

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

Вариант 4, задача 34

К 96 г насыщенного раствора гидроксида натрия растворили сплав, полученный при нагревании 8.1 г алюминия с 9.6 г серы. Вычислите массу выпавшего при этом осадка. Растворимость гидроксида натрия в условиях реакции составляет 100 г на 100 г воды, растворимость сульфида натрия 20.6 г на 100 г воды.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения и обозначения искомых физических величин).

Решение:

1) Рассмотрим сплав, полученный при нагревании алюминия и серы.

Количество алюминия: $n(\text{Al}) = 8.1\text{г}/27(\text{г/моль}) = 0.3$ моль.

Количество серы: $n(\text{S}) = 9.6\text{г}/32(\text{г/моль}) = 0.3$ моль.

Поймем, что в избытке, а что в недостатке. Для взаимодействия с 0.3 моль алюминия необходимо $n(\text{S}) = (3/2)*n(\text{Al}) = 0.45$ моль серы, а у нас есть только 0.3 моль серы. Таким образом, сера расходуется вся, а алюминий останется после реакции.

По коэффициентам находим, что для полной реакции с 0.3 моль серы необходимо $n(\text{Al}) = n(\text{S})*2/3 = 0.3*2/3 = 0.2$ моль.

Количество сульфида алюминия: $n(\text{Al}_2\text{S}_3) = n(\text{Al})$

	2Al	+	3S	\rightarrow	Al_2S_3
Было	0.3 моль		0.3 моль		
Израсх.	0.2 моль		0.3 моль		
Осталось	0.1 моль		-		0.1 моль

В итоге, после реакции имеем сплав 0.1 моль Al_2S_3 и 0.1 моль Al .

2) Рассмотрим дальнейшую реакцию с NaOH.

Имеем 96 г насыщенного раствора NaOH. Так как раствор насыщенный, можем посчитать концентрацию NaOH и, как следствие, массу самой щелочи и воды:

Для любого насыщенного раствора:

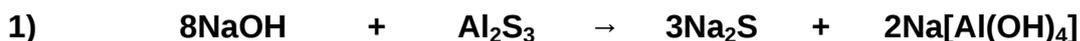
$w(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH в 100 г воды})/m(\text{всего р-ра}) = 100/(100+100) = 0.5$ или 50%.

В нашем растворе: $m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра})*w(\text{NaOH}) = 96*0.5 = 48$ г.

$n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/m(\text{NaOH}) = 48\text{г}/40(\text{г/моль}) = 1.2$ моль.

$m(\text{H}_2\text{O}) = 96-48 = 48$ г.

Запишем две реакции: взаимодействие Al и Al₂S₃ с NaOH:



Было: 1.2 моль 0.1 моль

Израсх:

Стало:

Видим, что для реакции с 0.1 моль Al₂S₃ необходимо в 8 раз большее количество щелочи:

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{Al}_2\text{S}_3) \cdot 8 = 0.8 \text{ моль.}$$



Было: 1.2 моль 0.1 моль - -

Израсх: **0.8 моль** 0.1 моль

Стало: 0.4 моль - 0.3 моль 0.2 моль



Было: 1.2 моль 0.1 моль 0.3 моль - -

Израсх: **0.1 моль** 0.1 моль

Стало: 1.1 моль - 0.1 моль 0.1 моль

В обеих реакциях щелочь находится в избытке.

$$n(\text{NaOH})_{\text{израсх}} = 0.8 + 0.1 = 0.9 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{ост}} = 1.2 \text{ моль} - 0.9 \text{ моль} = 0.3 \text{ моль.}$$

В итоге в растворе имеем: 0.3 моль NaOH, 0.3 моль Na₂S, (0.2 + 0.1 = 0.3 моль) Na[Al(OH)₄].

Так как в условии сказано, что выпадает осадок, но все имеющиеся соли растворимы, значит избыток Na₂S выпадает в осадок. Вычислим количество воды, которая осталась в растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})_{\text{исх}} - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{израсх}} = 48 \text{ г} - 0.3 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 48 - 5.4 = 42.6 \text{ г.}$$

По условию задачи в 100 г воды может раствориться 20.6 г Na₂S. Составим пропорцию, чтобы найти сколько грамм Na₂S может раствориться в 42.6 г воды:

20.6 г — в 100 г воды

x — в 42.6 г воды

$$x = 100 \cdot 42.6 / 100 = 8.8 \text{ г.}$$

В нашем количестве воды может раствориться только 8.8 г Na₂S, а всего по реакции получено 0.3 моль * 78 (г/моль) = 23.4 г.

Значит 23.4 - 8.8 = 14.6 г соли Na₂S выпадет в осадок.