

**Министерство образования и науки УР**  
**АОУ ДПО УР «Институт развития образования»**  
**Муниципальный этап ВСОШ по химии 2023-2024 учебный год**

**г. Ижевск**

**11 класс**

*Максимальное количество баллов – 100 баллов*

**Решение задачи № 1.**

1. При  $T = 900^\circ\text{C}$  происходит разложение карбоната бария:

**реакция 1:**  $\text{BaCO}_3 \rightleftharpoons \text{BaO} + \text{CO}_2$  ..... **1 балл**

Константа равновесия этого процесса определяется парциальным давлением углекислого газа, поскольку концентрации твердых веществ в записи константы равновесия отсутствуют:  $K_1 = p(\text{CO}_2)$ , следовательно  $K_1 = 3 \cdot 10^{-4}$  атм. .... **1 балл**

2. Рассчитаем начальное количество карбоната бария:

$n(\text{BaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,05}{197} = 2,538 \cdot 10^{-4}$  моль ..... **0,5 балл**

По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество вещества углекислого газа при равновесии:

$PV = nRT$ ,  $n_{\text{CO}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot 101,325 \cdot 0,05}{8,314 \cdot 1173} = 1,558 \cdot 10^{-7}$  моль ..... **1 балл**

Количество оксида бария, образовавшееся в ампуле, равно количеству углекислого газа (реакция 1), количество оставшегося карбоната бария равно исходному количеству соли за вычетом разложившегося карбоната (равного количеству  $\text{CO}_2$ ):

$n(\text{BaCO}_3) = 2,538 \cdot 10^{-4} - 1,558 \cdot 10^{-7} = 2,536 \cdot 10^{-4}$  моль ..... **1 балл**

$n(\text{BaO}) = 1,558 \cdot 10^{-7}$  моль ..... **0,5 балла**

тогда массы твердых компонентов равны:

$m(\text{BaCO}_3) = 2,536 \cdot 10^{-4} \cdot 197 = 49,959$  мг ..... **0,5 балла**

$m(\text{BaO}) = 1,558 \cdot 10^{-7} \cdot 153 = 0,024$  мг ..... **0,5 балла**

Процентный состав смеси: 99,95% и 0,048% ..... **0,5 балла**

3. После промывания теплой водой из смеси уходит оксид кальция:

**реакция 2:**  $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2$  ..... **1 балл**

Количество оксида бария равно количеству гидроксида бария, а количество  $\text{OH}^-$ -ионов равно удвоенному количеству оксида бария, т.е.

$n(\text{OH}^-) = 2n(\text{BaO}) = 2 \cdot 1,558 \cdot 10^{-7} = 3,116 \cdot 10^{-7}$  моль. .... **0,5 балла**

Это количество гидроксид-ионов оказалось в растворе объемом 10 мл (можно пренебречь увеличением объема раствора за счет добавления 0,024 мг оксида бария). Тогда молярная концентрация гидроксид-ионов будет равна

$$C(\text{OH}^-) = \frac{n}{V} = \frac{3,116 \cdot 10^{-7}}{0,01} = 3,116 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Тогда  $\text{pOH} = -\lg C(\text{OH}^-) = -\lg(3,116 \cdot 10^{-5}) = 5 - 0,49 = 4,51$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 4,51 = 9,49 \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

4. Добавление в систему углерода приводит к появлению дополнительного количества угарного газа



Поскольку температура осталась прежней, то константа равновесия разложения карбоната бария (**реакция 1**) не изменилась (константа равновесия зависит только от температуры). Таким образом, парциальное давление (и количество) углекислого газа будет таким же, как и в отсутствии графита. ... **1 балл**

Однако часть углекислого газа связывается с графитом, значит, по **реакции 1** углекислого газа должно образовываться больше, чем в отсутствие графита.

Поскольку общее давление стало в 3 раза больше первоначального, значит, общее число моль газов тоже возросло в три раза и стало равным

$$n_{\text{общ}} = 3n_{\text{CO}_2} = 3 \cdot 1,558 \cdot 10^{-7} = 4,674 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$$

Общее число моль газов равно сумме  $n_{\text{CO}}$  и  $n_{\text{CO}_2}$  :

$$n_{\text{общ}} = n_{\text{CO}} + n_{\text{CO}_2} = 4,674 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$$

Откуда  $n_{\text{CO}} = n_{\text{общ}} - n_{\text{CO}_2} = 4,674 \cdot 10^{-7} - 1,558 \cdot 10^{-7} = 3,116 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$

Тогда  $n_{\text{C}} = \frac{1}{2} n_{\text{CO}} = 1,558 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$ , а масса графита  $m_{\text{C}} = 1,87 \text{ мкг} \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$

5. Добавление графита вызывает смещение равновесия **реакции 1** вправо, поскольку часть углекислого газа вступает в **реакцию 4**. .... **1 балл**

В **реакцию 4** вступает  $1,558 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$   $\text{CO}_2$  и столько же остается в равновесном состоянии, значит, по **реакции 1** образуется  $3,116 \cdot 10^{-7} \text{ моль}$  и столько же карбоната бария подвергается разложению:

$$m(\text{BaCO}_3) = 3,116 \cdot 10^{-7} \times 197 = 0,0614 \text{ мг} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Степень превращения – это отношение массы вещества, вступившей в реакцию, к первоначальной массе вещества.

$$\alpha = \frac{0,0614}{50} \cdot 100\% = 0,123\% \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

6. Запишем выражения для констант этих равновесий через парциальные давления газов.

$$K_1 = p_{(\text{CO}_2)} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ атм} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$K_4 = \frac{p^2_{(\text{CO})}}{p_{(\text{CO}_2)}}; \quad p_{\text{CO}} = p_{\text{общ}} - p_{\text{CO}_2} = 9 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ атм} \dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$K_4 = \frac{(6 \cdot 10^{-4})^2}{3 \cdot 10^{-4}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ атм} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

**Итого за задачу**.....**20 баллов**