

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

Вариант 3, задача 34

В смеси оксида и пероксида натрия соотношение числа атомов кислорода к числу атомов натрия равно 2:3. Данную смесь нагрели в избытке углекислого газа. Образовавшееся при этом вещество растворили в воде и получили 600г раствора. К этому раствору добавили 229.6г раствора бромида железа (III). После завершения реакции масса раствора составила 795 г, а массовая доля карбоната натрия в нем составляла 4%. Вычислите массу исходной смеси оксида и пероксида натрия.

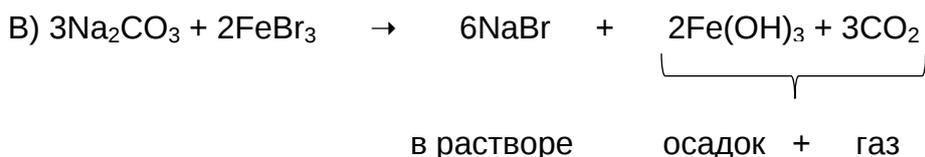
В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

Решение:

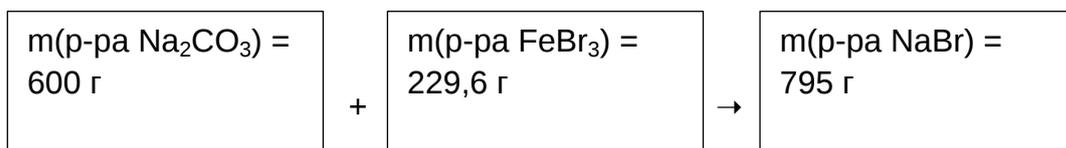
1) Запишем реакции и схемы всех процессов из задачи.



Если в растворе одновременно находятся соль сильного основания и слабой кислоты (например, Na_2CO_3) и соль слабого основания и сильной кислоты (например, FeBr_3), то происходит взаимное усиление гидролиза. В результате происходит образование нерастворимого основания и слабой кислоты (угольная кислота распадается с выделением CO_2):



Изобразим последнюю реакцию схематически:



2) Вычислим общее количество осадка и газа:

Если мы вычтем из массы двух исходных растворов массу итогового, то получим суммарную массу осадка и газа:

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CO}_2) = (600 + 229,6) - 795 = 34,6 \text{ г.}$$

3) Вычислим общее количество Na_2CO_3 :

Так как нам известна суммарная масса, а не масса каждого из веществ, необходимо что-то обозначить за x . Например, обозначим количество CO_2 за x .

По коэффициентам видим, что количество $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в 2 раза больше и в 3 раза меньше (т.к. коэффициент перед CO_2 равен 3), т.е.

$$\begin{aligned}n(\text{CO}_2) &= x \text{ моль}; & m(\text{CO}_2) &= n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = x \cdot 44 \text{ г.} \\n(\text{Fe}(\text{OH})_3) &= 2 \cdot x / 3; & m(\text{Fe}(\text{OH})_3) &= n(\text{Fe}(\text{OH})_3) \cdot M(\text{Fe}(\text{OH})_3) = (2 \cdot x / 3) \cdot 197 \text{ г.}\end{aligned}$$

Составим уравнение суммарной массы (осадка и газа):

$$x \cdot 44 + (2 \cdot x / 3) \cdot 197 = 34.6 \text{ г.}$$

Решив это уравнение, находим, что $x = 0.3$ моль.

Согласно коэффициентам в уравнении В), количество прореагировавшего Na_2CO_3 равно количеству образовавшегося CO_2 , т.е.

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{прореаг}} = 0.3 \text{ моль.}$$

На следующем шаге найдем то количество Na_2CO_3 , который не прореагировал и остался в растворе (по условию 4%):

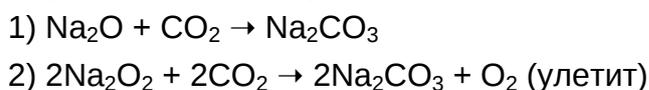
$$\begin{aligned}m(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{ост}} &= m(\text{итогового р-ра}) \cdot w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 795 \cdot 0.04 = 31.8 \text{ г.} \\n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{ост}} &= m(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{ост}} / M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 31.8 \text{ г} / 106 \text{ (г/моль)} = 0.3 \text{ моль.}\end{aligned}$$

Суммарное количество исходного Na_2CO_3 :

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{всего}} = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{прореаг}} + n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{ост}} = 0.3 + 0.3 = 0.6 \text{ моль.}$$

3) Вычислим общее количество смеси оксида и пероксида натрия:

Вернемся к двум первым реакциям:



Тут необходимо заметить, что (так как коэффициенты равны) общее количество Na_2CO_3 равно общему количеству CO_2 и равно общему количеству Na_2O и Na_2O_2 :

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{Na}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_2) = 0.6 \text{ моль.}$$

Снова имеем суммарное количество веществ, а не количества веществ для каждой реакции. Следовательно, необходимо что-то обозначить за y (или любую другую букву, x мы уже использовали).

Пусть $n(\text{Na}_2\text{O}) = y$.

$$\text{Следовательно, } n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0.6 - n(\text{Na}_2\text{O}) = 0.6 - y.$$

4) Рассчитаем суммарное количество атомов натрия:

Так как и в оксиде натрия и в пероксиде натрия содержится по 2 атома натрия, то можно сделать вывод, что общее количество атомов натрия в Na_2O и Na_2O_2 в 2 раза больше количества самих молекул Na_2O и Na_2O_2 :

$$n(\text{атомов Na})_{\text{смесь}} = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_2) = 2 \cdot 0.6 = 1.2 \text{ моль.}$$

5) Рассчитаем суммарное количество атомов кислорода:

Наглядно изобразим смесь оксида и пероксида:

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{O} \quad \text{и} \quad \text{Na}_2\text{O}_2 \\ n = y \text{ моль} \quad n = (0.6 - y) \text{ моль} \end{array}$$

В случае Na_2O количество молекул оксида равно количеству атомов кислорода, т.е. $n(\text{O в Na}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{O}) = y$ моль.

В случае Na_2O_2 количество атомов кислорода в 2 раза больше количества всех молекул Na_2O_2 , т.е. $n(\text{O в Na}_2\text{O}_2) = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 2 \cdot (0.6 - y) = 1.2 - 2y$.

Таким образом общее количество атомов O в оксиде и пероксиде:
 $n(\text{атомов O})_{\text{общее}} = y + (1.2 - 2y) = 1.2 - y$.

6) Рассчитаем количества оксида и пероксида натрия:

По условию задачи $n(\text{атомов O})/n(\text{атомов Na}) = 2/3$, подставляем:

$$(1.2 - y) / 1.2 = 2/3$$

Решая это уравнение, получим $y = 0.4$ моль.

Вспоминаем, что $n(\text{Na}_2\text{O}) = y$, $n(\text{Na}_2\text{O}) = 0.4$ моль.

Теперь легко найти $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0.6 - 0.4 = 0.2$ моль.

7) Рассчитаем массы оксида и пероксида натрия и их сумму:

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 0.4 \text{ моль} \cdot 62 (\text{г/моль}) = 24.8 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0.2 \text{ моль} \cdot 78 (\text{г/моль}) = 15.6 \text{ г}$$

Общая масса: $m(\text{Na}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_2) = 24.8 + 15.6 = 40.4 \text{ г.}$