

Задача №5

Неустойчивое вещество **A** красно-оранжевого цвета образуется при пропускании газа **B** через жидкое вещество **C**. При разложении 4,62 г **A** образуется 2,8 г удобрения **D** и 1,26 г воды, а также выделяется газ **E**, других продуктов не образуется (*реакция 1*). Вещество **D** (массовые доли входящих в состав элементов относятся как 1 : 7 : 12) при дальнейшем нагревании разлагается на газ **G** и воду (*реакция 2*). Ещё про вещество **D** известно, что оно способно реагировать с раствором вещества **J** (*реакция 3*), при этом выделяется **C** в газообразном состоянии. Вещество **J** образуется вместе с **E** при гидролизе (*реакция 4*) бинарного соединения **H** (массовая доля одного из элементов равна 55,17%), в состав веществ **A** и **H** входит одинаковый анион.

Бинарное соединение **H** и газ **E** образуются при взаимодействии **B** и твердого **I** (*реакция 5*), которое применяется для регенерации воздуха (*реакция 6*). Газы **B**, **E**, **G** бесцветны и поддерживают горение, наименьшей молекулярной массой среди них обладает **E**.

- 1) Определите все упомянутые в задаче вещества. Приведите необходимые расчеты.
- 2) Напишите уравнения реакций, упоминаемых в задаче.
- 3) Каков цвет вещества **H**? Обоснуйте свой ответ.

Решение:

- 1) Бесцветные газы, поддерживающие горение – O_2 , O_3 , N_2O . Наименьшее значение молекулярной массы среди них у кислорода, следовательно, вещество **E** – кислород O_2 .
- 2) Удобрением **D**, при разложении которого образуется газ, поддерживающий горение, является нитрат аммония NH_4NO_3 , что можно проверить расчетом массовых долей ($\omega(H) = 5,00\%$; $\omega(N) = 35,00\%$; $\omega(O) = 60,00\%$; если поделить эти доли на пять, то получится указанное в задаче соотношение). Следовательно, газ **G** – N_2O . Оставшийся газ **B** – озон O_3 .
- 3) В ходе **реакции 1** образуется кислород (**E**). Можно найти его массу:

$$m(O_2) = m(A) - m(NH_4NO_3) - m(H_2O) = 4,62 - 2,8 - 1,26 = 0,56 \text{ (г)}$$

Теперь можно найти количества веществ продуктов разложения вещества **A**:

$$n(NH_4NO_3) = 2,8 \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,035 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = 1,26 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(O_2) = 0,56 \text{ г} : 32 \text{ г/моль} = 0,0175 \text{ моль}$$

Можно найти количества веществ атомов водорода, кислорода и азота, входящих в состав вещества **A**:

$$n(\text{H}) = 4 \cdot 0,035 \text{ моль} + 2 \cdot 0,07 \text{ моль} = 0,28 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}) = 3 \cdot 0,035 \text{ моль} + 1 \cdot 0,07 \text{ моль} + 2 \cdot 0,0175 \text{ моль} = 0,21 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}) = 2 \cdot 0,035 \text{ моль} = 0,07 \text{ моль}$$

- 4) Количества веществ атомов водорода, кислорода и азота относятся как $0,28 : 0,21 : 0,07 = 4 : 3 : 1$. Следовательно, простейшая формула вещества

A – NH_4O_3 . С учетом того, что строение вещества ионное, и вещество неустойчиво, можно сделать вывод, что **A** – озонид аммония.

- 5) В состав вещества **H** входит озонид-анион. Рассмотрим два варианта, когда указанная массовая доля (55,17%) является массовой долей кислорода, или другого элемента. Скорее всего это озонид какого-то металла, обозначим его $\text{Me}(\text{O}_3)_x$, где x – валентность металла. Сначала проверим вариант, когда массовая доля кислорода равна 55,17%.

x	$\omega(\text{O})$	$M(\text{Me}(\text{O}_3)_x)$	$M(\text{Me})$	Me
1	55,17%	$48 : 0,5517 = 87$	$87 - 48 = 39$	K
2		$96 : 0,5517 = 174$	$174 - 96 = 78$	—
3		$144 : 0,5517 = 261$	$261 - 144 = 117$	—

Теперь рассмотрим случай, когда массовая доля металла равна 55,17%. Массовая доля кислорода тогда составляет $(100\% - 55,17\% = 44,83\%)$.

x	$\omega(\text{O})$	$M(\text{Me}(\text{O}_3)_x)$	$M(\text{Me})$	Me
1	44,83%	$48 : 0,4483 = 107$	$107 - 48 = 59$	—
2		$96 : 0,4483 = 214$	$214 - 96 = 118$	—
3		$144 : 0,4483 = 321$	$321 - 144 = 177$	—

Таким образом, вещество **Н** – озонид калия KO_3 .

- 6) При гидролизе озонида калия образуются кислород (**Е**) и гидроксид калия (**Ж**). Гидроксид калия вытесняет из раствора аммиак (**С**) при взаимодействии с нитратом аммония (**Д**). Так как **И** применяется для регенерации воздуха, и из него можно получить озонид калия, то можно сделать вывод, что **И** – надпероксид калия KO_2 .

Итого, все вещества:

А	В	С	Д	Е	Г	Ж	Н	И
NH_4O_3	O_3	NH_3	NH_4NO_3	O_2	N_2O	KOH	KO_3	KO_2

7) Упомянутые в тексте задачи реакции:

- $4\text{NH}_4\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$
- $4\text{KO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{KOH} + 5\text{O}_2$
- $\text{KO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{KO}_3 + \text{O}_2$
- $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$

- 8) Озонид калия KO_3 (**Н**) так же, как и озонид аммония будет иметь красно-оранжевую окраску за счет наличия озонид-аниона, катионы калия не влияют на окраску твердых солей и их растворов.

Система оценивания:

- 1) Каждое вещество – по 1 баллу (всего 9 баллов).
- 2) Расчеты, требуемые для определения формул веществ **А** и **Н**, - по 1 баллу (всего 2 балла).
- 3) Реакции №2-5 – по 1 баллу, реакции №1 и №6 – по 2 балла (всего 8 баллов).
- 4) Правильно названная окраска вещества **Н** при условии наличия объяснения – 1 балл.

Итого: 20 баллов

Примечание. Задача может быть решена другими рациональными способами.

