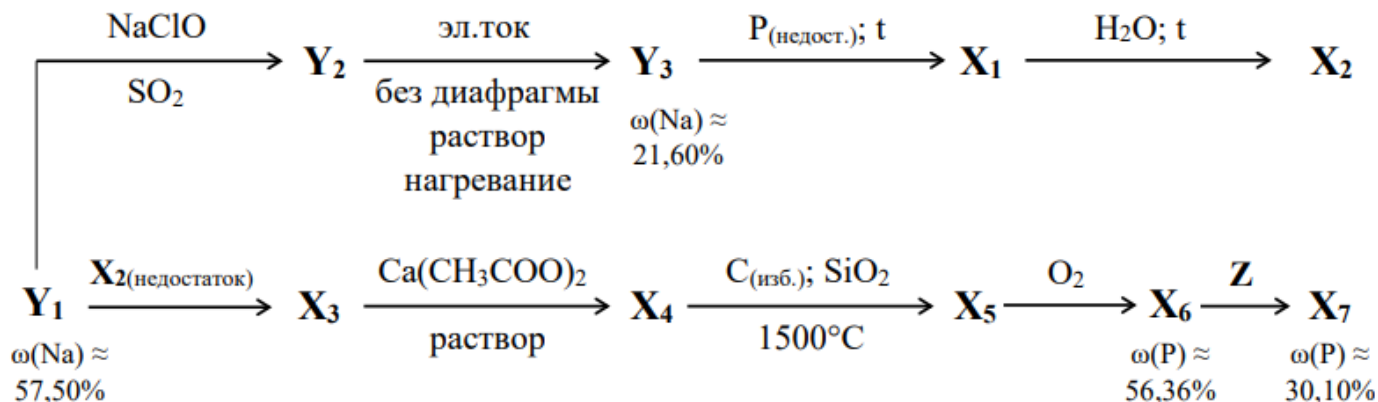


## Задача №2.

Определите все зашифрованные вещества, напишите их формулы (для записи веществ молекулярного строения необходимо использовать молекулярные формулы), а также напишите уравнения реакций, соответствующих цепочке превращений:



Изобразите структуру симметричной молекулы неустойчивого вещества  $\text{X}_7$ . В молекуле  $\text{X}_7$  есть шести- и четырехчленные циклы атомов.

Дополнительно известно, что:

- 1) Вещества  $\text{X}_1 - \text{X}_7$  содержат фосфор.
- 2) Вещества  $\text{Y}_1 - \text{Y}_3$  содержат натрий.
- 3) При проведении электролиза без диафрагмы продукты электролиза могут реагировать между собой в растворе.
- 4) Токсичное вещество  $\text{Z}$  содержится в небольших количествах в высших слоях атмосферы, имеет большое значение для жизни на Земле.

Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел, для хлора атомную массу необходимо принять равной 35,5.

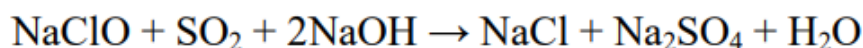
### Решение:

- 1) Начнем с идентификации вещества  $Y_1$ . Пусть в формулярной единице этого вещества содержится один атом натрия, тогда молярная масса  $Y_1$  равна:

$$M(Y_1) = 23 \text{ г/моль} : 0,5750 = 40 \text{ г/моль.}$$

Тогда, возможно,  $Y_1$  – это гидроксид натрия NaOH.

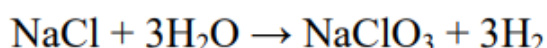
- 2) Гидроксид натрия создает щелочную среду при протекании превращения  $Y_1 \rightarrow Y_2$ :



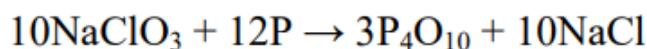
- 3) Вещество  $Y_2$  – это хлорид натрия, при проведении электролиза водного горячего раствора без диафрагмы образуется хлорат натрия  $\text{NaClO}_3$  ( $Y_3$ ), что можно проверить расчетом массовой доли натрия:

$$\omega(\text{Na}) = 23 : (23 + 35,5 + 48) \cdot 100\% \approx 21,60\%$$

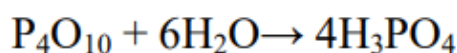
Уравнение реакции превращения  $Y_2 \rightarrow Y_3$ :



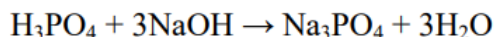
- 4) С недостатком фосфора хлорат натрия реагирует с образованием оксида фосфора (V):



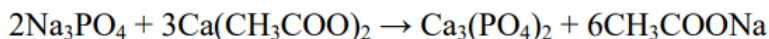
Оксид фосфора (V) – это вещество  $X_1$ , которое реагирует с горячей водой, превращаясь в ортофосфорную кислоту ( $X_2$ ):



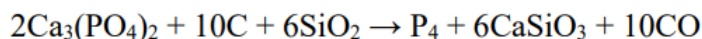
Ортофосфорная кислота реагирует с гидроксидом натрия ( $Y_1$ ) с образованием ортофосфата натрия  $Na_3PO_4$  ( $X_3$ ), т.к. кислота берется в недостатке:



Ортофосфат натрия вступает в реакцию ионного обмена с растворимым ацетатом кальция, при этом выпадает осадок ортофосфата кальция ( $X_4$ ):



Из ортофосфата кальция получают фосфор при взаимодействии с углем и диоксидом кремния:



- 5) При взаимодействии фосфора с кислородом могут образовываться либо оксид фосфора (III), либо смешанные оксиды  $P_4O_7$  –  $P_4O_9$ , либо оксид фосфора (V). Найдем соотношение атомов фосфора и кислорода в веществе  $X_6$ . Пусть масса  $X_6$  равна 100 г, тогда:

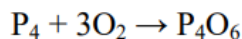
$$m(P) = 100 \text{ г} \cdot 0,5636 = 56,36 \text{ г}$$

$$m(O) = 100 \text{ г} - 56,36 \text{ г} = 43,64 \text{ г}$$

$$n(P) = 56,36 \text{ г} : 31 \text{ г/моль} \approx 1,82 \text{ моль}$$

$$n(O) = 43,64 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} \approx 2,73 \text{ моль}$$

Соотношение количества атомов фосфора и кислорода равно  $1,82 : 2,73 = 1 : 1,5 = 4 : 6$ , следовательно,  $X_6$  – оксид фосфора (III)  $P_4O_6$ . Он образуется в ходе реакции:



- 6) Проведем аналогичный расчет для нахождения формулы вещества  $X_7$ . Пусть масса  $X_7$  равна 100 г, тогда:

$$m(P) = 100 \text{ г} \cdot 0,3010 = 30,10 \text{ г}$$

$$m(O) = 100 \text{ г} - 30,10 \text{ г} = 69,90 \text{ г}$$

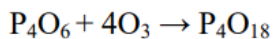
$$n(P) = 30,10 \text{ г} : 31 \text{ г/моль} \approx 0,97 \text{ моль}$$

$$n(O) = 69,90 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} \approx 4,37 \text{ моль}$$

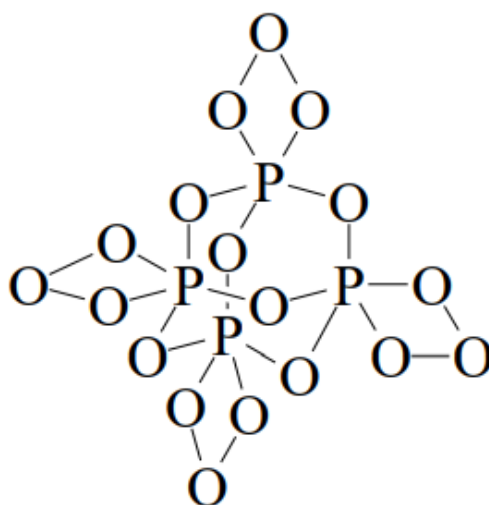
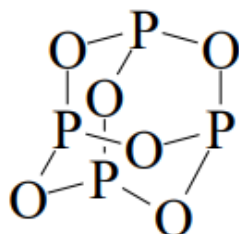
Соотношение количества атомов фосфора и кислорода равно  $0,97 : 4,37 = 1 : 4,5 = 2 : 9 = 4 : 18$ , следовательно,  $X_7$  –  $P_4O_{18}$ .

- 7) Вещество  $P_4O_{18}$  является неустойчивым, значит, оно должно образовываться при воздействии на  $P_4O_6$  активного вещества ( $Z$ ). При этом в ходе

реакции количество атомов кислорода приходящихся на один атом фосфора сильно увеличивается. Также про  $Z$  известно, что оно токсично, держится в небольших количествах в атмосфере и имеет большую роль для жизни на Земле. Все это говорит о том, что веществом  $Z$  является озон  $O_3$ . Реакция образования  $P_4O_{18}$ :



- 8) Молекула  $P_4O_{18}$  является неустойчивой, значит в ней есть какой-то неустойчивый фрагмент, например, несколько кислородов, соединенных между собой. Вещество  $P_4O_{18}$  образуется из  $P_4O_6$ , в молекуле которого у каждого атома фосфора есть возможность образовать ещё две связи. Структуры  $P_4O_6$  (для сравнения) и  $P_4O_{18}$  приведены ниже:



*Критерии оценивания:*

- вывод формулы  $Y_1$  ( $NaOH$ ) – 1 балл, без вывода – 0 баллов
- вывод формулы  $Y_3$  ( $NaClO_3$ ) – 1 балл, без вывода – 0 баллов
- реакции (9 штук) – по 1 баллу, суммарно 9 баллов
- вывод формулы  $X_6$  ( $P_4O_6$ ) – 0,5 балл, без вывода – 0 баллов
- вывод формулы  $X_7$  ( $P_4O_{18}$ ) – 0,5 балл, без вывода – 0 баллов
- формулы веществ  $X_1$  ( $P_4O_{10}$ ),  $X_2$  ( $H_3PO_4$ ),  $X_3$  ( $Na_3PO_4$ ),  $X_4$  ( $Ca_3(PO_4)_2$ ),  $X_5$  ( $P_4$ )  $Y_2$  ( $NaCl$ ),  $Z$  ( $O_3$ ) – по 1 баллу, суммарно – 7 баллов
- структура  $P_4O_{18}$  – 1 балл
- если участник использует простейшие формулы для веществ молекулярного строения, а не молекулярные, то следует ставить ему за это половину баллов. За реакции с использованием простейших формул в этом случае не снижать.