

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

Химия
Решения теоретический тур
10 класс

Задание 1.

Белый порошок X_1 разлагается при нагревании с образованием простых веществ: металла X_2 и газа X_3 .

X_1 сильный восстановитель, при взаимодействии с CO_2 в соотношении 1:1 образует соль карбоновой кислоты X_4 , которая способна осаждать серебро из аммиачного раствора оксида серебра.

X_2 – очень активный металл, серебристо-белого цвета, способный растворяться в жидком аммиаке с образованием темно-синего раствора, который проводит электрический ток, а с газообразным аммиаком образует соединение X_5 .

При сгорании X_2 на воздухе образует бинарное соединение X_6 оранжево-желтого цвета, сильный окислитель, с массовой долей X_2 54,93%, которое взаимодействует со светло-синим газом X_7 , плохо растворимом в воде, но хорошо растворимом в тетрахлоруглероде, обладающим сильными окислительными свойствами, и образует оранжево-красное кристаллическое вещество X_8 , разлагающееся при слабом нагревании с выделением X_9 – аллотропной модификации X_7 . При нагревании X_6 до 290 °С разлагается с выделением простого газообразного вещества X_9 и бинарного соединения X_{10} белого цвета с массовой долей X_2 70,91%. Нагревание до 530 °С приводит к дальнейшему разложению с выделением того же газа и образованию бинарного соединения X_{11} , которое так же может быть получено при нагревании X_2 с его гидроксидом, при этом выделяется X_3 . X_8 реагирует с жидким аммиаком с образованием X_5 .

Задания:

1. Определить и назвать все упомянутые вещества X .
2. Написать уравнения всех описанных реакций.
3. Привести 2 примера, характеризующих восстановительных свойств X_1 .
4. Привести 2 примера, характеризующих окислительных свойств X_6 .
5. Описать природу «синего раствора» X_2 в аммиаке.

Решение.

1. К бинарным соединениям, обладающим сильными восстановительными свойствами, при разложении которых выделяется газ, относятся гидриды. Из описания вещества X_2 очевидно, что это щелочной металл.

Таким образом X_1 это гидрид щелочного металла.

При сгорании этого металла на воздухе, в зависимости от того, какой это металл образуются разные продукты: Li – дает оксид, Na – пероксид, K – надпероксид. Учитывая, что разложение X_5 протекает в две стадии, с потерей одного и того же газа можно предположить, что X_5 – это надпероксид калия, что подтверждается расчетом массовой доли элемента в этом соединении.

$$M(KO_2) = 71 \text{ г/моль.}$$

$$\omega = \frac{39}{71} \cdot 100\% = 54,93\%$$

При прокаливании и потере кислорода, массовая доля калия увеличивается.

$$M(K_2O_2) = 110 \text{ г/моль.}$$

$$\omega = \frac{78}{110} \cdot 100\% = 70,91\%$$

При разложении гидридов выделяется водород – X_3 .

При взаимодействии гидроксида калия с CO_2 образуется формиат калия, соль карбоновой кислоты, которая дает реакцию серебряного зеркала.

Растворение калия в аммиаке дает синий раствор, содержащий сольватированные ионы калия и электроны, за счет этого раствор проводит электрический ток.

Светло-синий газ имеющий аллотропные модификации и обладающий окислительными свойствами – озон X_7 .

X_1 – гидрид калия

X_2 – калий

X_3 – водород

X_4 – формиат калия

X_5 – амид калия

X_6 – надпероксид калия

X_7 – озон

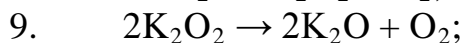
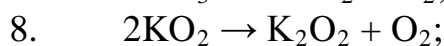
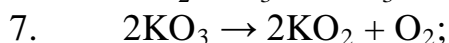
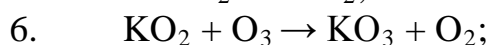
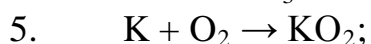
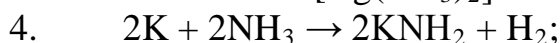
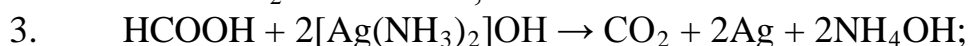
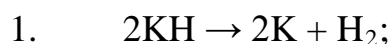
X_8 – озонид калия

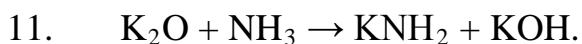
X_9 – кислород

X_{10} – пероксид калия

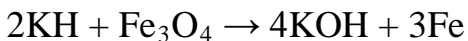
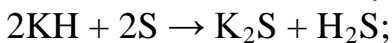
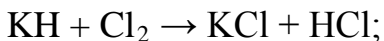
X_{11} – оксид калия

2.



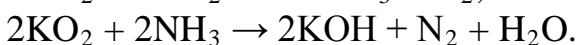
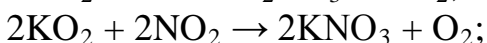
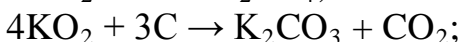
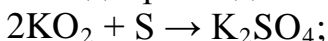


3. Гидриды сильные восстановители (например):



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие восстановительные свойства гидридов.

4. Надпероксиды очень сильные окислители (например):



Могут быть приведены другие реакции, характеризующие окислительные свойства надпероксидов.

5. При растворении щелочных металлов в жидком аммиаке образуются катионы K^+ , сольватированные аммиаком имеющие синюю окраску и анионы $(\text{NH}_3)_x^-$.

Система оценивания:

1. Определены и названы все вещества (0,45 балла за одно вещество) – суммарно 5 баллов.

2. Написаны реакции (0,9 балла за реакцию) – суммарно 9 баллов.

3. Приведены примеры реакций демонстрирующие ОВ свойства веществ X_1 и X_6 (0,5 балла за реакцию) – 2 балла.

4. Описана природа раствора калия в аммиаке. (4 балла)

Итого 20 баллов

Задание 2.

На восстановление 2,24 л смеси двух непредельных углеводородов пошло 0,2 г водорода. При окислительном озоноллизе такого же количества смеси образовалась смесь кислот. После обработки этой смеси аммиачным раствором оксида серебра при нагревании выделилось 10,8 г твердого остатка и в растворе осталась двухосновная кислота. Кислоту выделили, нагрели до 300 °С, при этом образовалось 6,3 г органического соединения. Определите углеводороды и мольный состав смеси. Напишите все перечисленные реакции и назовите все органические соединения.

Решение.

Найдем количество вещества смеси:

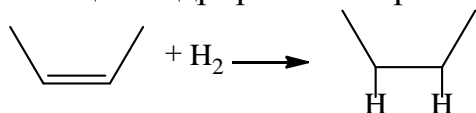
$$n = \frac{V}{V_M} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль.}$$

Найдем количество вещества водорода:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ моль.}$$

Соотношение 1:1.

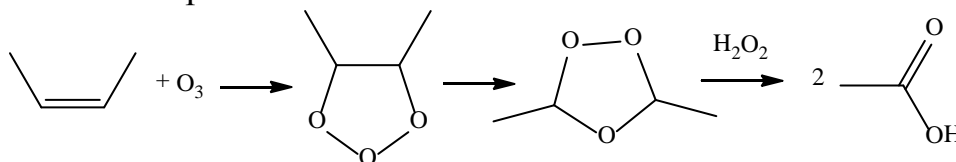
Реакция гидрирования протекает по схеме:



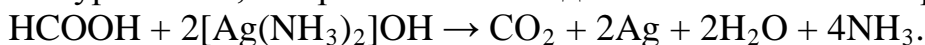
Т.е. на 1 моль УВ требуется 1 моль водорода.

Т.к. при озонлизе получается двухосновная кислота, один из УВ может быть либо диеном, либо циклическим алкеном. Дием исключается т.к. на его гидрирование потребуется в два раз больше водорода. Циклический алкен должен содержать в цикле 5 или более атомов углерода, чтобы при гидрировании не проходило раскрытие цикла и соотношение водорода и УВ было 1:1.

Озонлиз протекает по схеме:



Из карбоновых кислот с аммиачным раствором серебра реагирует только муравьиная, с образованием осадка металлического серебра.



$$n = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} = \frac{10,8}{108} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$n(\text{Ag}):n(\text{НСООН}) = 2:1 \Rightarrow n(\text{НСООН}) = 0,05 \text{ моль.}$$

Муравьиная кислота при озонлизе получается из этилена в соотношении 2:1, следовательно количество этилена равно 0,025 моль.

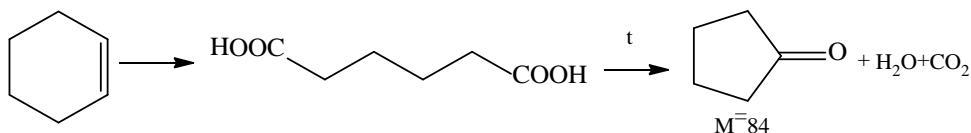
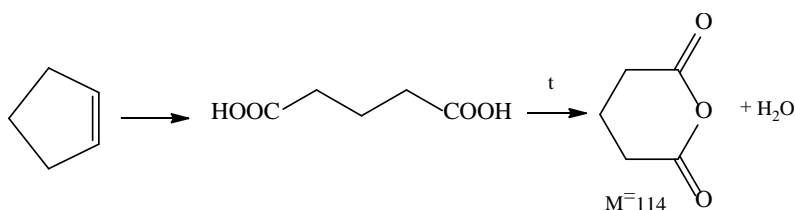
Таким образом в состав смеси входит 0,025 моль этилена, на другой УВ приходится $0,1 - 0,025 = 0,075$ моль.

При озонлизе циклических алкенов соотношение исходного алкена и дикарбоновой кислоты 1:1, т.о. количество кислоты – 0,075 моль.

При нагревании дикарбоновых кислот происходит потеря молекулы воды и декарбоксилирование, в зависимости от длины цепи реакция протекает по-разному, однако соотношение исходных веществ и продуктов реакции так же 1:1, следовательно количество органического продукта реакции - 0,075 моль. Поэтому можно найти молярную массу:

$$M(X) = \frac{m}{n} = \frac{6,3}{0,075} = 84 \text{ г / моль}$$

Т.к. циклическое соединение может содержать от 5 и более атомов углерода:



Мольный состав смеси:

$$N(C_2H_4) = \frac{0,025}{0,1} = 0,25$$

$$N(C_6H_{10}) = \frac{0,075}{0,1} = 0,75$$

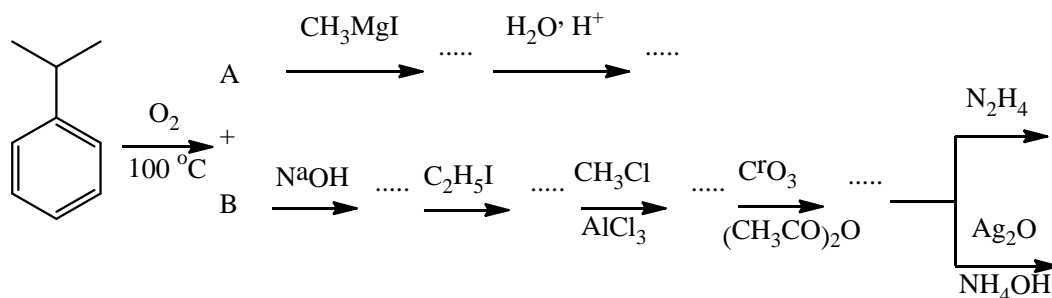
Система оценивания:

1. Определены и названы все вещества – 5 баллов.
2. Написаны реакции – 7,5 баллов.
3. Приведены расчеты – 7,5 баллов.

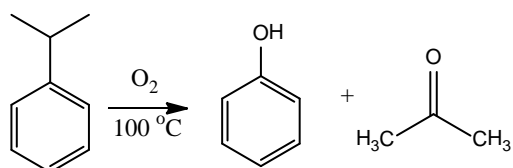
Итого 20 баллов

Задание 3.

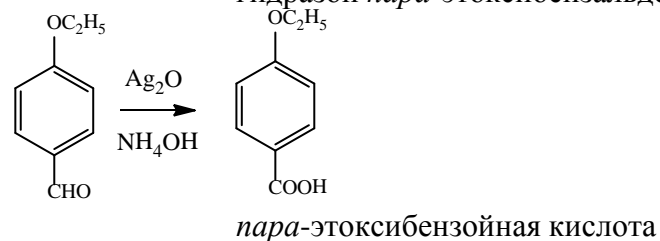
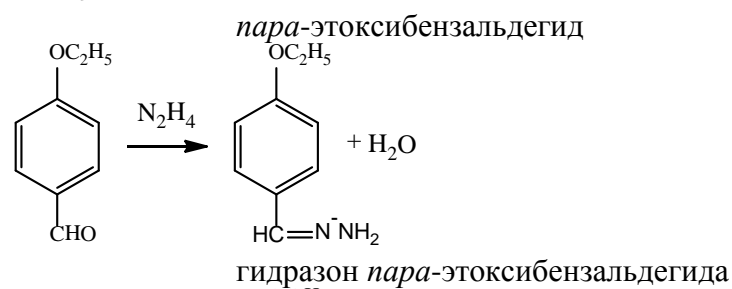
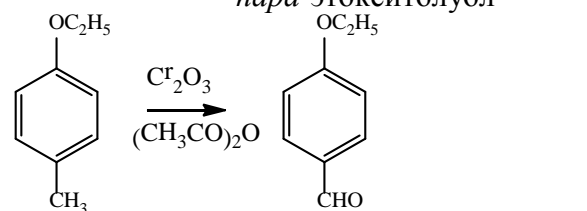
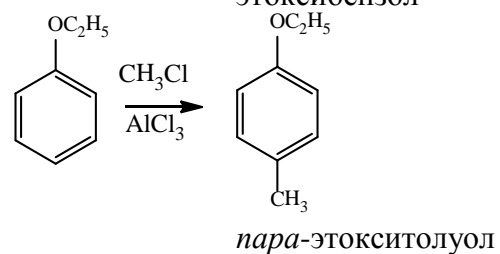
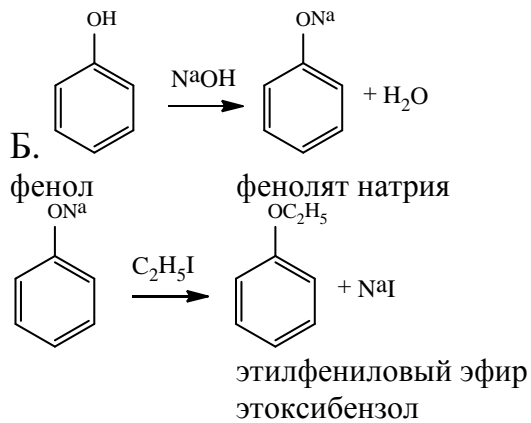
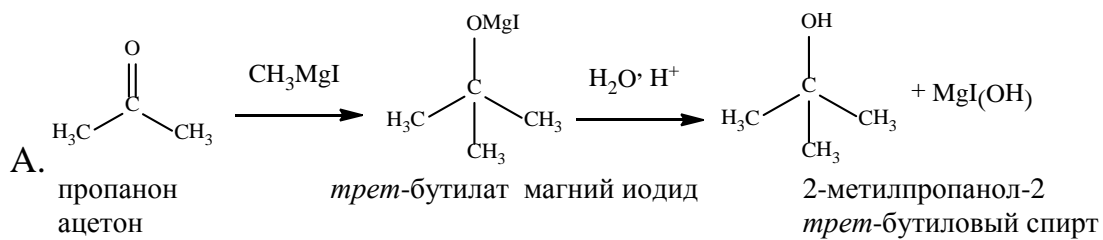
Заполните схему превращений, определите вещества А и В. напишите уравнения реакций и назовите все органические вещества.



Решение.



изопропилбензол
кумол



Система оценивания:

1. Определены вещества А и Б – суммарно 5 баллов.
2. Написаны реакции (1,1 балла за реакцию) – суммарно 10 баллов.
3. Даны названия всех органических соединений – 5 баллов.

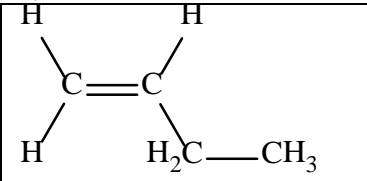
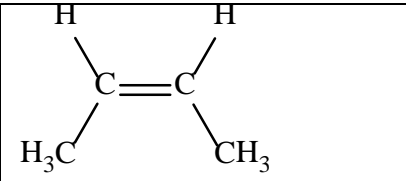
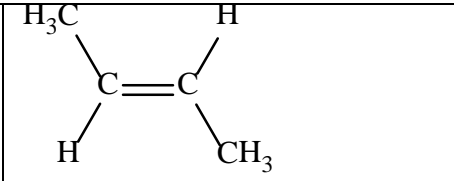
Задание 4.

При гидрировании бутена-1, *цис*-бутена-2, *транс*-бутена-2 выделяется соответственно 126,02; 119,16; 114,98 кДж/моль теплоты. При полном сгорании бутана, графита и водорода выделяется соответственно 2878,3; 393,5; 285,8 кДж/моль.

- 1) Изобразите структурные формулы органических молекул и назовите их, используя рациональную номенклатуру;
- 2) напишите термохимические уравнения приведенных реакций для стандартных условий;
- 3) вычислите теплоты образования изомерных бутенов из простых веществ.

Решение.

1)

		
этилэтилен	<i>цис</i> - α,β -диметилэтилен	<i>транс</i> - α,β -диметилэтилен

2)

А) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; $\Delta H = -126,02$ кДж.

Б) *цис*- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; $\Delta H = -119,16$ кДж.

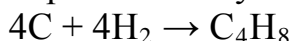
В) *транс*- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; $\Delta H = -114,98$ кДж.

Г) $\text{C}_4\text{H}_{10} + 13/2\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$; $\Delta H = -2878,3$ кДж.

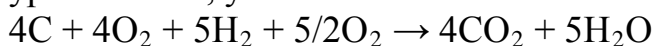
Д) $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$; $\Delta H = -393,5$ кДж.

Е) $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$; $\Delta H = -285,8$ кДж.

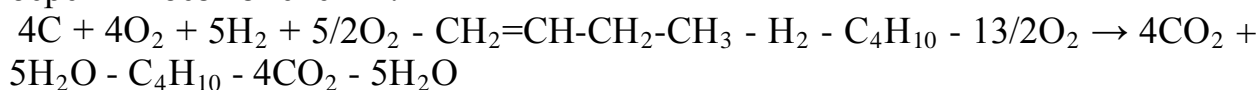
3) Для нахождения теплот образования изомерных бутенов воспользуемся следствием из закона Гесса, и, из предложенных реакций, составим реакцию образования бутена.



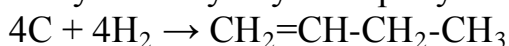
Для этого возьмем уравнение Д умноженное на 4 и прибавим к нему уравнение Е, умноженное на 5



В полученном уравнении есть необходимые элементы С и Н, но отсутствует продукт и есть лишние молекулы CO_2 и H_2O . Необходимый нам бутен можно взять из уравнения А, Б или В, но т.к. бутены находятся в них в левой части, то эти уравнения нужно вычесть. А убрать лишние молекулы можно, если вычесть уравнение Г. Т.к. коэффициенты в уравнениях нам подходят, берем их без изменения:



Сокращаем члены с противоположными знаками и переносим молекулы с минусом в нужную сторону



То же самое делаем и с тепловыми эффектами реакций:

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3) = -393,5 \cdot 4 + (-285,8 \cdot 5) - (-126,02) - (-2878,3) = 1,16 \text{ кДж/моль.}$$

Аналогично поступаем с оставшимися бутенами.

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{цис-CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2-\text{CH}_3) = -393,5 \cdot 4 + (-285,8 \cdot 5) - (-119,16) - (-2878,3) = -5,7 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{транс-CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2-\text{CH}_3) = -393,5 \cdot 4 + (-285,8 \cdot 5) - (-114,98) - (-2878,3) = -9,88 \text{ кДж/моль.}$$

Система оценивания:

- 1) Написаны структурные формулы органических молекул и даны названия – 5 баллов
- 2) написаны термохимические уравнения – 7,5 баллов;
- 3) вычислены теплоты образования изомерных бутенов из простых веществ – 7,5 баллов

Итого 20 баллов