

### Задача №1

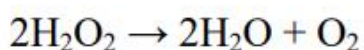
Темные с фиолетово-красным оттенком кристаллы **А** массой 57,54 г нагрели (*реакция 1*), при этом потеря массы составила 21,00 г. При добавлении разбавленного раствора гидроксида калия к раствору, содержащему такую же массу **А**, образуется вещество **Б**, и выделяется бесцветный газ **В** (*реакция 2*), окраска раствора при этом не меняется. Подкисленные серной кислотой растворы веществ **А** и **Б** обесцвечиваются пероксидом водорода, что сопровождается выделением газа **Г** (*реакции 3 и 4*). Из продуктов термического разложения вещества **Б** (*реакция 5*), полученного из 57,54 г **А**, выделили нерастворимое в воде вещество **Д** массой 18,27 г и внесли его на продолжительное время в 1 л 4 % раствора пероксида водорода (плотность 1,013 г/см<sup>3</sup>). Масса первоначально полученной при этом смеси изменилась на 19,04 г (*реакция 6*). Если внести такую же массу вещества **Д** в 5 л 4 % раствора пероксида водорода, то изменение массы смеси составит 95,2 г.

Определите вещества **А-Д**, напишите уравнения реакций № 1-6, приведите необходимые расчеты и рассуждения. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел.

---

### Решение:

- 1) Так как масса смеси, полученной при смешении раствора пероксида водорода и нерастворившегося вещества, меняется, то, видимо, выделяется газ, и масса этой смеси уменьшается. Газ, скорее всего, является кислородом. Проверим это. Разложение пероксида водорода протекает в соответствии с реакцией:



Количество вещества кислорода, выделяющегося в первом случае, равно:

$$n(\text{O}_2) = 19,04 \text{ г} : 32 \text{ г/моль} = 0,595 \text{ моль}$$

Масса и количество вещества пероксида водорода, содержащегося в 1 л растворе:

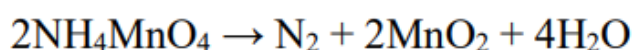
$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = 1000 \text{ мл} \cdot 1,013 \text{ г/мл} \cdot 0,04 \approx 40,52 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 40,52 \text{ г} : 34 \text{ г/моль} \approx 1,19 \text{ моль}$$

Количество вещества кислорода в два раза меньше количества пероксида водорода, следовательно, наша догадка, что происходит разложение пероксида водорода с выделением кислорода верна. Заметим также, что перекись разложилась полностью.

Массы выделяющегося газа отличаются в 5 раз ( $95,2 : 19,04 = 5 : 1$ ) для двух разных объёмов раствора перекиси, также отличающихся в 5 раз. Это наводит на мысль о том, что количество кислорода не зависит от количества внесённого нерастворимого вещества, т.е. оно является катализатором.

- 2) Так как пероксид водорода разлагается в присутствии в том числе диоксида марганца, и с учетом других данных (темный цвет **A**, выделение газа **Г** при взаимодействии пероксида водорода с подкисленными растворами **A** и **Б**, разложение **A** и **Б** при нагревании), то можно сделать вывод, что в задаче идёт речь о веществах, содержащих перманганат-анион. Тогда газ **Г** – это кислород.
- 3) Если выделяется бесцветный газ **В** при добавлении к **A** едкого кали, то разумно предположить, что этим газом является аммиак, тогда **A** – это перманганат аммония  $\text{NH}_4\text{MnO}_4$ . Проверим это с помощью расчета. При нагревании перманганата аммония образуются азот, диоксид марганца и вода:



Количества веществ перманганата аммония и диоксида марганца равны:

$$n(\text{NH}_4\text{MnO}_4) = 57,54 \text{ г} : 137 \text{ г/моль} = 0,42 \text{ моль}$$

$$n(\text{MnO}_2) = n(\text{NH}_4\text{MnO}_4) = 0,42 \text{ моль}$$

Тогда масса диоксида марганца равна:

$$m(\text{MnO}_2) = 0,42 \text{ моль} \cdot 87 \text{ г/моль} = 36,54 \text{ г}$$

Разница масс перманганата аммония и диоксида марганца равна:

$$m(\text{NH}_4\text{MnO}_4) - m(\text{MnO}_2) = 57,54 \text{ г} - 36,54 \text{ г} = 21,00 \text{ г}$$

Это соответствует условию задачи, значит, наше предположение, что **A** – перманганат аммония верно. Тогда **Б** – перманганат калия.

- 4) Реакции, упоминаемые в тексте задачи:

- 1)  $2\text{NH}_4\text{MnO}_4 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{NH}_4\text{MnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{NH}_4\text{MnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$
- 6)  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

5) Зашифрованные вещества:

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>
$\text{NH}_4\text{MnO}_4$	$\text{KMnO}_4$	$\text{NH}_3$	$\text{O}_2$	$\text{MnO}_2$

*Критерии оценивания:*

- догадка о том, что в реакции 6 выделяется кислород – 2 балла
- подтверждающий это расчет – 2 балла
- догадка о катализе – 2 балла
- расчет, подтверждающий, что А – перманганат аммония – 2 балла
- вещества А, Б, В, Г, Д – по 1 баллу, суммарно – 5 баллов
- реакции 1,2,5,6 – по 1,5 балла, суммарно – 6 баллов
- реакции 3,4 – по 0,5 балла, суммарно – 1 балл

*Итого за задачу – 20 баллов*