1-x)}$$

Решив данное уравнение, мы получаем:  $x = 0,153$

Равновесный состав:

$$[\text{CCl}_4] = [\text{H}_2\text{O}] = 1 - x = 1 - 0,153 = 0,847 \text{ моль/л}$$

$$[\text{COCl}_2] = x = 0,153 \text{ моль/л}$$

$$[\text{HCl}] = 2x = 2 \cdot 0,153 \text{ моль/л} = 0,306 \text{ моль/л}$$