

## Задание для самостоятельного решения по теме

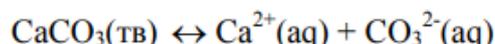
### «Гетерогенное равновесие»

Решение типовых задач

Задача 1. Вычислите массу карбоната кальция, находящуюся в 250 мл его насыщенного раствора.

Решение.

Карбонат кальция малорастворим и в насыщенном его растворе устанавливается равновесие:



Для разбавленного раствора карбоната кальция силами межмолекулярных взаимодействий можно пренебречь, коэффициенты активности ионов принять равными единице и активные концентрации заменить на молярные. Тогда при молярной растворимости  $\text{CaCO}_3$  равной  $s$  моль/л

$$s(\text{Ca}^{2+}) = s(\text{CO}_3^{2-}) = s(\text{CaCO}_3)$$

По определению  $K_s(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = s^2$

$$s(\text{CaCO}_3) = s = \sqrt{K_s(\text{CaCO}_3)} = \sqrt{3,3 \cdot 10^{-9}} = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Количество вещества карбоната кальция, содержащееся в растворе равно

$$n(\text{CaCO}_3) = s(\text{CaCO}_3) \cdot V(\text{р-р}),$$

а его масса

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = s(\text{CaCO}_3) \cdot V(\text{р-р}) \cdot M(\text{CaCO}_3) =$$

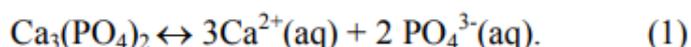
$$5,7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot 0,25 \text{ л} \cdot 100 \text{ г/моль} = 1,425 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

Задача 2. Рассчитайте константу растворимости фосфата кальция, если известно, что при комнатной температуре в 100 мл его насыщенного раствора содержится  $2,2 \cdot 10^{-5}$  г  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Решение.

Выведем соотношение между константой растворимости  $K_s$  и молярной растворимостью фосфата кальция  $s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ .

В рассматриваемой гетерогенной системе устанавливается равновесие:



Если молярная растворимость соли равна  $s$  моль/л, то концентрация ионов кальция равна  $3s$ , а фосфат-ионов  $2s$  моль/л.

$$K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = (3c)^3 \cdot (2c)^2 = 108c^5 \quad (3)$$

Рассчитаем молярную растворимость  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в насыщенном растворе:

$$c(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot V(\text{p-p})} = \frac{2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г}}{310 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л}} = 7,1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

Подставив найденное значение в (3), получим:

$$K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 108 \cdot (7,1 \cdot 10^{-7})^5 = 2 \cdot 10^{-29}$$

Ответ:  $K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 2 \cdot 10^{-29}$ .

Задача 3. Образуется ли осадок при смешении насыщенного раствора сульфата кальция с равным объемом раствора хлорида стронция с концентрацией 0,00001 моль/л?

Решение.

Термодинамическое условие образования осадка сульфата стронция:

$$c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) > K_s(\text{SrSO}_4)$$

Из выражения константы растворимости для сульфата кальция найдем концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$ :

$$K_s(\text{CaSO}_4) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = c^2,$$

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = \sqrt{K_s(\text{CaSO}_4)} = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-5}} = 0,005 \text{ моль/л}$$

При смешивании равных объемов концентрация каждого из растворов, а следовательно, и соответствующих ионов уменьшится в два раза.

Для прогнозирования направления протекания гетерогенного процесса рассчитаем произведение концентраций соответствующих ионов ( $P_c$ ) и сравним полученную величину с  $K_s(\text{SrSO}_4)$ .

$$P_c = \frac{c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{4} = \frac{0,00001 \cdot 0,005}{4} = 1,25 \cdot 10^{-8}$$

$$K_s(\text{SrSO}_4) = 3,2 \cdot 10^{-7}$$

Осадок не образуется, т.к.  $P_c < K_s$ ;  $1,25 \cdot 10^{-8} < 3,2 \cdot 10^{-7}$ .

Ак:  
Что  
"Па

### Задание для самостоятельной работы

1. Определите  $K_{sp}$  фторида магния, если его растворимость в воде равна 0,001 моль/л при некоторой температуре.
2. Определите, выпадет ли (да, нет) осадок иодида свинца (II) после сливания 100 мл 0,005М раствора нитрата свинца (II) и 200 мл 0,01М раствора иодида калия при 25°C.
3. Рассчитайте значение  $K_{sp}$ , если известна растворимость  $7,9 \cdot 10^{-5}$  (моль/л) вещества  $BiI_3$  в воде при некоторой температуре.
4. Рассчитайте значение  $K_{sp}$ , если известна растворимость  $5,6 \cdot 10^{-6}$  (моль/л) вещества  $Pb_3(PO_4)_2$  в воде при некоторой температуре.