

### Задача 533



Стандартная энтальпия реакции:

$$\begin{aligned}\Delta_r H_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot \Delta_f H_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= \Delta_f H_{298}^0 (\text{PCl}_3) + \Delta_f H_{298}^0 (\text{Cl}_2) - \Delta_f H_{298}^0 (\text{PCl}_5) = \\ &= -287 \text{ кДж/моль} + 0 \text{ кДж/моль} - (-375 \text{ кДж/моль}) = 88 \text{ кДж} = 88000 \text{ Дж}\end{aligned}$$

Стандартная энтропия реакции:

$$\begin{aligned}\Delta_r S_{298}^0 &= \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{продуктов реакции})) - \sum (\nu \cdot S_{298}^0 (\text{исходных веществ})) = \\ &= S_{298}^0 (\text{PCl}_3) + S_{298}^0 (\text{Cl}_2) - S_{298}^0 (\text{PCl}_5) = \\ &= 312 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} + 223 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} - 364 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} = 171 \text{ Дж/К}\end{aligned}$$

Рассчитаем температуру равновесия данной реакции:

$$T_p = \frac{\Delta_r H_{298}^0}{\Delta_r S_{298}^0} = \frac{88000 \text{ Дж}}{171 \text{ Дж/К}} = 515 \text{ К}$$

При этой температуре константа равновесия  $K_p = 1$

Изменение количества газообразных веществ в ходе реакции:

$$\Delta \nu = \sum \nu (\text{продуктов реакции}) - \sum \nu (\text{исходных веществ}) = \nu (\text{PCl}_3) + \nu (\text{Cl}_2) - \nu (\text{PCl}_5) = 1 + 1 - 1 = 1$$

Рассчитаем при этой температуре константу равновесия  $K_c$ .

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta \nu}} = \frac{K_p}{(RT)^1} = \frac{K_p}{RT} = \frac{1}{0,082 \cdot 515} = 0,024$$

Выражение константы равновесия реакции:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Составим таблицу материального баланса для расчета равновесных концентраций

Компонент	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
Начальный состав, моль/л	0,5	0	0
Изменение, моль/л	$x$	$x$	$x$
Равновесный состав, моль/л	$0,5 - x$	$x$	$x$

В выражение константы равновесия подставляем значения и решаем уравнение:

$$0,024 = \frac{x^2}{0,5 - x}$$

Решив данное уравнение, получаем:  $x = 0,098$

Равновесные концентрации веществ:

$$[\text{PCl}_5] = 0,5 - x = 0,5 - 0,098 = 0,402 \text{ моль/л}$$

$$[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = x = 0,098 \text{ моль/л}$$