

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии в 2023/2024 учебном году**

**Теоретический тур (решение)  
10 КЛАСС**

**Задача 1.**

Основным компонентом удобрения «двойной суперфосфат» является моногидрат дигидрофосфата кальция. Образец этого вещества подвергли медленному нагреванию, отслеживая ступенчатое изменение его массы. Полученные данные термогравиметрии (зависимости массы вещества от температуры нагрева) представлены в таблице:

Масса твердого остатка, г	Температура, °С
98,0	20
91,0	110
77,0	200
49,4	900
40,2	1200

1. Составьте уравнения реакций, протекавших при нагревании образца соли, и назовите образующиеся при этом продукты. Свой ответ подтвердите расчетом.

2. Что произойдет, если нагревание продолжить до температуры выше 1700 °С?

**20 баллов**

**Решение.**

1)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ , дигидрофосфат кальция и вода;

(уравнение реакции и название веществ – 2 балла, подтверждение расчетом – 2 балла)

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 = \text{Ca}(\text{PO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , метафосфат кальция и вода;

(уравнение реакции и название веществ – 2 балла, подтверждение расчетом – 2 балла)

$2\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 = \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{P}_2\text{O}_5$ , пирофосфат кальция и оксид фосфора(V);

(уравнение реакции и название веществ – 2 балла, подтверждение расчетом – 2 балла)

$3\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{P}_2\text{O}_5$ , ортофосфат кальция и оксид фосфора(V).

(уравнение реакции и название веществ – 2 балла, подтверждение расчетом – 2 балла)

2) Разложение на оксид кальция и оксид фосфора(V).

$2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 6\text{CaO} + 2\text{P}_2\text{O}_5$

(4 балла)

**20 баллов**

### Задача 2.

При хлорировании углеводорода получили вещество А, содержащее 37,21% углерода, 7,75% водорода и 55,04% хлора. Плотность паров данного вещества по воздуху равна 2,224. При взаимодействии вещества А с разбавленным раствором гидроксида натрия образовалось кислородсодержащее соединение Б. Половину вещества Б обработали при нагревании раствором перманганата калия и получили соединение В. При последующем нагревании смеси В и Б с несколькими каплями концентрированной серной кислоты образовалось 26,4 г сложного эфира. Определить какой углеводород и в каком количестве был взят, если вещество А образовалось с выходом 50%, последняя реакция прошла на 60%, а все остальные реакции – количественно.

**20 баллов**

#### Решение.

$$1) n(\text{C})=37,21/12=3,1$$

$$n(\text{H})=7,75/1=7,75$$

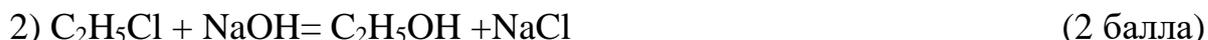
$$n(\text{Cl})=55,04/35,5=1,55$$

$$n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{Cl})=3,1:7,75:1,55=2:5:1$$

$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  – простейшая формула,  $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl})=64,5\text{г/моль}$

$$M(\text{вещества})=D \cdot M_{\text{воз}}=2,224 \cdot 29=64,5\text{г/моль}$$

$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl})=M(\text{вещества})$ , значит формула истинная. (5 баллов)



Теоретическое количество эфира  $n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)=26,4/(0,6 \cdot 88)=0,5$  моль

Общее количество образовавшегося спирта и, соответственно, хлорэтана:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl})=n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=0,5 \cdot 2=1,0 \text{ моль}$$

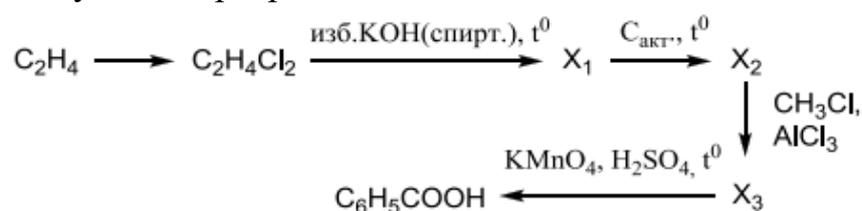
Поскольку реакция хлорирования прошла с выходом 50 %, то количество вступившего в реакцию  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$  этана:

$$n(\text{C}_2\text{H}_6)=2 \cdot 1,0=2 \text{ моль} \quad (10 \text{ баллов})$$

**20 баллов**

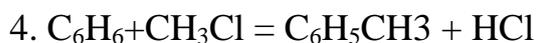
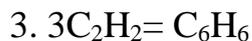
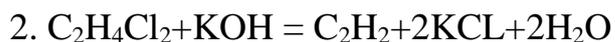
### Задача 3.

Напишите уравнения реакций (укажите структурные формулы и названия органических веществ в продуктах реакции), с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**20 баллов**

**Решение.**



Каждая реакция оценивается в 4 балла (уравнение реакции 2 балла, структурная формула и название органических веществ в продуктах реакции по 1 баллу)

**20 баллов**

**Задача 4.**

При прокаливании смеси серы и 22,4 г неизвестного металла без доступа воздуха образуется сульфид металла (II). При растворении продуктов реакции в избытке соляной кислоты выделяется газ А и остается 6,4 г нерастворимого вещества, при сжигании которого в избытке кислорода образуется газ Б. Количественное взаимодействие А и Б приводит к образованию 19,2 г простого вещества. Определите неизвестный металл. Дайте количественное обоснование ответа. Рассчитайте количество серы в исходной смеси.

**20 баллов**

**Решение.**



газ А – сероводород, нерастворимое вещество – избыточная сера, (3 балла)

$n(S)_{изб} = 6,4 / 32 = 0,2$  моль



$n(SO_2) = 0,2$  моль



$n(S) = 19,2 / 32 = 0,6$  моль,

значит  $n(H_2S) = 0,4$  моль =  $n(MeS) = n(Me)$ ;

$M(Me) = 22,4 / 0,4 = 56$  г/моль

Me – железо (3 балла)

Количество серы в исходной смеси  $0,4 + 0,2 = 0,6$  моль (2 балла)

**20 баллов**

### Задача 5.

Для определения формулы хромокалиевых квасцов  $xK_2SO_4 \cdot yCr_2(SO_4)_3 \cdot zH_2O$ , приготовили 1 л раствора, в котором содержалось 99,8 г квасцов. При добавлении к 200 мл этого раствора избытка раствора нитрата бария образовалось 18,64 г осадка. При добавлении к такому же объему (200 мл) исходного раствора избытка раствора аммиака образовалось 4,12 г осадка. Определить формулу исходного вещества.

**20 баллов**

### Решение.



В 200 мл раствора содержится квасцов  $m(\text{квасцов}) = 99,8 \cdot 0,2 = 19,96 \text{ г}$

$n(BaSO_4) = \frac{18,64}{233} = 0,08 \text{ моль}$ , т. е. в растворе содержится 0,08 моль сульфат-ионов. (2 балла)



$n(Cr(OH)_3) = \frac{4,12}{103} = 0,04 \text{ моль}$ , т. е. в растворе содержалось 0,02 моль  $Cr_2(SO_4)_3$  (2 балла)

Таким образом,  $n(SO_4^{2-}) = 0,06 \text{ моль}$  в составе  $Cr_2(SO_4)_3$  (2 балла)

Следовательно, в составе  $K_2SO_4$   $n(SO_4^{2-}) = 0,08 - 0,06 = 0,02 \text{ моль}$  (2 балла)

В растворе содержится

$$m(Cr_2(SO_4)_3) = 0,02 \cdot 392 = 7,84 \text{ г}$$

$$m(K_2SO_4) = 0,02 \cdot 174 = 3,48 \text{ г}$$

Следовательно, в составе квасцов на воду приходится

$$m(H_2O) = 19,96 - 7,84 - 3,48 = 8,64 \text{ г}, \quad n(H_2O) = 0,48 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

Молярные отношения

$$n(K_2SO_4) : n(Cr_2(SO_4)_3) : n(H_2O) = 0,02 : 0,02 : 0,48 = 1 : 1 : 24 \quad (2 \text{ балла})$$

Формула хромокалиевых квасцов  $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$  (4 балла)

**20 баллов**