

ЗАДАНИЯ 2 ТУРА
олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального
университета «45 Параллель» по химии 2015-16 уч. год

Химия
Решения 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_3 – 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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ с образованием двух газов X_4 и X_9 . X_9 – бесцветные жидкость и газ выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, выше $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $t < 0^\circ\text{C}$ 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;

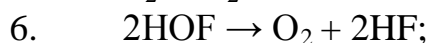
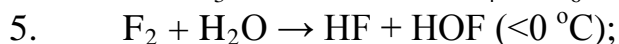
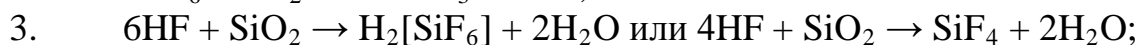
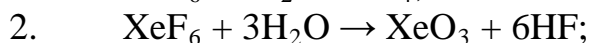
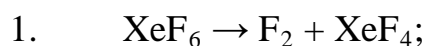
$X_6 - \text{Na}_4\text{XeO}_6$ – гексаоксоксенонат (VIII) натрия;

$X_7 - \text{Xe}$ – ксенон;

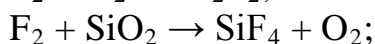
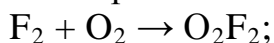
$X_8 - \text{O}_2$ – кислород;

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

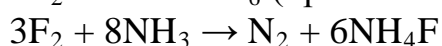
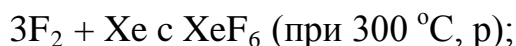
2.



3. Фтор очень сильный окислитель (например):

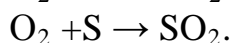
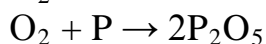
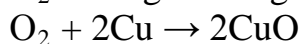
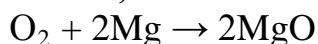


или



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 -
4. Приведены примеры реакций демонстрирующие ОВ свойства веществ X_1 – 3 балла.

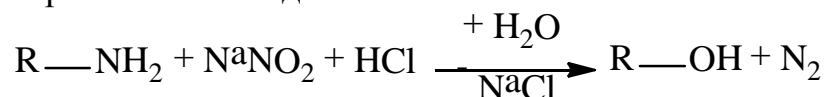
Итого 20 баллов.

Задание 2.

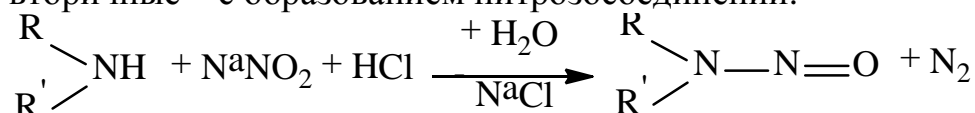
Смесь трех аминов массой 3 г, два из которых являются изомерами, плотность по азоту которых 1,61, а один – простейший представитель своего класса, обработали избытком NaNO_2 в среде HCl , а затем нагрели. При этом выделилось 1,12 л газа. После обработки такого же количества смеси эквимольным количеством бромной воды было получено 3,3 г белого осадка и раствор, на нейтрализацию, которого потребовалось 300 мл раствора NaOH с концентрацией 0,1 моль/л. Определите качественный и количественный состав смеси (массовые доли).

Решение.

Амины реагируют с азотистой кислотой по-разному:
первичные - с выделением азота



вторичные – с образованием нитрозосоединений:

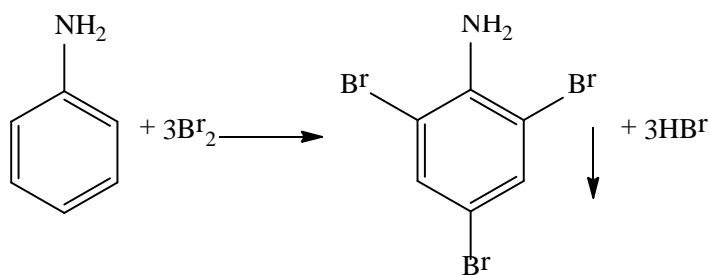


Количество выделившегося азота:

$$n = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль}$$

Т.к. количества азота, выделяющегося в результате реакции, относится к количеству первичного амина 1:1, то количество первичного амина (или аминов) равно 0,05 моль.

С бромной водой, с образованием осадка, реагируют ароматические амины. Если предположить, что это анилин, который является простейшим представителем ароматических аминов, можем написать реакцию бромирования анилина:



Количество NaOH: $n = c_M \cdot V = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ моль}$, количество бромпроизводного к количеству NaOH относится как 1:3, $\Rightarrow n(\text{C}_6\text{H}_4\text{NBr}_3) = 0,01 \text{ моль}$, молярная масса его будет равна: $M = 3,3 : 0,01 = 330 \text{ г/моль}$, что соответствует массе триброманилина ($\text{C}_6\text{H}_4\text{NBr}_3$).

$$n(\text{C}_6\text{H}_4\text{NBr}_3) = n(\text{C}_6\text{H}_7\text{N}) = 0,01 \text{ моль}.$$

Т.к. количество выделившегося азота 0,05 моль, а количество анилина 0,01 моль, можно утверждать, что в смеси есть еще первичный амин (или амины) в количестве $0,05 - 0,01 = 0,04 \text{ моль}$.

Из плотности по азоту находим молекулярные массы оставшихся аминов, которые будут равны, т.к. это изомеры:

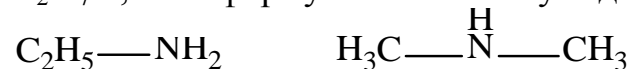
$$M = 1,61 \cdot 28 = 45 \text{ г/моль}.$$

Если это алифатические амины, их общая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$:

$$12 \cdot n + 1 \cdot 2n + 3 + 14 = 45$$

$$n = 2$$

$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$, этой формуле соответствует два амина: этиламин и диметиламин



Т.к. только один из аминов первичный, его количество равно 0,04 моль, масса его равна: $0,04 \cdot 45 = 1,8 \text{ г}$.

$$\text{Масса анилина } 0,01 \cdot 93 = 0,93 \text{ г}.$$

$$\text{На оставшийся амин приходится } 3 - 1,8 - 0,93 = 0,27 \text{ г}.$$

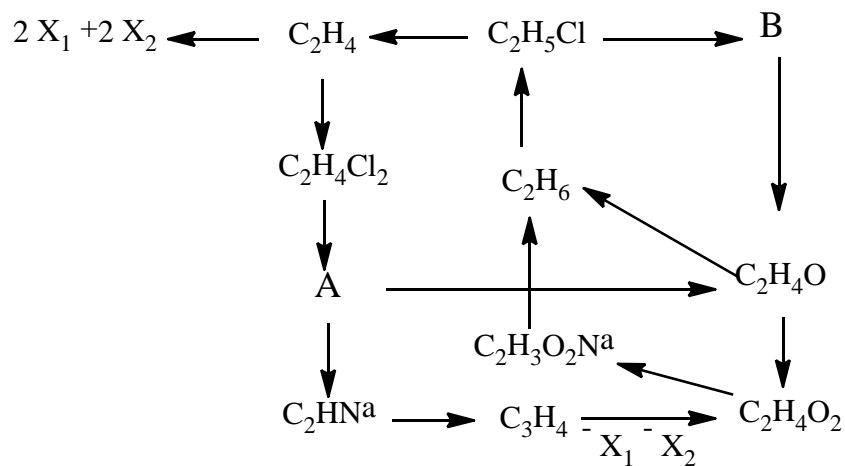
$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = \frac{0,93}{3} \cdot 100\% = 31\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = \frac{1,8}{3} \cdot 100\% = 60\%$$

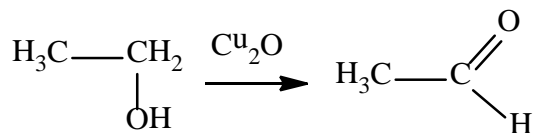
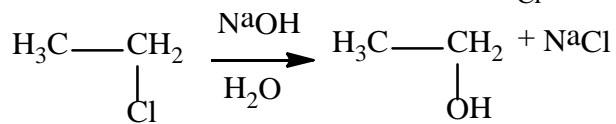
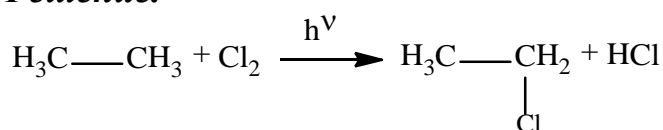
$$\omega(\text{CH}_3\text{NHCH}_3) = \frac{0,27}{3} \cdot 100\% = 9\%$$

Задание 3.

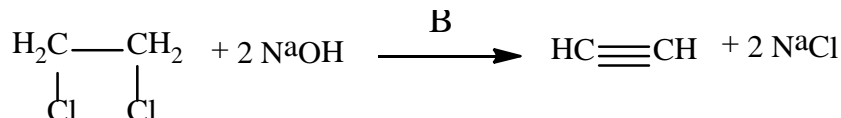
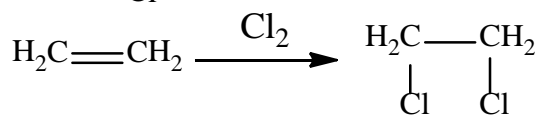
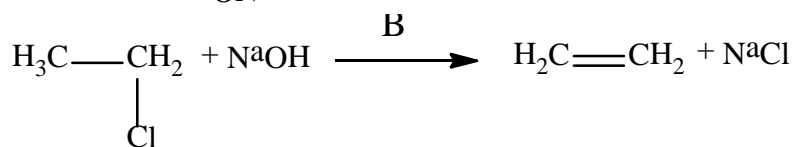
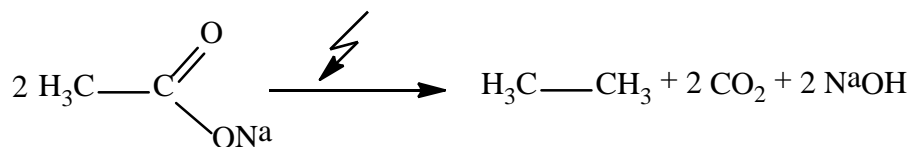
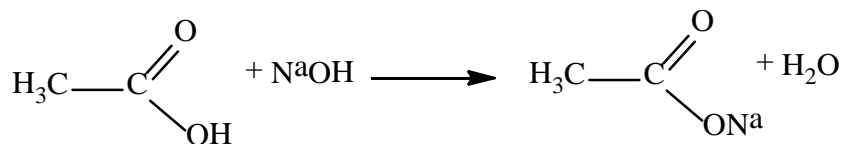
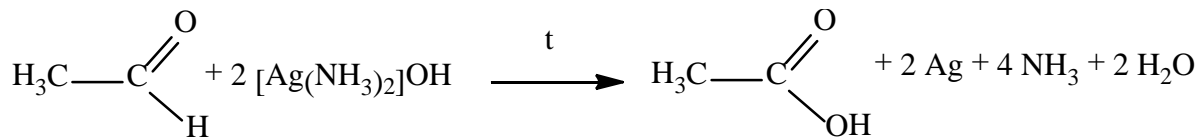
Заполните схему превращений, используя структурные формулы, укажите условия, напишите уравнения реакций и назовите все органические вещества. Определите зашифрованные вещества А, В, X₁ и X₂.

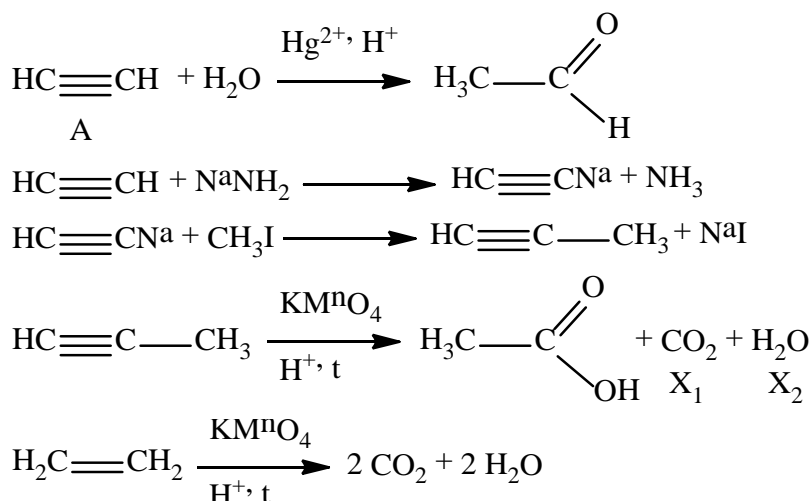


Решение.



B





Система оценивания:

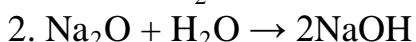
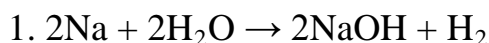
- 1) Написаны структурные формулы органических молекул и даны названия – 5 баллов
- 2) написаны уравнения реакций и указаны условия реакций – 7,5 баллов;
- 3) определены вещества А, В, X₁ и X₂.

Итого 20 баллов

Задание 4.

При взаимодействии металлического натрия массой 10 г с водой выделяется 61,23 кДж, а при взаимодействии оксида натрия массой 2 г с водой выделяется 4,51 кДж. В обоих случаях вода берется в большом избытке. Вычислите тепловой эффект реакции образования оксида натрия из простых веществ при температуре 298 К теплоту образования оксида натрия. Теплота образования жидкой воды 285,84 кДж/моль.

Решение.



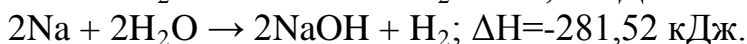
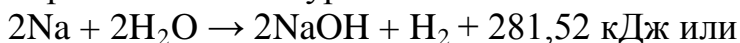
1. Для расчета теплоты образования оксида натрия по закону Гесса необходимо рассчитать тепловые эффекты приведенных реакций и составить термохимические уравнения.

$$n = \frac{m}{M(\text{Na})} = \frac{10}{23} = 0,435 \text{ моль}; \quad n = \frac{m}{M(\text{Na}_2\text{O})} = \frac{2}{62} = 0,032 \text{ моль}$$

Таким образом, при взаимодействии 0,435 моль металлического натрия с водой выделилось 61,23 кДж теплоты, а при взаимодействии 2 моль металлического натрия – X.

$$\frac{0,435}{2} = \frac{61,23}{x}; \quad x = \frac{61,23 \cdot 2}{0,435} = 281,52 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



Для второго уравнения действуем аналогично:

при взаимодействии 0,032 моль оксида натрия с водой выделилось 4,51 кДж теплоты, а при взаимодействии 1 моль – X.

$$\frac{0,032}{1} = \frac{4,5}{x}; x = \frac{4,51}{0,032} = 140,9 \text{ кДж}$$

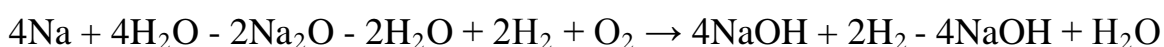


Для того, чтобы найти тепловой эффект реакции

$4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$, необходимо скомбинировать данные уравнения таким образом, чтобы получилось то уравнение, для которого необходимо рассчитать тепловой эффект. Так как в процессе участвует вода, нам необходимо составить термохимическое уравнение образования воды:

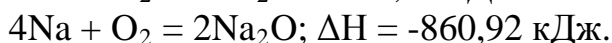
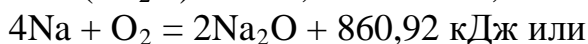


$$\Delta H^\circ (\text{Na}_2\text{O}) = (1) \cdot 2 - (2) \cdot 2 + (3) \cdot 2.$$



Сокращая подобные члены, получаем искомое уравнение: $4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$.

$$\Delta H^\circ (\text{Na}_2\text{O}) = -281,52 \cdot 2 + 140,9 \cdot 2 - 285,84 \cdot 2 = -860,92.$$



Теплотой образования сложного вещества называется тепловой эффект образования одного моль этого вещества из соответствующих простых веществ при стандартных условиях. Таким образом теплота образования оксида натрия: $\Delta H_{298}^\circ (\text{Na}_2\text{O}) = -860,92 : 2 = 430,46 \text{ кДж/моль}$.

Система оценивания

- 1) Написаны уравнения реакций и рассчитаны количества веществ – 4 баллов
- 2) написаны термохимические уравнения – 4 баллов;
- 3) Составлено уравнение получения оксида натрия из предложенных уравнений – 5 баллов;
- 4) Рассчитан тепловой эффект реакции получения оксида натрия и составлено термохимическое уравнение – 3 балла.
- 5) Рассчитана теплота образования оксида натрия – 4 балла.

Итого 20 баллов