

Бинарные соединения (Химия, старшие классы, автор - Гарифуллин Б.Н.)

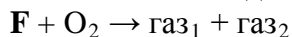
Известно достаточное количество соединений, образованных только элементами **X** и **Y**, причем некоторые из них являются перспективными объектами нанотехнологических исследований.

Бинарное соединение **A** является основным продуктом реакции веществ **B** и **C**. В то же время, взаимодействие вещества **B** с бинарным соединением **D** приводит, помимо прочих продуктов, к образованию бинарного соединения **E**. В нижеследующей таблице приведены основные сведения о соединениях **A-E**.

соединение	Массовая доля X , %	Массовая доля Y , %
A	67,81	32,19
B	100	-
C	не содержит X	29,44
D	не содержит X	50,92
E	51,30	48,70

Известно, что соединение **C** образовано тремя элементами (в молярном соотношении – 1:2:6), один из которых калий (20,19% по массе).

1. Определите молекулярные формулы соединений **A-E**, если в молекулах **A** и **E** число атомов **X** превышает число атомов **Y**. Ответ подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнение реакции синтеза **E**.
3. Как Вы считаете, какой метод исследования химических объектов был наиболее полезен для установления структуры соединений **A** и **E**?
4. Предложите газообразное бинарное соединение **F**, состоящее из **X** и **Y**, если его реакцию с избытком кислорода можно записать в виде следующего уравнения:



Газообразность рассматриваемых веществ имеет место при 25°C.

5. Напишите уравнение сгорания **E** в избытке кислорода.

Максимальная оценка – 10 баллов

Решение (10 баллов)

1. Определим молярную массу элемента **Y**, исходя из данных, приведенных для соединения **C**. Запишем очевидное соотношение (k_Y и k_K - соответствующие коэффициенты в структурной единице **C** элемента **Y** и калия):

$$\frac{29.44}{M_Y} : \frac{20.19}{39.10} = \frac{k_Y}{k_K}, \text{ откуда } M_Y = \frac{57.01 \cdot k_K}{k_Y}$$

Принимая во внимание данные условия, соотношение коэффициентов (k_K/k_Y) в уравнении может быть одним из ниже перечисленных: $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 2 или 3. Перебором пяти вариантов находим, что единственный разумный ответ возникает при $k_K/k_Y = \frac{1}{3}$, когда элемент **Y** – фтор ($M=19.00$ г/моль).

Легко определяем третий элемент в составе **C** – это платина:

$$M_3 = \frac{39.10 \cdot 50.37 \cdot k_K}{20.19 \cdot k_3} = \frac{97.55 \cdot k_K}{k_3} = 97.55 \cdot 2 = 195.09 \text{ г/моль}$$

Вещество **C** – гексафтороплатинат (IV) калия K_2PtF_6 .

Теперь найдем молекулярную формулу бинарного соединения **D** (где n – степень окисления второго элемента):

$$\frac{49.08}{M_{32}} : \frac{50.92}{19.00} = \frac{1}{n}, \text{ что приводит к зависимости } M_{32} = 18.31 \cdot n$$

В случае $n=3$ неизвестный элемент – марганец, а соединение **D** – фторид марганца (III). Обратим внимание, что оба вещества (**C** и **D**) являются известными фторирующими агентами.

Определим зависимость молярной массы **X** от соотношения числа атомов в составе искомого бинарных соединений:

$$\frac{67.81}{M_X} : \frac{32.19}{19.00} = \frac{k_{X1}}{k_{F1}} \text{ и } \frac{51.30}{M_X} : \frac{48.70}{19.00} = \frac{k_{X2}}{k_{F2}},$$

откуда имеем, что:

$$M_X = \frac{40 \cdot k_{F1}}{k_{X1}} = \frac{20 \cdot k_{F2}}{k_{X2}}$$

Так как по условию соотношение $k_{F2}/k_{X2} < 1$, то молярная масса элемента **X** должна быть меньше 20 г/моль. В рассмотрении оказываются восемь элементов, однако простой химический анализ позволяет существенно проредить этот список до углерода.

Итак, мы имеем дело с соединениями углерода и фтора, при этом их простейшие формулы, исходя из уравнений рассмотренных выше, составляют $C_{30}F_9$ (**A**) и $C_{15}F_9$ (**E**). Очевидно, что речь в задаче идет о фторированных фуллеренах (наноразмерные объекты), поэтому имеющиеся простейшие формулы должны быть трансформированы до четных значений числа атомов фтора: $C_{60}F_{18}$ (**A**) и $C_{30}F_{18}$ (**E**). Так как оба вещества образуются из одного стартового фуллерена, то его формула должна быть C_{60n} , где n – натуральное число.

В задаче рассмотрены химические превращения самого известного фуллерена – C_{60} , соответственно, искомые вещества: $C_{60}F_{18}$ (**A**) и $C_{60}F_{36}$ (**E**). Однако формально условию удовлетворяют и кратные варианты, например, $C_{120}F_{36}$ (**A**) и $C_{120}F_{72}$ (**E**).

(по 1 баллу за **A-E**; 1 балл – за кратные варианты фуллеренов, итого – 6 баллов)

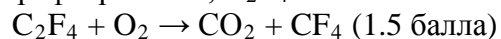
2. $C_{60} + 36MnF_3 \rightarrow C_{60}F_{36} + 36MnF_2$ (0.75 балла).

3. Наиболее информативным методом исследования структуры фторированных фуллеренов служит, несомненно, ^{19}F -ЯМР-спектроскопия (1 балл).

4. Так как исходные реагенты содержат три элемента (C, F и O), то продукты сгорания также очевидно должны быть образованы только тремя этими элементами.

Молекулярный фтор отпадает, так как будучи более сильным окислителем он не вытесняется кислородом из своих соединений в процессе сгорания. Оксид углерода (II) не образуется в реакциях, протекающих в избытке кислорода. Карбонилфторид, COF_2 не

подходит под условие задачи, так как содержит меньшее число атомов кислорода по сравнению с O_2 (что критично при коэффициентах уравнения реакции, равных единице). Отсюда единственно возможная пара газообразных продуктов реакции: CO_2 и CF_4 . Материальному балансу уравнения реакции, в которой все коэффициенты равны единице, отвечает соединение **F** – тетрафторэтилен, C_2F_4 .



5. Уравнение реакции сгорания соединения **E**:

