

**Задача 5.** На рычажных весах уравновесили две колбы одинаковой массы. В одну колбу насыпали тёмно-серое твёрдое вещество **X** массой 13,29 г. В другую колбу поместили белое твёрдое вещество **Y** массой 10,00 г. Обе колбы одновременно нагрели, вещества начали возгоняться, т.е. превращаться в газ, минуя жидкое состояние (нагревание могло проводиться с разной интенсивностью). Пары **X** имеют тёмно-фиолетовую окраску, а вещество **Y** в газообразном состоянии не имеет ни цвета, ни запаха. Экспериментально определили зависимости количеств веществ **X** и **Y** в колбах от времени нагрева:

$$n(X) = n_{\text{исх.}}(X) - 0,0035t$$

$$n(Y) = n_{\text{исх.}}(Y) - 0,0127t$$

Вещество **X** в виде осадка образуется при пропускании газообразного хлора через раствор соли **S** (*реакция № 1*), причём из 16,6 г **S** можно получить 12,7 г **X**. Если пропускать избыток хлора, то выпавший осадок **X** растворяется с образованием бесцветного раствора (*реакция № 2*), содержащего две кислоты, бескислородную **T** и кислородсодержащую **U**. В натриевой соли кислоты **U** массовая доля натрия составляет 11,62 %, а число ионов натрия и атомов иода в ней одинаково.

Вещество **Y** в газообразном состоянии поддерживает горение магния, вступая с ним в реакцию замещения (*реакция № 3*). Также **Y** выделяется при прокаливании кремнезёма с кальцинированной содой (*реакция № 4*). Любопытно, что если твёрдый продукт этой реакции растворить в воде, а затем пропустить газ **Y**, то образуется раствор, содержащий кальцинированную соду (*реакция 5*).

**Задания:**

- 1) Идентифицируйте вещества **X**, **Y**, **S**, **T**, **U**. Учтите, что формулы веществ **S** и **U** должны быть выведены при помощи расчётов, а не угаданы; если верность угаданной формулы будет проверена расчётом массовых долей элементов, то это не будет засчитано как расчёт. Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.
- 2) Через какое время весы снова будут в равновесии? Приведите соответствующие расчёты. Ответ дайте в секундах, округлив до целого.
- 3) Напишите уравнения реакций № 1–5.
- 4) Как называется твёрдый **Y**?

## Решение и критерии оценивания

1) По описанию веществ **X** и **Y** можно сделать вывод, что **X** – иод  $I_2$ , а **Y** – углекислый газ  $CO_2$ . Твердый углекислый газ называют «сухой лёд», и используется в качестве хладагента в ящиках с мороженым.

2) Иод образуется при пропускании хлора через растворы иодидов, разумно предположить, что соль **S** – какой-то иодид. Количество вещества образующегося иода равно:

$$n(I_2) = m(I_2) : M(I_2) = 12,7 \text{ г} : 254 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

Тогда можно найти количество вещества иодид-ионов в соли **S**, оно будет в два раза больше и равно 0,1 моль. Предполагая, что в формульной единице содержится один иодид-ион, рассчитаем молярную массу соли **S**:

$$M(S) = m(S) : n(S) = m(S) : n(I) = 16,6 \text{ г} : 0,1 \text{ моль} = 166 \text{ г/моль}$$

Вычитая из полученного значения молярной массы соли молярную массу иода (127 г/моль), получаем 39 г/моль, что соответствует калию. Таким образом, соль **S** – иодид калия  $KI$ .

3) При взаимодействии иода с хлором в присутствии воды образуется соляная кислота (вещество **T**) и кислородсодержащая кислота  $H_aI_aO_b$  (вещество **U**). Чтобы определить, какая кислота образуется, нужно вывести формулу её натриевой соли  $Na_aI_aO_b$ , что можно сделать путем перебора значений «a» и «b». При переборе учтем, что «a» скорее всего равно 1, т.к. известно, что количество ионов натрия равно количеству атомов иода (и числу атомов водорода в кислоте). В представленной ниже таблице в ячейках, соответствующих значению «a», равным единице, и разным значениям «b», указаны значения массовой доли натрия. Разумно делать перебор для значений «b» от 1 до 4.

	b = 1	b = 2	b = 3	b = 4
a = 1	13,86%	12,64%	11,62%	10,75%

Нам подходит значение массовой доли, соответствующее  $b = 3$ . Таким образом соль – иодат натрия  $NaIO_3$ . Соответственно, **U** – иодноватая кислота  $HIO_3$ .

4) Равновесие весов будет тогда, когда массы веществ на разных чашах весов будут равны. Поэтому логично преобразовать указанные зависимости количеств веществ иода и диоксида углерода в чашах о времени в зависимости масс веществ от времени. С учетом начальных масс и молярных масс веществ получим:

$$m(I_2) = 13,29 - 254 \cdot 0,0035t$$

$$m(CO_2) = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t$$

Чтобы найти момент времени, когда весы находятся в равновесии приравняем массы веществ:

$$13,29 - 254 \cdot 0,0035t = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t$$

При решении этого уравнения получаем, что  $t \approx 10 \text{ с}$ .

На данный вопрос можно дать второй ответ, из-за того, что когда оба вещества полностью испарятся, то весы опять будут в равновесии. Чтобы найти второе значение времени, нужно посчитать времена, за которые полностью испарятся и иод, и сухой лёд. Нам нужно то значение времени, которое будет больше.

Для йода:

$$0 = 13,29 - 254 \cdot 0,0035t_1$$

$$t_1 \approx 15 \text{ (с)}$$

Для диоксида углерода:

$$0 = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t_2$$

$$t_2 \approx 18 \text{ (с)}$$

Поэтому полный ответ на вопрос о равновесии будет таким: **весы будут находиться в состоянии равновесия на короткий промежуток времени через 10 секунд после начала процессов, а после 18 секунд весы опять придут в состояние равновесия и уже не будут из него выходить.**

**Формулы веществ**

X	Y	S	T	U
I <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	KI	HCl	HIO <sub>3</sub>

*Уравнения реакций:*

- 1)  $2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$
- 2)  $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O \rightarrow 10HCl + 2HIO_3$
- 3)  $CO_2 + 2Mg \rightarrow C + 2MgO$
- 4)  $SiO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CO_2 + Na_2SiO_3$
- 5)  $CO_2 + Na_2SiO_3 + H_2O \rightarrow Na_2CO_3 + H_2SiO_3$

**Критерии оценивания:**

1) За правильно определенные вещества **X, Y, T** по 1 баллу. За вещества **S** и **U** по 2 балла, но баллы ставятся только при наличии соответствующего расчета, иначе – 0 баллов.

**Итого: 7 баллов**

2) За каждую правильно уравненную реакцию по 1 баллу. Если реакция написана и не уравнена, но вещества взяты правильные, то 0,5 балла. **Итого: 5 баллов**

3) За каждое правильно найденное значение времени по 3 балла при условии наличия соответствующего расчета, иначе – 0 баллов. **Итого: 6 баллов.**

4) За правильное название твердого **Y** – 2 балла. **Итого: 2 балла.**

**Всего 20 баллов**