

6 тур. Химия

Автор: Иван Костиков

Условие

Элемент **Y** получил название в честь скандинавской богини любви и красоты образует большое количество ярко окрашенных соединений. Исходным веществом для их получения является красно-оранжевый оксид **Y₁**, массовая доля кислорода в котором составляет 43,98%. При его растворении в натриевой щёлочи образуется бесцветный раствор **Y₂** (реакция 1), в котором содержится 18,85% натрия по массе.

Пропускание сернистого газа через подкисленный раствор **Y₂** приводит к получению синего **Y₃** (реакция 2), содержащего 31,25% **Y** по массе. Если аккуратно добавить к полученному раствору натриевую щелочь, то выпадает коричневый осадок **Y₄** (реакция 3).

Если к **Y₂** добавить гидразин в серной кислоте, то получится зеленое вещество **Y₅** (реакция 4), содержащие уже 26,12% **Y**, из которого под действием натриевой щелочи выпадает осадок болотного цвета **Y₆** (реакция 5).

Добавление амальгамы натрия к **Y₂** в присутствии серной кислоты приводит к фиолетовому **Y₇** (реакция 6), содержащему 34,65% **Y**, из которого можно осадить серо-коричневое вещество **Y₈** (реакция 7) действием натриевой щелочи.

Известно, что реакции 2, 4 и 6 являются окислительно-восстановительными, а процессы 3, 5 и 7 представляют собой классические реакции ионного обмена.

Вопросы и задания:

1. Установите элемент **Y**. Приведите имя скандинавской богини, в честь которой он был назван.
2. Определите формулы соединений **Y₁–Y₈**.
3. Напишите уравнения реакций 1 – 7.



Ответы и критерии

Исходя из массовой доли кислорода в оксиде Y_1 , установим формулу самого оксида. Предположим, что его простейшая формула Y_2O_n :

$$M(Y_2O_n) = \frac{16,00 \cdot n}{0,4398} = 36,38 \cdot n \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M(Y) = \frac{M(Y_2O_n) - n \cdot M(O)}{2} = \frac{36,38n - 16,00n}{2} = 10,19 \cdot n \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

n	M(Y)	Y
1	10,19	-
2	20,38	Ne?
3	30,57	P?
4	40,76	-
5	50,95	V

Значит, элемент **Y** – ванадий, названный в честь скандинавской богини красоты Фрейи, или Ванадис, а Y_1 – V_2O_5 .

Рассчитаем молярные массы остальных веществ:

$$M(Y_2) = \frac{22,99 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,1885} = 122 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Логично предположить, что при взаимодействии гидроксида натрия с оксидом ванадия (V) образуется ванадат натрия. Аналогия с нитратом или фосфатом позволяет сделать предположение о формуле $NaVO_3$ или Na_3VO_4 . Однако рассчитанной выше молярной массе соответствует Y_2 – $NaVO_3$.

$$M(Y_3) = \frac{50,94 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,3125} = 163 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Использование диоксида серы, являющегося слабым восстановителем, вероятно, позволяет получить соединение ванадия в степени окисления +4. После вычета молярной массы ванадия на остаток приходится 112 г/моль, что



соответствует 7 атомам кислорода или 1 атому кислорода и сульфат-иону. Второму варианту соответствует сульфат ванадила Y_3 - $VOSO_4$.

$$M(Y_5) = \frac{50,94 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,2612} = 195 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Использование гидразина в кислой среде, являющегося восстановителем средней силы, приводит к сульфату трёхвалентного ванадия Y_5 - $V_2(SO_4)_3$, что соответствует приведённой выше молярной массе (в пересчёте на 1 атом ванадия).

$$M(Y_7) = \frac{50,94 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,3465} = 147 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Использование амальгамы натрия, являющейся очень сильным восстановителем, позволяет перевести ванадий в степень окисления +2, тогда Y_7 - VSO_4 .

Вещества Y_4 , Y_6 и Y_8 образующиеся при действии натриевой щёлочи на растворы соответствующих солей, представляют собой гидроксиды Y_4 - $VO(OH)_2$, Y_6 - $V(OH)_3$, Y_8 - $V(OH)_2$.

Исходя из полученных веществ, а также информации о том, что процессы 3, 5 и 7 представляют собой реакции ионного обмена, запишем уравнения реакций 1-7:

- 1) $V_2O_5 + 2NaOH = 2NaVO_3 + H_2O$
- 2) $2NaVO_3 + SO_2 + 2H_2SO_4 = 2VOSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O$
- 3) $VOSO_4 + 2NaOH = VO(OH)_2 + Na_2SO_4$
- 4) $2NaVO_3 + N_2H_4 + 4H_2SO_4 = V_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + N_2 + 6H_2O$
- 5) $V_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2V(OH)_3 + 3Na_2SO_4$
- 6) $NaVO_3 + 3Na(Hg) + 3H_2SO_4 = VSO_4 + 2Na_2SO_4 + 3H_2O$
- 7) $VSO_4 + 2NaOH = V(OH)_2 + Na_2SO_4$

Критерии оценивания	
1. Установление элемента Y	1 балл
Имя богини	1 балл





2. Определение формул веществ $Y_1 - Y_8$	по 1 баллу
3. Уравнения реакций 1, 3, 5, 7 Уравнения реакций 2, 4, 6	по 1 баллу по 2 балла
Итого	20 баллов

1)

