

**ФИПИ, Типовые варианты экзаменационных заданий (2025)
30 вариантов, Ю.Н. Медведев**

Вариант 2, задача 34

К 64 г насыщенного раствора гидроксида натрия добавили 25.7 г фосфида цинка. После окончания реакции к образовавшемуся раствору прилили 137.2 г 50%-ного раствора серной кислоты. Вычислите массовую долю сульфата цинка в конечном растворе. В условиях, при которых были проведены реакции, растворимость гидроксида натрия составляет 100 г на 100 г воды, сульфата цинка - 57.7 г на 100 г воды, растворимость сульфата натрия - 28 г на 100 г воды.

Решение:

1. Рассмотрим первую реакцию взаимодействия NaOH и Zn₃P₂:

Для начала найдем массу NaOH в насыщенном растворе массой 64 г, растворимость которого составляет 100 г на 100 г воды. Один из способов – это посчитать массовую долю любого насыщенного раствора (так как она одинаковая для насыщенных растворов любой массы).

Представим, что у нас есть 100г соли и растворим ее в 100 г воды (тем самым и получим насыщенный раствор). В этом растворе массовая доля NaOH:

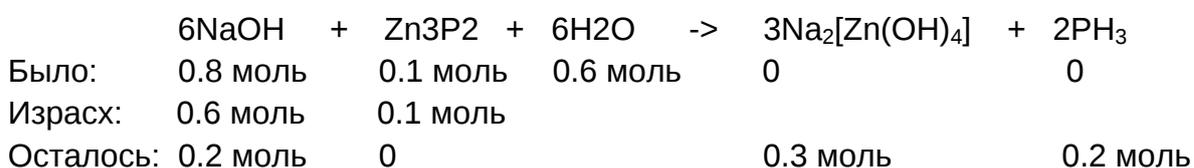
$$w(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / m(\text{р-ра NaOH}) = 100\text{г} / (100\text{г} + 100\text{г}) = 0.5 \text{ или } 50\%.$$

В нашем случае масса раствора 64 г с такой же массовой долей 50%. Следовательно, можем рассчитать массу самой щелочи:

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра NaOH}) * w(\text{NaOH}) = 64 * 0.5 = 32\text{г}.$$

$n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / M(\text{NaOH}) = 32 / 40 = 0.8$ моль. Т.е. в реакцию с фосфидом цинка вступает NaOH в количестве 0.8 моль.

Рассчитаем количество Zn₃P₂: $n(\text{Zn}_3\text{P}_2) = m(\text{Zn}_3\text{P}_2) / M(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 25.7 / 257 = 0.1$ моль.

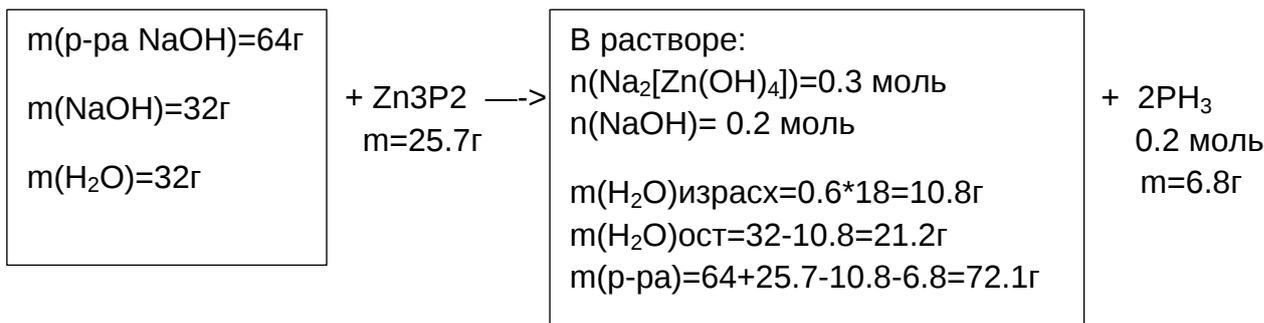


PH₃ – это газ, который улетит и не будет далее принимать участие в реакциях.

Вода, которая израсходовалась, в результате реакции:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n * M = 0.6 \text{ моль} * 18 (\text{г/моль}) = 10.8 \text{ г}.$$

В итоге, имеем раствор из NaOH (0.2 моль) и Na₂[Zn(OH)₄] (0.3 моль). Рассчитаем его массу, схематически первую реакцию можно изобразить так:



Масса итогового раствора:

$$m(\text{р-ра})=m(\text{NaOH})_{\text{исх}} + m(\text{Zn}_3\text{P}_2) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{израсх}} - m(\text{PH}_3)=64+25.7-10.8-6.8=72.1\text{г}.$$

2. Рассмотрим вторую реакцию с серной кислотой.

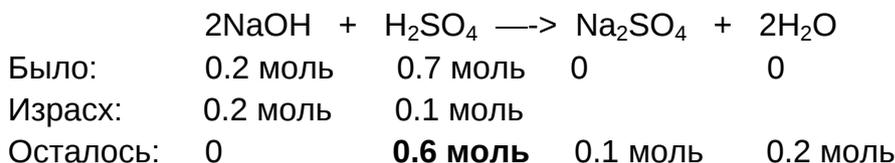
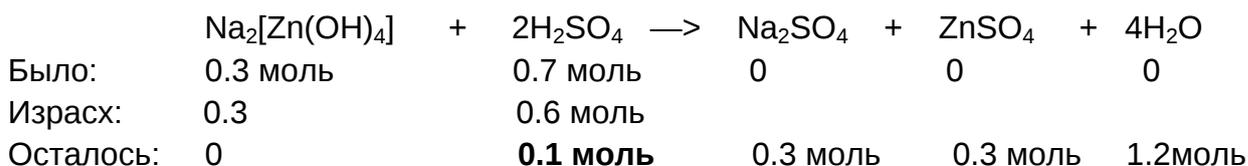
Находим по условию задачи:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)=137.2*0.5 = 68.6\text{г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)=68.6/98=0.7 \text{ моль}$$

Проверим, сколько серной кислоты нужно для реакции с $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, помня, что в растворе есть оставшийся NaOH (0.2 моль), который также может реагировать с H_2SO_4 .

По коэффициентам видим, что для реакции необходимо в 2 раза больше серной кислоты, чем $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, т.е. $0.3*2=0.6$ моль. По условию имеем 0.7 моль H_2SO_4 , т.е. она в избытке и 0.1 моль H_2SO_4 останется.



Видим, что для полного прохождения обеих реакций как раз и требуется 0.7 моль серной кислоты (**0.6 моль + 0.1 моль**). Т.е. она расходуется полностью.

В итоге образуются $0.3+0.1=0.4$ моль Na_2SO_4 , 0.3 моль ZnSO_4 и $1.2+0.2=1.4$ моль H_2O .

Изобразим реакцию с раствором H_2SO_4 схематически:

Раствор после первой реакции:

$$n(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0.3 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{израсх}} = 0.6 * 18 = 10.8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{ост}} = 32 - 10.8 = 21.2 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 64 + 25.7 - 10.8 - 6.8 = 72.1 \text{ г}$$

+

$$m(\text{р-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) = 137.2 \text{ г}$$

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50\%$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 137.2 * 0.5 = 68.6 \text{ г}$$

→

Итоговый раствор:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.4 \text{ моль}$$

$$(m = 0.4 * 142 = 56.8 \text{ г})$$

$$n(\text{ZnSO}_4) = 0.3 \text{ моль}$$

$$(m = 0.3 * 161 = 48.3 \text{ г})$$

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{образ}} = 1.2 + 0.2 = 1.4 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{образ}} = 1.4 * 18 = 25.2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{было}} = 21.2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{в } \text{H}_2\text{SO}_4} = 68.6 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{общая}} =$$

$$25.2 + 21.2 + 68.6 = 115 \text{ г}$$

Теперь нужно проверить может ли в данном количестве воды раствориться такое количество солей Na_2SO_4 и ZnSO_4 .

А) По условию задачи растворимость сульфата цинка составляет 57.7 г на 100 г воды, а у нас 115 г воды. Составляем пропорцию:

$$57.7 \text{ — } 100 \text{ г}$$

$$x \text{ — } 115 \text{ г}$$

$x = 57.7 * 115 / 100 = 66,4 \text{ г}$ – такое количество ZnSO_4 может раствориться в нашем количестве воды. Во второй реакции образовалось 48.3 г ZnSO_4 , это меньше, чем 66.4, поэтому эта соль растворится полностью.

Б) По условию задачи растворимость сульфата натрия составляет 28 г на 100 г воды, а у нас 115 г воды. Составляем пропорцию:

$$28 \text{ — } 100 \text{ г}$$

$$x \text{ — } 115 \text{ г}$$

$x = 28 \cdot 115 / 100 = 32.2$ г - – такое количество $ZnSO_4$ может раствориться в нашем количестве воды. Во второй реакции образовалось 56.8г Na_2SO_4 , а это больше, чем то количество соли, которое может раствориться в 115 г воды ($56.8 > 32.2$). Следовательно, часть соли выпадет в осадок, а именно $56.8 - 32.2 = 24.6$ г. В растворе останется 32.2 г Na_2SO_4 , т.е. раствор будет насыщенным.

В итоге при вычислении массы всего раствора нужно будет вычесть массу этого осадка:

$$m(\text{р-ра})_{\text{итог}} = m(Na_2SO_4)_{\text{в р-ре}} + m(ZnSO_4) + m(H_2O) = 32.2 + 48.3 + 115 = 195.5 \text{ г.}$$

Вычисляем массовую долю сульфата цинка:

$$w(ZnSO_4) = 48.3 / 195.5 = 0.247 \text{ или } 24.7\%.$$