

**Задача 3.** Химические свойства «сладкого» металла **X** известны практически каждому из нас. Будучи амфотерным, он легко растворяется как в соляной кислоте с образованием бесцветного раствора соли **A** (реакция 1), так и в водном растворе гидроксида натрия (реакция 2). Основным продуктом данной реакции является комплексное соединение **B**, в котором атом **X** окружён 4 гидроксильными группами. Несмотря на относительно высокую химическую активность простого вещества, оно практически не растворяется в концентрированных серной и азотной кислотах. Пропускание углекислого газа в раствор **B** (реакция 3) или добавление водного аммиака к **A** (реакция 4) позволяет получить белый осадок **C**, растворимый как в кислотах, так и в щелочах. Теоретически из 1,00 г **X** можно синтезировать 4,78 г **C**.

При добавлении к раствору соли **A** раствора карбоната аммония образуется малорастворимое соединение **D** (реакция 5), содержащее 71,43 % кислорода и 10,71 % углерода по массе.

1. Установите металл **X**, ответ подтвердите расчётом.
2. Определите формулы веществ **A–D**.
3. Напишите уравнения реакций 1–5.

#### Рекомендации к решению:

Определим зашифрованный в задаче металл **X**, исходя из соотношения масс простого вещества и соединения **C**. При растворении простого вещества в соляной кислоте образуется хлорид **A** -  $\text{XCl}_n$ , а взаимодействие **X** с водным раствором гидроксида натрия приводит к образованию комплексного соединения, содержащего 4 гидроксильные группы –  $\text{Na}_4 \cdot \text{X}(\text{OH})_4$ . Под действием водного аммиака хлорид металла превращается в гидроксид  $\text{X}(\text{OH})_n$ . Согласно условию задачи, из 1,00 г металла теоретически можно синтезировать 4,78 г  $\text{X}(\text{OH})_n$ . Установим элемент **X** с помощью расчётов:

$$\begin{aligned} n(\text{X}) &= n(\text{X}(\text{OH})_n) \\ \frac{1,00}{M(\text{X})} &= \frac{4,78}{M(\text{X}) + 17 \cdot n} \\ 3,78 \cdot M(\text{X}) &= 17 \cdot n \\ M(\text{X}) &= 4,50 \cdot n \end{aligned}$$

Путём перебора получаем, что случаю  $n = 2$  соответствует бериллий. Тогда **X** – Be, **A** –  $\text{BeCl}_2$ , **B** –  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ , **C** –  $\text{Be}(\text{OH})_2$ .

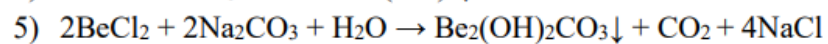
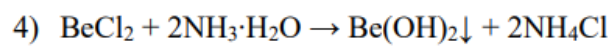
Для установления формулы соединения **D** рассчитаем соотношение числа атомов углерода и кислорода:

$$N(\text{O}):N(\text{C}) = \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} : \frac{\omega(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{0,7143}{16} : \frac{0,1071}{12} = 0,04464 : 0,008925 = 5 : 1$$

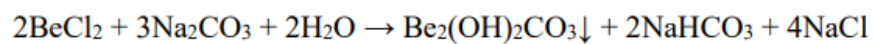
Предположим, что в состав вещества **D** входят 1 атом углерода и 5 атомов кислорода, тогда молярная масса **D** равна 112 г/моль. На остаток, не включающий атомы C и O, приходится 20 г/моль, что соответствует 2 атомам бериллия и 2 атомам водорода. Образующийся осадок представляет собой основной карбонат бериллия **D** –  $\text{Be}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ .

Уравнения реакций 1-5:

- 1)  $\text{Be} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
- 2)  $\text{Be} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow$
- 3)  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Be}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaHCO}_3$  (допустимо до  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )



или



<b>Критерии оценивания</b>	
1. Установление металла <b>X</b>	2 балла
2. Установление формул веществ <b>A-D</b>	по 2 балла
3. Уравнения <i>реакций 1-5</i>	по 2 балла
<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>





