

Ставропольский край
Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
2017/18 учебный год

Химия
Теоретический тур
11 класс

Задание 1.

Белый порошок, бинарного соединения, содержащего атомы инертного газа X_1 разлагается при нагревании с образованием простого вещества, газа бледно-желтого цвета, с резким неприятным запахом, очень сильный окислитель X_2 и белого гигроскопичного порошка X_3 в соотношении 1:1. Массовая доля элемента X_2 в X_1 составляет 46,53%, а в X_2 – 36,71%.

X_1 реагирует с горячей водой с образованием газа X_4 , водный раствор которого является слабой кислотой и раствора вещества X_5 проявляющего кислотные свойства. Концентрированный раствор X_4 вызывает помутнение стекла. X_5 реагирует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием нерастворимой соли X_6 , двух простых газообразных веществ X_7 , входящего в состав X_1 , и X_8 , и воды.

X_2 – очень активное вещество, реагирует с водой до 0 °С с образованием двух газов X_4 и X_9 . X_9 – бесцветные жидкость и газ выше 0 °С, выше 20 °С разлагается с образованием газов X_4 и X_8 в соотношении 1:2, степень окисления кислорода в X_9 равна 0.

X_7 - бесцветный газ с низкой реакционной способностью. Реагирует с сильными окислителями.

X_8 - бесцветный газ, в жидком состоянии голубой, в твердом – синий. Очень реакционноактивен, проявляет окислительные свойства.

Задания:

1. Определить и назвать все упомянутые вещества X .
2. Написать уравнения всех описанных реакций.
3. Привести 2 примера, характеризующих окислительные свойства X_2 .
4. Привести примеры, характеризующих окислительные свойства X_8 .

Решение.

1. Кислотой, которая вызывает помутнение стекла является HF, поэтому X_4 – это фтороводород, значит в соединении X_1 входит фтор, который выделяется при нагревании X_1 в виде газа бледно-желтого цвета, с резким неприятным запахом, т.о. X_2 это фтор.

Обозначим молекулярную массу бинарного соединения X_1 за M , пусть она содержит n атомов фтора. Тогда молекула X_3 имеет $n-2$ атомов фтора, а ее молекулярная масса равна $M-38$. Решаем систему уравнений:

$$10n/M=0,4653 \text{ и } 19(n-2)/(M-38)=0,3671 \text{ относительно } n \text{ и } M.$$

Получаем $n=2$, $M=245$. Следовательно, формула имеет вид ЭF_6 соответственно молярная масса второго элемента $245-19 \cdot 2=131$.

Этой молярной массе соответствует Xe. Следовательно $X_1 - \text{XeF}_6$ – гексафторид ксенона. $X_3 - \text{XeF}_4$ – тетрафторид ксенона.

XeF_6 разлагается водой по реакции $\text{XeF}_6 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeO}_3 + 6\text{HF}$, $X_5 - \text{XeO}_3$ – триоксид ксенона.

Фтор реагирует с водой при $t < 0 \text{ }^\circ\text{C}$ с образованием фтороводорода и фторооксигената (0) водорода.

$X_1 - \text{XeF}_6$ – гексафторид ксенона;

$X_2 - \text{F}_2$ – фтор;

$X_3 - \text{XeF}_4$ – тетрафторид ксенона;

$X_4 - \text{HF}$ – фтороводород;

$X_5 - \text{XeO}_3$ – триоксид ксенона;

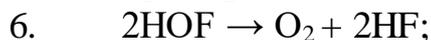
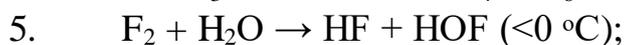
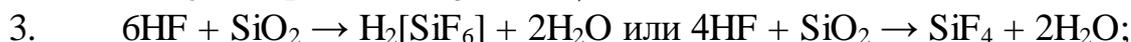
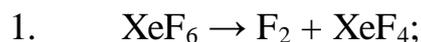
$X_6 - \text{Na}_4\text{XeO}_6$ – гексаоксоксенонат (VIII) натрия;

$X_7 - \text{Xe}$ – ксенон;

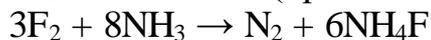
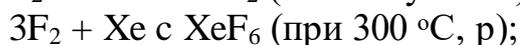
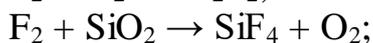
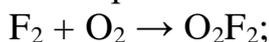
$X_8 - \text{O}_2$ – кислород;

$X_9 - \text{HOF}$ – фторооксигенат водорода.

2.

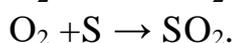
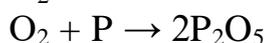
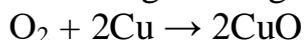
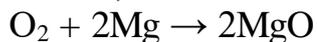


3. Фтор очень сильный окислитель (например):



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие окислительные свойства фтора.

4. Кислород очень реакционноспособный элемент, особенно при повышенных температурах, реагирует с большинством металлов и неметаллов, окисляет многие неорганические и органические соединения.



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие свойства кислорода.

Система оценивания:

1. Определены и названы все вещества (0,55 балла за одно вещество) – суммарно 5 баллов.
2. Написаны реакции (1 балла за реакцию) – суммарно 6 баллов.
3. Проведены расчеты, определены формулы – 6 баллов.
4. Приведены примеры реакций демонстрирующие ОВ свойства веществ X_2 и X_8 – (по 2 балла за каждое) – суммарно - 4 балла.

Итого 20 баллов.

Задание 2.

Тонкоизмельченную смесь алюминия и железной окалины (Fe_3O_4), часто называемую термитом, применяют для сварки металлических изделий, поскольку при поджигании термита выделяется большое количество теплоты и развивается высокая температура. Рассчитайте минимальную массу термитной смеси, которую необходимо взять для того, чтобы выделилось 665,3 кДж теплоты в процессе алюмотермии, если теплоты образования Fe_3O_4 и Al_2O_3 равны -1117 и -1670 кДж/моль. Составьте термохимическое уравнение.

Решение.



$\Delta H_{x.p.} = 4\Delta H_{298}^{\circ}(Al_2O_3) + 3\Delta H_{298}^{\circ}(Fe_3O_4) = -1670 \cdot 4 + (-1117) \cdot 3 = 10031$ кДж. (4 балла)

Термохимическое уравнение:



При реакции 3 моль железной окалины выделилось 10031 кДж теплоты. Для выделения 665,3 кДж теплоты необходимо:

3 моль – 10031 кДж

x моль – 665,3 кДж

$$x = \frac{3 \cdot 665,3}{10031} = 0,2 \text{ моль.}$$

Масса окалины $0,2 \cdot 232 = 46,4$ г. (5 баллов)

По уравнению реакции на 3 моль окалины необходимо 4 моль алюминия, следовательно, на 0,2 моль окалины потребуется $(0,2 \cdot 4)/3 = 0,27$ моль алюминия.

Масса алюминия $27 \cdot 0,27 = 7,29$ г. (5 баллов)

Масса смеси составляет: $46,4 + 7,29 = 53,69$ г. (1 балл)

Система оценивания:

1. Написана реакция, рассчитан тепловой эффект и составлено термохимическое уравнение – 9 баллов.

2. Рассчитаны количества вещества и масса окарины – 5 баллов.
3. Рассчитаны количества вещества и масса алюминия – 5 баллов.
4. Рассчитана масса термитной смеси – 1 балл.

Задание 3.

При полном сгорании 12,84 г вещества В образовалось 8,1 л CO_2 (измеренного при температуре 25 °С и давлении 110 кПа), 2,16 г воды и 8,28 г карбоната калия. Определите брутто-формулу вещества В.

Р е ш е н и е (20 б.)

Вспомним уравнение Менделеева–Клапейрона (5 б.):

$$pV = \nu RT$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{110 \cdot 8,1}{8,31 \cdot 298} = 0,36 \text{ моль.}$$

Вычислим количество вещества всех элементов (5 б.). В молекуле CO_2 содержится один атом углерода, следовательно, $\nu_1(\text{C}) = 0,36$ моль.

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2,16/18 = 0,12 \text{ моль; } \nu(\text{H}) = 0,24 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 8,28/138 = 0,06 \text{ моль.}$$

В 0,06 моль карбоната калия содержится 0,12 моль калия и 0,06 моль углерода ($\nu_2(\text{C}) = 0,06$ моль):

$$\nu(\text{C}) = \nu_1(\text{C}) + \nu_2(\text{C}) = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ моль.}$$

Проверим элементный состав:

$$0,42 \cdot 12 + 0,24 \cdot 1 + 0,12 \cdot 39 = 9,96 \text{ г.}$$

Поскольку по условию задачи полностью сгорело 12,84 г, можно сделать вывод, что в навеске вещества содержался еще и кислород в количестве (5 б.):

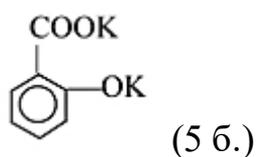
$$12,84 - 9,96 = 2,88 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{O}) = 2,88/16 = 0,18 \text{ моль.}$$

Брутто-формула вещества В: $\text{C}_x\text{H}_y\text{K}_z\text{O}_i$ (5 б.)

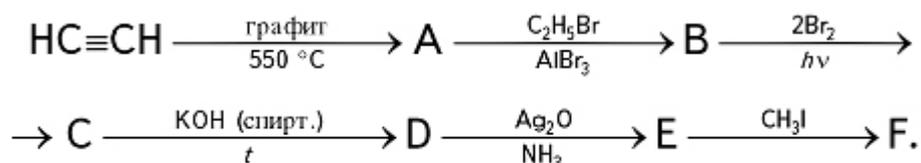
$$x: y: z: i = 0,42: 0,24: 0,12: 0,18 = 7: 4: 2: 3.$$

Брутто-формула: $\text{C}_7\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_3$ – калийная соль полностью замещенной салициловой (2-гидроксibenзойной) кислоты.



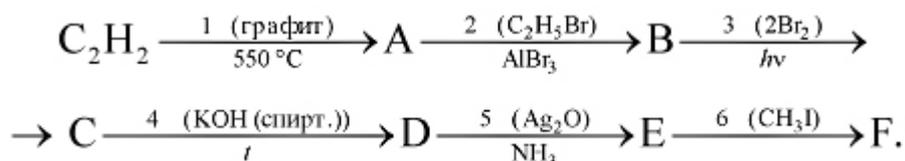
Задание 4.

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей цепочке превращений:



Р е ш е н и е (20 б.)

Пронумеруем уравнения реакций в «цепочке»:



Реакция 1 является тримеризацией ацетилена (типичный способ получения бензола). Далее (реакция 2) идет алкилирование бензола по Фриделю–Крафтсу в присутствии кислоты Льюиса AlBr_3 . Бромирование на свету (реакция 3) протекает в боковой цепи. Спиртовой раствор щелочи в реакции 4 является реактивом для получения алкина из дигалогенпроизводного алкана. Далее идет реакция обмена (реакция 5): водород при тройной связи в алкине и ион серебра в аммиачном растворе оксида серебра. И, наконец (реакция 6) – образующийся фенилацетиленид серебра вступает в обменную реакцию с метилйодидом, в результате которой удлиняется углеродная цепь. Уравнения реакций (со структурными формулами, приведенными ниже):

- 1) (3 б.) $3\text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_6$;
- 2) (3,5 б.) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} = \text{C}_6\text{H}_5\text{--C}_2\text{H}_5 + \text{HBr}$;
- 3) (3,5 б.) $\text{C}_6\text{H}_5\text{--C}_2\text{H}_5 + 2\text{Br}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{--CBr}_2\text{--CH}_3 + 2\text{HBr}$;
- 4) (3,5 б.) $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CBr}_2\text{--CH}_3 + 2\text{KOH} = \text{C}_6\text{H}_5\text{--C}\equiv\text{CH} + 2\text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$;
- 5) (3 б.) $\text{C}_6\text{H}_5\text{--C}\equiv\text{CH} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{AgC}\equiv\text{C--C}_6\text{H}_5 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;



Итак, зашифрованные вещества:

