

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2020-2021 уч.г.

Муниципальный этап

26 ноября 2020 г.

Вологодская область

11 класс

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ

(максимум 120 баллов – по 20 баллов за задачу)

11-1 Медный купорос (10 г) растворили в достаточном количестве воды, раствор нагрели до 70°C и пропустили через него газ **Б**, имеющий запах загорающейся спички. При этом раствор полностью обесцветился и выпал красный осадок соли **В**, содержащий 1,03% Н (по массе), 16,56% S, 34,15% О и медь. Определите состав веществ **Б** и **В**, напишите уравнение реакции, происходящей в растворе. Какая масса осадка образовалась? Напишите уравнение реакции промышленного способа получения газа **Б**.

Решение:

Вещество В – соль Шевреля  $\text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot \text{CuSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (4 балла)

Газ Б – сернистый газ  $\text{SO}_2$  (4 балла)

$3\text{CuSO}_4 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot \text{CuSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}_2\text{SO}_4$  (4 балла)

Расчёт по уравнению – 10 г медного купороса соответствует 40 ммоль  $\text{CuSO}_4$ , 5,15 г осадка – соли В. (4 балла)

Получение сернистого газа в промышленности –  $2\text{FeS}_2 + 5\text{O}_2 = 2\text{FeO} + 4\text{SO}_2$  (4 балла)

11-2 Нагревание простого блестящего вещества **А** массой 20 г в избытке газа **Б** приводит к образованию твёрдого вещества **В**. При нагревании простого окрашенного вещества **Г** в избытке газа **Б** был получен газообразный при нормальных условиях продукт **Д**. Взаимодействие полученного в первой реакции **В** со стехиометричным количеством **Д** образуется соль **Е** массой 46,38 г и газ **Б** массой 3,31 г. Соль **Е** состоит из двух элементов в равном количестве. Откройте формулы зашифрованных веществ, напишите соответствующие уравнения реакции. Как взаимодействуют вещества **В** и **Д** с водой?

Решение:

Соль Е по условию состоит из 2 элементов. Скорее всего, всё простое вещество А вошло в состав Е, второй компонент – Г. Соотношение масс А и Г в Е –  $20:(46,38-20)=20:26,38$ . Судя по описанию простых веществ А и Г это металл и неметалл соответственно. Под количественные характеристики подходят магний Mg и сера S. Газ Б, соответственно, – водород  $\text{H}_2$ .

А – Mg (2 балла)

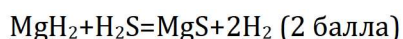
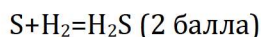
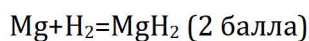
Б –  $\text{H}_2$  (2 балла)

В –  $\text{MgH}_2$  (2 балла)

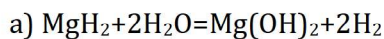
Г – S (2 балла)

Д –  $\text{H}_2\text{S}$  (2 балла)

Е – MgS (2 балла)

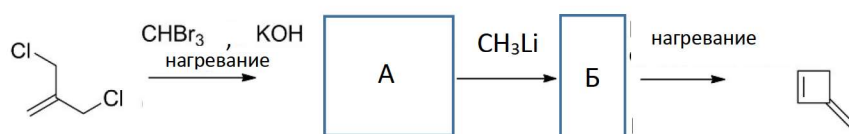


Взаимодействие с водой: (2 балла)

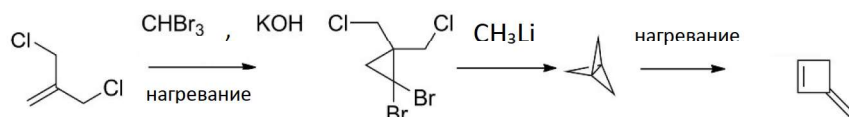


б)  $\text{H}_2\text{S}$  растворяется в воде и диссоциирует

11-3 Рассмотрите цепочку превращений. Вещество Б хранится при  $-30^\circ\text{C}$ , при  $25^\circ\text{C}$  в течение часа переходит в 3-метиленциклобутен. Определите, какие вещества зашифрованы под буквами А и Б. Предложите одну химическую реакцию, характеризующую химические свойства Б (кроме представленной на схеме). Какой объём газа (н.у.) образуется при полном сгорании 1 г данного вещества?

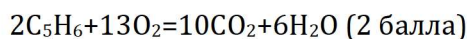


Решение:



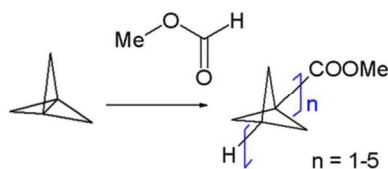
По 5 баллов за структурную формулу каждого вещества А и Б.

Уравнение сгорания Б – пропеллана ( $\text{C}_5\text{H}_6$ ):

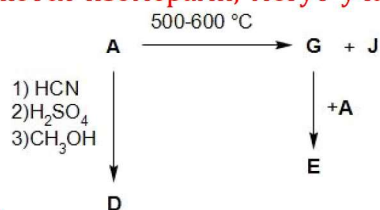


Образующийся газ –  $\text{CO}_2$ , его объём равен  $22,4 \text{ л/моль} \cdot n(\text{CO}_2) = 22,4 \cdot 5 \cdot n(\text{C}_5\text{H}_6) = 112 \cdot m(\text{C}_5\text{H}_6) / M(\text{C}_5\text{H}_6) = 1,70 \text{ л}$  (3 балла)

Пример химической реакции с участием Б – 5 баллов. Принимается за правильную любая реакция, в ходе которой разрывается связь между центральными углеродами (самая напряжённая).

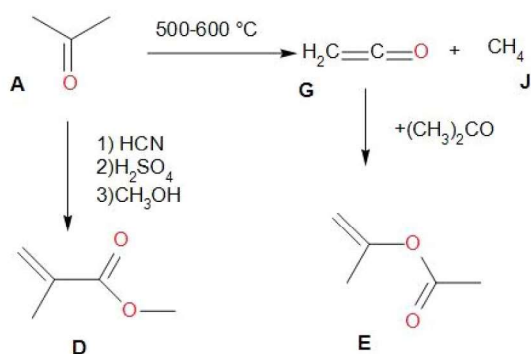


11-4 Дана цепочка превращений. Расшифруйте обозначения веществ. Известно, что массовая доля углерода в веществе **J** равна 75%, а вещества **D** и **E** являются изомерами, могут участвовать в



полимеризации и содержат 32% кислорода и 60% углерода.

Решение:



A ацетон

G кетен (этенон)

J метан

D метилметакрилат

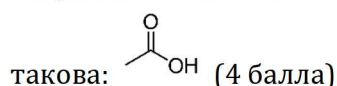
E пропенилацетат

По 4 балла за каждое вещество. (если посчитана только брутто-формула, но нет структуры – 2 балла)

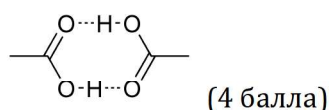
11-5 Известно, что уксусная кислота способна образовывать димеры в газовой фазе. В предварительно вакуумированный сосуд объёмом 260 мл поместили 0,54 г кислоты, после чего нагрели до 160°C и дождалась установления постоянного давления, которое составило 100 кПа. Приведите структурную формулу уксусной кислоты и её назовите её по номенклатуре. Изобразите структурную формулу димера кислоты и объясните в чём причина его образования. Рассчитайте массовую долю димера в установившейся равновесной смеси. Температура кипения уксусной кислоты 118°C. Универсальная газовая постоянная равна 8,314 Дж/моль\*К.

Решение:

Уксусная кислота по номенклатуре называется этановой кислотой, её структурная формула



Димер уксусной кислоты образуется за счёт образования водородных связей



Рассчитаем число частиц в сосуде в соответствии с уравнением Менделеева-Клапейрона:  $N = pV/RT = 100000 \cdot 260 / (1000000 \cdot 8,314 \cdot (273 + 160)) = 7,22$  ммоль. (2 балла)



Количество уксусной кислоты, внесённой в систему составило  $0,54/60=9$  ммоль. Следовательно, часть молекул уксусной кислоты превратилось в димер. (2 балла)

Составим уравнение образования димера  $2\text{AcOH}=(\text{AcOH})_2$  (2 балла).

Пусть  $x$ -количество димера в сосуде после установления равновесия. Тогда количество мономера равно  $7,22-x$  ммоль. Составим уравнение материального баланса:  $9 \text{ ммоль}=(7,22-x)+2x$ , отсюда  $x=9-7,22=1,78$  ммоль (4 балла).

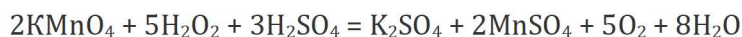
Массовая доля димера, таким образом равна  $1,78 \cdot 2 \cdot 60 / 0,54 = 1,78 \cdot 2 / 9 = 0,3956$ . Мономера уксусной кислоты –  $1-0,3956=0,6044$ . (2 балла)

**11-6 Мысленный эксперимент** Дезинфицирующий раствор содержит в своём составе только соединения водорода и кислорода. Предположите качественный состав раствора и предложите методику количественного определения компонентов дезинфицирующего раствора, имея в своём распоряжении водный раствор перманганата калия и навеску дигидрата щавелевой (этандиовой) кислоты, а также некоторое количество раствора серной кислоты. Напишите последовательность шагов, соответствующие уравнения реакций и формулы расчёта.

Решение:

Предположим качественный состав дезинфицирующего раствора. В условии указано, что дезинфицирующий раствор состоит только из соединений водорода и кислорода. Известны два таких соединений – вода  $\text{H}_2\text{O}$  и пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Действительно, пероксид водорода обладает дезинфицирующим действием. Итак, дезинфицирующий раствор – это раствор пероксида водорода в воде.

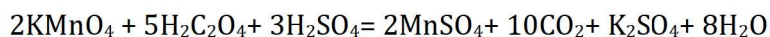
Метод количественного определения состава раствора может быть основан на окислительно-восстановительных реакциях, в которых участвует пероксид водорода. Среди предложенных реактивов – раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ , обладающего, как известно, свойствами окислителя. Также важно, что в ходе реакции окрашенного раствора перманганата калия с бесцветным пероксидом водорода окраска исчезает:



Таким образом, можно определить количество пероксида водорода в пробе по количеству перманганата калия, которое можно добавить к пробе без изменения её окраски (титрованием).

$n(\text{H}_2\text{O}_2)=2,5 \cdot n(\text{KMnO}_4)$  или  $c(\text{H}_2\text{O}_2)=2,5 \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot V_t(\text{KMnO}_4) / V_{\text{ал}}(\text{H}_2\text{O}_2)$ , где  $n(\text{H}_2\text{O}_2)$  – количество пероксида в пробе (аликвоте) объёмом  $V_{\text{ал}}(\text{H}_2\text{O}_2)$ , а  $n(\text{KMnO}_4)$  – эквивалентное количество перманганата, достигаемое добавлением объёма  $V_t(\text{KMnO}_4)$  раствора концентрацией  $c(\text{KMnO}_4)$ .

Концентрацию  $c(\text{KMnO}_4)$  можно определить титрованием раствора щавелевой кислоты, приготовленного из навески:



Эквивалентность определяется следующим образом:

$n(\text{KMnO}_4)=0,4 \cdot n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  или  $c(\text{KMnO}_4)=0,4 \cdot c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_{\text{ал}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) / V_t(\text{KMnO}_4)$ . Концентрацию щавелевой кислоты можно определить как  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / (M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{р-ра}})=m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / (126 \text{ г/моль} \cdot V_{\text{р-ра}})$ .

Примерный ход определения:

а) Приготовим раствор щавелевой кислоты по навеске, растворив её в некотором количестве дистиллированной воды, а затем доведя до метки в мерной колбе.

б) Поместим аликвоту этого раствора в колбу для титрования, разбавим дистиллированной водой, добавим немного раствора серной кислоты.

в) Будем постепенно добавлять из бюретки раствор перманганата калия до того момента как появится окраска. Таким образом определим точную концентрацию раствора перманганата калия (см. формулу для расчёта выше).

г) В колбу для титрования отберём аликвоту исследуемого дезинфицирующего раствора, разбавим дистиллированной водой, добавим серной кислоты.

д) Будем постепенно добавлять из бюретки раствор перманганата калия до того момента как появится окраска. Таким образом можно рассчитать концентрацию пероксида водорода (см. формулу для расчёта выше).

Разбалловка: а) определение качественного состава – 4 балла;

б) Уравнения реакций перманганата калия с пероксидом водорода и с щавелевой кислотой – по 2 балла

в) Формулы для расчёта концентраций – до 6 баллов

г) Ход определения (любые разумные формулировки) – до 6 баллов.