

Задача 9-4

С твердым бинарным веществом **X** коричневого цвета провели ряд опытов, заключающихся в нагревании его в токе различных газов. Опыты сведены в таблицу с изменением массы полученного твёрдого остатка и наблюдениями.

№ опыта	условия	изменение массы, %	цвет продукта
	Ar, 1000°C	0	черный
	Cl ₂ , 800°C	–31.8	белый*
	H ₂ O, 500°C	+36.4	белый
	NH ₃ , 800°C	+6.1	серый**
	O ₂ , 800°C	?	белый
	H ₂ , 400°C	0	без изменений
	SO ₃ , 700°C	+36.4	белый

* в холодной части прибора сконденсировалась бесцветная жидкость **Y**, дымящая на воздухе

** в холодной части прибора сконденсировалась бесцветная жидкость

При взаимодействии **Y** с SO₃ при 300°C образуется бесцветная жидкость **р-ция 8**), наименее летучий компонент **Z** которой содержит 5.61% кислорода по массе. Вещество **X** взаимодействует с раствором гидроксида натрия **р-ция 9**) и раствором азотной кислоты (**р-ция 10**).

Вопросы:

1. Предложите, как изменится масса навески в **5** опыте. Ответ обоснуйте.
2. Определите неизвестные вещества (**X**, **Y**, **Z**), ответ подтвердите расчетом.
3. Запишите уравнения реакций, протекающих в описанных опытах. Образование продуктов обоснуйте, подтвердите расчётом.
4. Запишите уравнения реакций **8 - 10**.

Решение задачи 9-4

1. Анализируя таблицу, можно заметить, что в результате опытов 2, 3, 5 и 7 получился белый продукт. Можно предположить, что в 7 опыте происходит присоединение кислорода, т.к. при 700°C SO_3 разлагается. Таким образом, масса навески в 5 опыте увеличится на 36.4%

2. Летучее вещество Y , образующееся при обработке X хлором вероятно ковалентный галогенид, который при реакции с SO_3 превратится в вещество, состоящее из кислорода, хлора и неизвестного элемента Э . Запишем формулу вещества как $\text{Э}^n_x\text{OCl}_y$ где $n > 2$. Тогда можно составить два уравнения, первое исходя из валентности, а второе – из массовой доли кислорода:

$$\begin{cases} n \cdot x = 2 + y \\ M_{\text{Э}} \cdot x + 35.5 \cdot y = 269 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = n \cdot x - 2 \\ M_{\text{Э}} \cdot x + 35.5 \cdot y = 269 \end{cases}$$

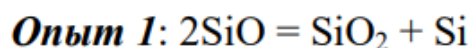
$$M_{\text{Э}} = (340 - 35.5 \cdot n \cdot x) / x = 340/x - 35.5 \cdot n$$

Перебором x и n можно найти состав соединения как $\text{Э}^n_x\text{OCl}_y$ и элемент Э :

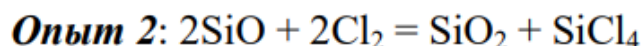
$\begin{matrix} x \\ n \end{matrix}$	1	2	3
2	269.0	99.0	42.3
3	233.5	63.5	6.8
4	198.0	28.0 (Si)	-28.7
5	162.5	-7.5	-64.2
6	127.0 (Te)	-43.0	-99.7

При взаимодействии с парами воды и SO_3 масса меняется на одну и ту же величину, что может быть связано с присоединением кислорода. При взаимодействии с кислородом возможно изменение степени окисления на Δn или больше, что соответствует изменению молярной массы на $\sim \Delta n \cdot 8 \text{ г/моль}$. Тогда $\frac{\Delta n \cdot 8}{M_{\text{X}}} = 0,364$, следовательно $\Delta n \cdot 22 = M_{\text{X}}$. Это позволяет проверить варианты, полученные в предыдущем расчёте. При $\Delta n = 2$ $\text{X} = \text{SiO}$, $\text{Y} = \text{SiCl}_4$, $\text{Z} = \text{Si}_2\text{OCl}_6$

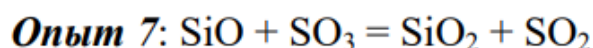
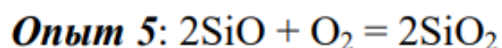
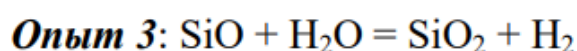
3. Степень окисления +2 для кремния нестабильна и при нагревании монооксид диспропорционирует при нагревании:



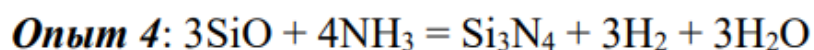
При взаимодействии хлора с монооксидом кремния должно происходить окисление. Вычислим потерю массы в г/моль: $44 \cdot 0,318 = 14 = \frac{1}{2} M(\text{Si})$, что соответствует образованию SiO_2 и удалению кремния в виде SiCl_4 .



При взаимодействии с парами воды, кислородом и SO_3 образуется диоксид кремния, а второй реагент при этом восстанавливается:

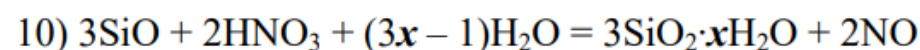
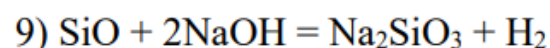
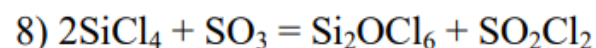


При взаимодействии с аммиаком происходит небольшое изменение молярной массы $M = 44 \cdot 1,061 \cdot n = 46,684 \cdot n$, где n – число атомов кремния на формульную единицу. Для $n = 3$ $M = 140$ г/моль, что соответствует Si_3N_4 :



При нагревании SiO в атмосфере водорода не происходит восстановление (это привело бы к потере массы), диспропорционирование также не наблюдается, т.к. это должно было бы привести к изменению цвета. Таким образом в **Опыте 6** никаких реакций не протекает.

4. Уравнения реакций:



Система оценивания:

1	Обоснованный ответ об изменении массы навески в 5 опыте	2 балла
2	Вещества X,Y,Z по 2 балла	6 баллов
3	Реакции в опытах 1-5 и 7 по 1 баллу	6 баллов
4	Реакции 8 – 10 по 2 балла	6 баллов
		ИТОГО: 20 баллов

