

Задача 8-2

В таблице приведена растворимость оксида бария в воде при разной температуре:

Температура, °C	20	50
Растворимость, г на 100 г воды	3.84	11.75

При охлаждении насыщенного при 50°C раствора до температуры 20°C в осадок выпадает только продукт X (массовая доля $\omega(\text{Ba}) = 43.49\%$, $\omega(\text{O}) = 50.79\%$).

1. Установите формулу X. Ответ подтвердите расчетами.
2. Рассчитайте растворимость $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и X при 20°C и 50°C.
3. Какая масса X образуется при охлаждении 100 г насыщенного раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ от 50°C до 20°C?

Решение

1.

$$\frac{\omega(\text{Ba})}{M(\text{Ba})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} : \frac{\omega(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{43.49}{137} : \frac{50.79}{16} : \frac{100-43.49-50.79}{1} = 0.3174 : 3.1743 : 5.72 = 1 : 10 : 18.$$

$\text{BaO}_{10}\text{H}_{18}$ или $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

2. При растворении оксида бария в воде образуется гидроксид: $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2$, поэтому часть воды переходит в состав гидроксида бария.

Рассмотрим пример расчета для температуры 20°C.

$$n(\text{BaO}) = \frac{m(\text{BaO})}{M(\text{BaO})} = \frac{3.84 \text{ г}}{153 \text{ г/моль}} = 0.0251 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль}; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.452 \text{ г};$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 171 \text{ г/моль} = 4.291 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 0.452 \text{ г} = 99.548 \text{ г};$$

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2) \cdot 100}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4.291 \cdot 100}{99.548} = 4.31 \text{ г} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ в } 100 \text{ г воды.}$$

Для $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \cdot 9 = 0.2259 \text{ моль}; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 0.2259 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 4.066 \text{ г};$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 315 \text{ г/моль} = 7.9065 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 4.066 \text{ г} = 95.934 \text{ г};$$

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) \cdot 100}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{7.9065 \cdot 100}{95.934} = 8.24 \text{ г} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \text{ в } 100 \text{ г воды.}$$

В целом расчет можно проводить по следующей общей формуле:

$$100 \cdot \frac{\frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{100 - \frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{H}_2\text{O})} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O};$$

$$100 \cdot \frac{\frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{100 - \frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot 9 \cdot M(\text{H}_2\text{O})} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \text{ в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}.$$

Результаты:

Температура, °C	20	50
Растворимость $\text{Ba}(\text{OH})_2$, г на 100 г воды	4.31	13.32
Растворимость $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, г на 100 г воды	8.24	27.63

3.

$$\omega(20^{\circ}\text{C}) = 4.31/104.31 = 0.0413;$$

$$\omega(50^{\circ}\text{C}) = 13.32/113.32 = 0.1175.$$

Для 100 г исходного раствора составим выражение для массовой доли $\text{Ba}(\text{OH})_2$:

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2)_{50} - \omega(\text{Ba}(\text{OH})_2)_X \cdot m}{100 - m} = \omega(20^{\circ}\text{C}) \quad \frac{11.75 - 0.543 \cdot m}{100 - m} = 0.0413;$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 15.19 \text{ г.}$$

Разбалловка:

За установление формулы X

7 б

За расчет растворимости $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (по 2 б)

8 б

За расчет массы выпавшего осадка

10 б

Итого 25 баллов

