

## Решения задания теоретического тура РХО-2001 для 9 класс

### №9-1-2001респ.

Составляем уравнение материального баланса по соли:

$$m \cdot 0,055 = 160 \cdot \omega_2 + (m-160) \omega_3,$$

где  $m$  - масса исходного насыщенного раствора;

$\omega_2$  - массовая доля соли в выпаренной воде. Здесь  $\omega_2 = 0$ , т.е. воду формально рассматриваем как раствор, в котором массовая доля растворенного вещества равна нулю.

$\omega_3$  - массовая доля соли в кристаллогидрате. Ее рассчитаем по формуле кристаллогидрата:  $M(\text{KAl}(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 258 + 216 = 474$  г/моль.

$$\omega_3 = 258/474 = 0,544.$$

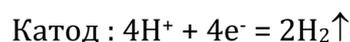
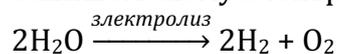
Подставляя значения, получаем уравнение:  $m \cdot 0,055 = (m-160) 0,544$ .

$$m \cdot 0,055 = m \cdot 0,544 - 87,04.$$

$$0,489m = 87,04; m = 178. \text{ Масса выпавшего кристаллогидрата: } 178 - 160 = 18 \text{ г.}$$

### №9-2-2001респ.

Запишем схему электролиза:



При электролизе водного раствора  $\text{NaNO}_3$  происходит электролитическое разложение воды, масса самой соли в растворе не изменяется, но уменьшается масса растворителя - воды, ионы которой разряжаются, и поэтому увеличивается концентрация растворенной соли. Решение задачи сводится к определению количества разложившейся воды и пересчету концентрации раствора.

Теперь мы должны найти количество моль кислорода:

$$n = (p \cdot V) / (R \cdot T) = 1,24 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,08 \text{ м}^3 / (8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 298 \text{ К}) = 4 \text{ моль.}$$

Следовательно, электролитическому разложению подвергли 8 моль  $\text{H}_2\text{O}$ , т.е.  $8 \cdot 18 = 144$  г  $\text{H}_2\text{O}$ .

По определению массовой доли находим, что исходный раствор содержал 50 г  $\text{NaNO}_3$ . После электролиза массовая доля соли составит:

$$w(\text{NaNO}_3) = 50 \text{ г} / (1000 - 144) \text{ г} \cdot 100\% = 5,8\%.$$

### №9-3-2001респ.

Представим формулу кристаллогидрата в виде  $\text{Me}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

По условию

$$\frac{2Me}{2Me + 96 + 18n} = 0,143$$

Решаем уравнение находим, что  $n = 0,6667\text{Me} - 5,333$ .

Очевидно,  $\text{Me}$  не может быть литием - в этом случае  $n < 0$ . Если  $\text{Me}$  - натрий то,  $n = 10$ , что соответствует глауберовой соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Если относительная масса  $\text{Me}$  больше чем у натрия, то получается слишком большое нецелочисленное значение  $n$ .

### №9-42001респ.

При решении задачи не надо думать о возрасте Земли и периоде полураспада урана. Важно понять, что практически вся масса распределяется между ядрами, поэтому разность 238 -

206 = 32 представляет собой массу  $\alpha$ -частиц, т.е. гелия, сопровождающего образование 206 массовых единиц свинца.

Если запасы  $^{238}\text{U}$  в данный момент равны  $2,5 \cdot 0,993 = 2,48$  млн т, то свинца образовалось:

1 млн т  $^{238}\text{U}$  — 0,32 млн т  $^{206}\text{Pb}$

2,48 “ “ “ — x “ “ “

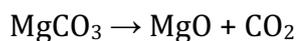
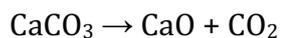
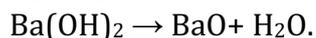
x = 0,8 млн т, а гелия - соответственно 0,12 млн т.

#### №9-5-2001респ.

В смеси содержится x молей  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , y молей  $\text{CaCO}_3$  и z молей  $\text{MgCO}_3$ . Масса исходной смеси:

$$171x + 100y + 84z = 3,05 \text{ г.} \quad (1)$$

При прокаливании смеси происходит разложение гидроксида и карбонатов:



После прокаливании смесь содержит x молей  $\text{BaO}$ , y молей  $\text{CaO}$  и z молей  $\text{MgO}$ . Масса смеси оксидов:

$$153x + 56y + 40z = 2,21 \text{ г} \quad (2)$$

Увеличение трубки гидроксида калия происходит только за счет поглощения  $\text{CO}_2$ , так как свыше  $100^\circ\text{C}$  вода испаряется. Тогда

$$44(y+z) = 0,66 \text{ г} \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1),(2) и (3) получаем

$$x = 0,01 \text{ моль}$$

$$y = 0,005 \text{ моль}$$

$$z = 0,01 \text{ моль}$$

следовательно массы исходных веществ равны

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 171 \cdot 0,01 = 1,71 \text{ г} (56,07\%)$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 100 \cdot 0,005 = 0,5 \text{ г} (16,39\%)$$

$$m(\text{MgCO}_3) = 84 \cdot 0,01 = 0,84 \text{ г} (27,54\%)$$

#### №9-6-2001респ.

Выделение  $\text{CO}_2$  соответствует о наличие гидрокарбоната в растворе (карбонат в водной среде не разлагается). Тогда вещество Б скорее всего карбонат щелочного металла так как карбонаты других металлов мало растворимы в воде и после нагревания выделился бы осадок. прокаливания Б приводит к уменьшению массы, но карбонаты щелочных металлов разлагаются при очень высоких температурах. Тогда скорее всего Б является кристаллогидратом, который теряет воду при нагревании, а остаток после прокаливании скорее всего является карбонатом.



$$n(\text{CO}_2) = 0,448 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}$$

$$\frac{3,6}{2\text{Me} + 60} = 0,02$$

Решая уравнение получаем  $\text{Me} = 23$  г/моль что соответствует натрию.

Тогда Б  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

$$\frac{5,72}{106 + 18n} = 0,02$$

Откуда получаем  $n = 10$  ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Процентная концентрация  $\text{NaHCO}_3$  в растворе была равна:

$$w(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,04 \cdot 84}{100} \cdot 100 = 3,36$$

Процентная концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до упаривания раствора равна:

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,02 \cdot 106}{100 - 0,02 \cdot 44} \cdot 100 = 2,14\%$$

А- $\text{NaHCO}_3$

Б-  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

### №9-7-2001респ.

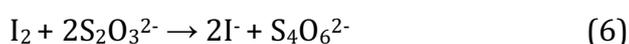
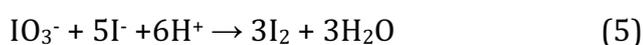
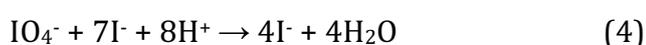
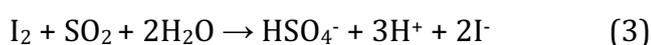
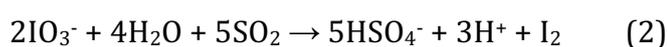
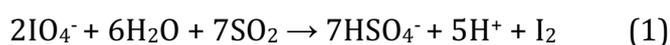
В состав исходного вещества X входят натрий (желтое окрашивание пламени горелки, опыт а) и иод (образование желтой соли серебра, выпадающей в осадок в азотнокислом растворе и растворимой лишь в присутствии сильных комплексообразователей - ионов  $\text{CN}^-$  или  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , опыт а). Однако вещество X не может быть  $\text{NaI}$ , так как при действии сернистой кислоты это соединение не способно выделять иод (темно-коричневое окрашивание в опыте б).

Вероятно, в состав вещества X входит кислород.

Описанные в пунктах б) и г) превращения подтверждают, что вещество X является солью кислородсодержащей кислоты, причем в анион этой кислоты входит иод. Следовательно, можно предположить, что вещество X — это соль  $\text{NaIO}_x$ . Как диоксид серы, так и иодиды окисляются солями  $\text{NaIO}_x$ , при этом в обоих случаях выделяется свободный иод  $\text{I}_2$  (либо образуется раствор, содержащий комплексный нон  $[\text{I} \cdot n\text{I}_2]$ ). Окраска иода исчезает при действии восстановителей ( $\text{SO}_2$  или  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

По условию задачи водный раствор вещества А имеет нейтральную реакцию, значит, соль  $\text{NaIO}_x$ , образована сильной кислотой. Такой кислотой может быть йодноватая или йодная кислота, и соответственно вещество X может иметь формулу  $\text{NaIO}_3$  (молярная масса  $M = 197,90$  г/моль) или  $\text{NaIO}_4$  ( $M=213,90$  г/моль).

Для этих солей с указанными реагентами возможны следующие реакции:



По результатам опыта д) количество  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , пошедшее на титрование выделенного иода, равно

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = cV = 0,1 \cdot 0,0374 = 3,74 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Если исходное вещество — соль  $\text{NaIO}_3$ , то ее количество; взятое для титрования, и эквивалентное количество  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в соответствии с уравнениями (5) и (6) должны составить:

$$n_1(\text{NaIO}_3) = \frac{m(\text{NaIO}_3)}{M(\text{NaIO}_3)} = \frac{0,1000}{197,90} = 5,053 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n_2(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 6 \cdot 5,053 \cdot 10^{-4} = 3,032 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Поскольку  $n_1 \neq n_2$ , значит, соль X не может иметь формулу  $\text{NaIO}_3$ .

Если исходное вещество - соль  $\text{NaIO}_4$ , то аналогичные расчеты с учетом стехиометрии уравнений (4) и (6) приводят к следующим результатам:

$$n_1(\text{NaIO}_4) = \frac{m(\text{NaIO}_4)}{M(\text{NaIO}_4)} = \frac{0,1000}{213,90} = 4,675 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n_3(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 8 \cdot 4,675 \cdot 10^{-4} = 3,74 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Количество вещества  $n_3$  совпадает с количеством  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , рассчитанным по результатам титрования. Следовательно, вещество X — периодат натрия  $\text{NaIO}_4$ .