

### Задача:

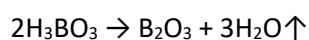
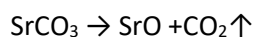
В настоящее время для технологического развития большой интерес представляют новые магнитные материалы, в частности магнитные жидкости. Получение стабильной жидкости, в которой диспергированы магнитные частицы, расширяет спектр применения магнитного материала, позволяя получать покрытия из частиц; также сами магнитные жидкости обладают рядом применений, которыми не обладает объёмный материал (биомедицинские, оптические и другие). Одним из наиболее перспективных материалов, способным образовывать стабильные коллоидные растворы, является **X**. Обычно **X** получают при помощи стеклокерамического метода: смесь прекурсоров ( $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) в стехиометрических соотношениях, соответствующих составу стекла, смешивают, после чего подвергают высокотемпературному плавлению и быстрой закалке для получения стекла. Затем стекло отжигают для кристаллизации соответствующего вещества. Частицы **X** выделяют растворением боратной матрицы в растворе соляной кислоты. После последней отмывки частицы заливают дистиллированной водой, таким образом, получая коллоидный раствор.

### Вопросы:

1. Рассчитайте состав стекла, если для его получения взяли 134.68 г  $\text{SrCO}_3$ , 67.2 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 52.08 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .
2. Рассчитайте формулу **X**, если после отмывки частицы взвесили и оказалось, что образец потерял 61.05% от изначальной массы, а элементный анализ показал, что в продукте содержится 8.27% стронция и 63.158% железа по массе.
3. К чему может привести чрезмерная отмывка соляной кислотой вещества **X**?
4. Одним из способов изменения магнитных свойств вещества является замещение атомов, входящих в его состав. Обычно на замену идут атомы, имеющие схожий заряд, чтобы не сильно менять кристаллическую структуру. Например, при добавлении к стандартным прекурсорам  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при помощи стеклокерамического синтеза с изменёнными условиями возможно получить вещество **Y**, которое представляет из себя **X**, но с замещением некоторых атомов железа на атомы алюминия. Рассчитайте состав **Y**, если известно, что массовая доля алюминия в данном соединении равна 1,523%.
5. Предположите, зачем нужна такая сложная методика с использованием боратного стекла. Почему нельзя просто сплавить прекурсоры без борной кислоты, измельчить полученный сплав и залить водой?

### Решение:

1. Для начала необходимо записать уравнения реакций разложения прекурсоров при высокотемпературном плавлении. Разложению подвергается карбонат стронция и борная кислота:



В смеси остаются лишь оксиды стронция, железа и бора. Нам даны массы прекурсоров, взятые в стехиометрических соотношениях. Рассчитаем количество каждого оксида:

$$n(\text{SrO}) = n(\text{SrCO}_3) = m/M = 134,68 \text{ г}/148 \text{ г/моль} = 0,91 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m/M = 67,2 \text{ г}/160 \text{ г/моль} = 0,42 \text{ моль}$$

$$n(\text{B}_2\text{O}_3) = n(\text{H}_3\text{BO}_3)/2 = m/2M = 52,08/2 \cdot 62 \text{ г/моль} = 0,42 \text{ моль}$$

$$n(\text{SrO}) : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) : n(\text{B}_2\text{O}_3) = 0,91 : 0,42 : 0,42 = 13 : 6 : 6$$

Значит, состав стекла можно записать, как  $13\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3$

$$2. \text{ } M(\text{стекло}) = 2732 \text{ г/моль} \text{ Тогда } M(X) = M(\text{стекло}) \cdot (1 - 0,6105) = 2732 \text{ г/моль} \cdot 0,3895 \cong 1064 \text{ г/моль}$$

$$\text{Значит, } m(\text{Sr}) = M(X) \cdot \omega(\text{Sr}) = 1064 \text{ г/моль} \cdot 0,0827 = 88 \text{ г/моль} = \text{Sr}$$

$$m(\text{Fe}) = M(X) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1064 \text{ г/моль} \cdot 0,63158 = 672 \text{ г/моль} = 12\text{Fe}.$$

Предположительно оставшиеся атомы – это атомы кислорода  $m(\text{O}) = M(X) - m(\text{Sr}) - m(\text{Fe}) = 1064 \text{ г/моль} - 88 \text{ г/моль} - 672 \text{ г/моль} = 304 \text{ г/моль} = 19\text{O}$ .

Таким образом,  $X - \text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ , гексаферрит стронция ( $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

3. Если мы переусердствуем с отмывкой гексаферрита соляной кислотой, может раствориться наше целевое вещество:  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19} + 38\text{HCl} \rightarrow \text{SrCl}_2 + 12\text{FeCl}_3 + 19\text{H}_2\text{O}$

4. Запишем формулу  $Y$ , как  $\text{SrFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ , тогда:

$$\omega(\text{Al}) = x \cdot M(\text{Al}) / (M(\text{Sr}) + (12 - x) \cdot M(\text{Fe}) + x \cdot M(\text{Al}) + 19 \cdot M(\text{O})) = x \cdot 27 \text{ г/моль} / (88 \text{ г/моль} + (12 - x) \cdot 56 \text{ г/моль} + x \cdot 27 \text{ г/моль} + 19 \cdot 16 \text{ г/моль}) = 0,01523$$

Решая данное уравнение, получаем, что  $x \cong 0,6$ . Значит  $Y - \text{SrFe}_{11,4}\text{Al}_{0,6}\text{O}_{19}$ .

5. Данная сложная методика необходима для получения изолированных частиц высокого структурного качества. При использовании иных способов синтеза частицы мы не можем так тонко контролировать условия получения частиц. Также в других методиках чаще всего частицы слипаются в крупные агрегаты и не сохраняют коллоидную стабильность.