

**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

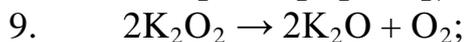
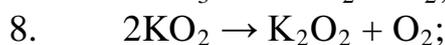
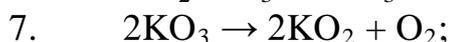
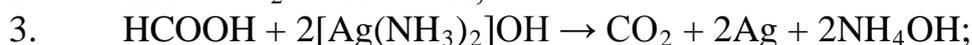
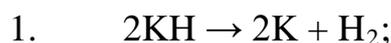
$X_8$  – озонид калия

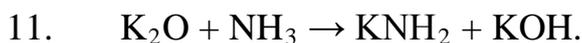
$X_9$  – кислород

$X_{10}$  – пероксид калия

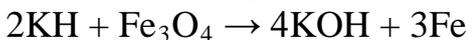
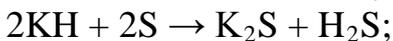
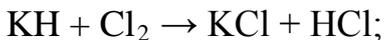
$X_{11}$  – оксид калия

2.



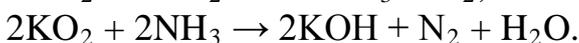
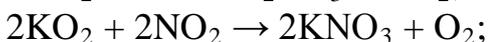
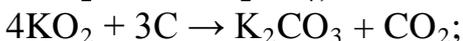


3. Гидриды сильные восстановители (например):



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  $\text{K}^+$ , 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  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_6$  (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 озонлизе 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:

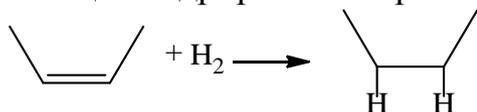
$$n = \frac{V}{V_M} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль.}$$

Найдем количество вещества водорода:

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

Соотношение 1:1.

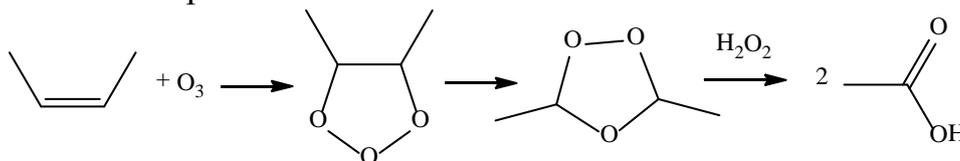
Реакция гидрирования протекает по схеме:



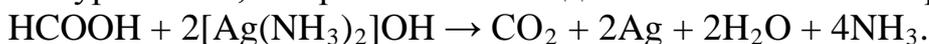
Т.е. на 1 моль УВ требуется 1 моль водорода.

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.

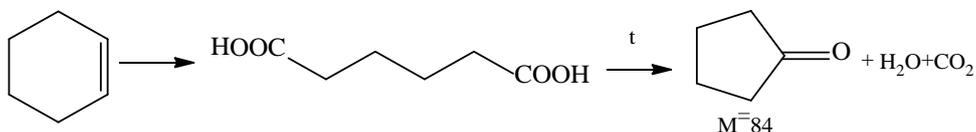
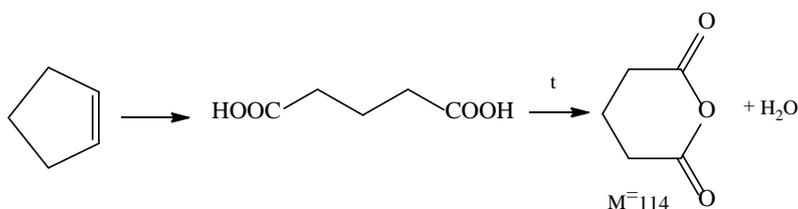
Таким образом в состав смеси входит 0,025 моль этилена, на другой УВ приходится  $0,1 - 0,025 = 0,075$  моль.

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:

$$N(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{0,025}{0,1} = 0,25$$

$$N(\text{C}_6\text{H}_{10}) = \frac{0,075}{0,1} = 0,75$$

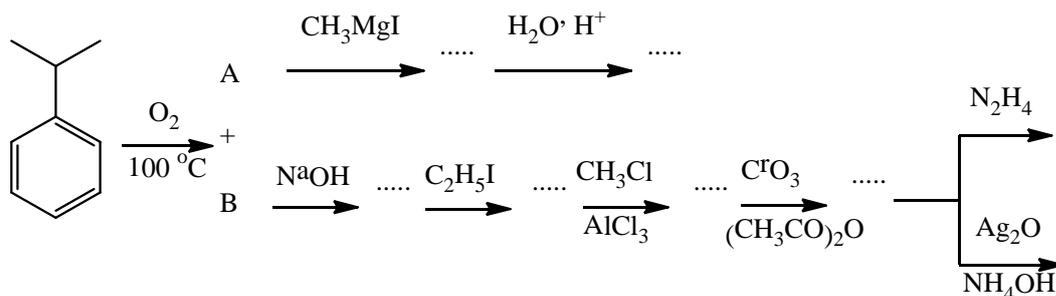
**Система оценивания:**

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

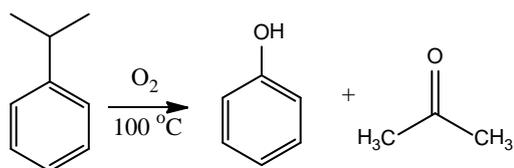
**Итого 20 баллов**

### Задание 3.

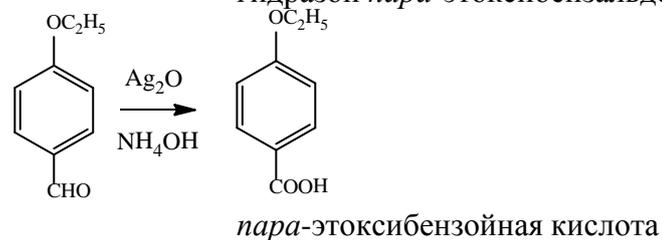
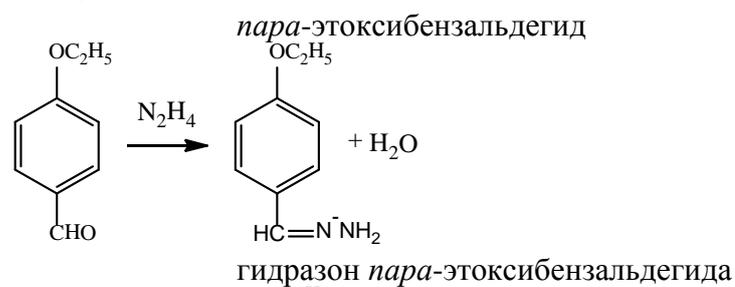
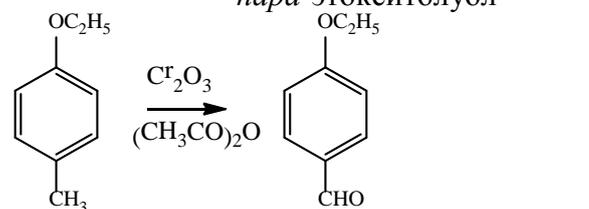
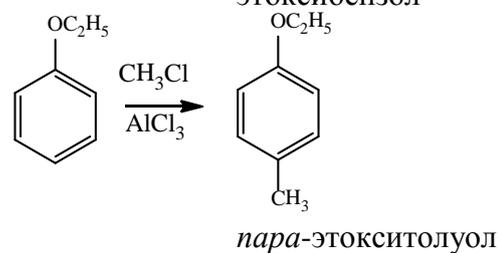
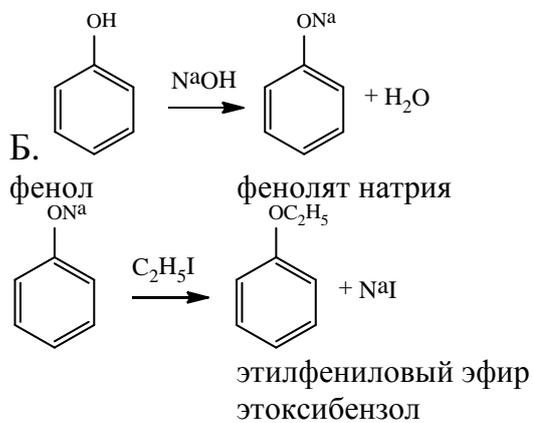
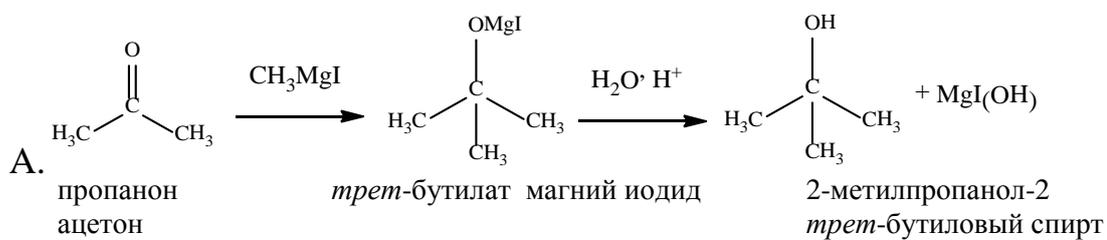
Заполните схему превращений, определите вещества А и В. напишите уравнения реакций и назовите все органические вещества.



**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.

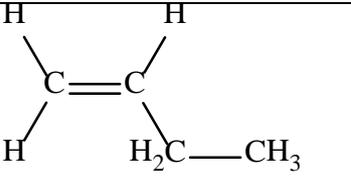
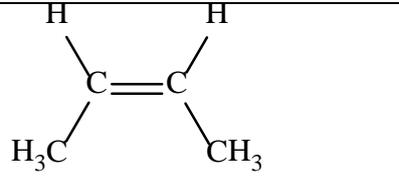
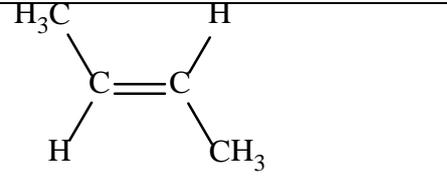
#### Задание 4.

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.

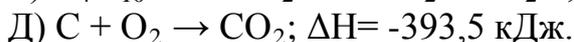
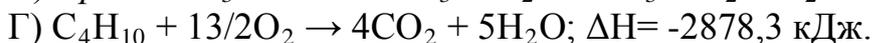
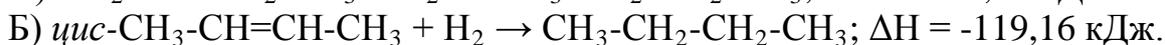
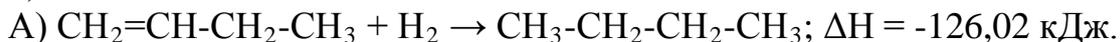
- 1) Изобразите структурные формулы органических молекул и назовите их, используя рациональную номенклатуру;
- 2) напишите термохимические уравнения приведенных реакций для стандартных условий;
- 3) вычислите теплоты образования изомерных бутенов из простых веществ.

#### Решение.

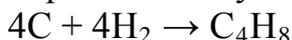
1)

		
этилэтилен	<i>цис</i> - $\alpha,\beta$ -диметилэтилен	<i>транс</i> - $\alpha,\beta$ -диметилэтилен

2)



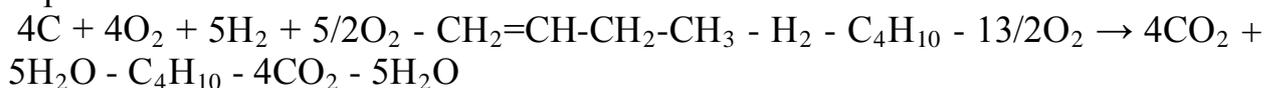
3) Для нахождения теплот образования изомерных бутенов воспользуемся следствием из закона Гесса, и, из предложенных реакций, составим реакцию образования бутена.



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  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . 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**