

LXXVIII Московская олимпиада школьников по химии
Заключительный этап **теоретический тур** **20.02.2022 г.**
10 класс

Для решения предлагается выбрать 5 задач из 6.

Ответы во всех задачах необходимо подтверждать расчетами и рассуждениями.

Задача 1.

Органическое вещество **X** обладает слабыми кислотными свойствами. При сгорании вещества **X** в атмосфере кислорода образуется вода и смесь двух газов **C** и **D** (н. у.) в мольном отношении 2 : 1 и средней молярной массой 50,67 г/моль (реакция 1). Для поглощения смеси газов, полученной при сжигании 124 г вещества **X**, необходимо 1967,2 мл 20%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл) (реакции 2 и 3), при этом образуются средние соли. Мягкое окисление **X** йодом приводит к образованию вещества **Y** (с молярной массой почти вдвое больше, чем у вещества **X**), не обладающего кислотными свойствами (реакция 4). Более жесткое окисление **X** перманганатом калия приводит к образованию сначала вещества **A** (массовая доля одного из элементов 34,04 %), а затем к образованию вещества **B** (массовая доля того же элемента 29,09 %). Вещества **A** и **B** обладают кислотными свойствами. Одной из качественных реакций соединения **X** является взаимодействие с оксидом ртути (II) (реакция 5).

1) Определите вещества **X**, **Y**, **A**, **B**, **C** и **D**, запишите их структурные формулы. Вывод формул всех веществ подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций 1 – 5.

2) Один из гомологов вещества **X** – вещество **Z** (массовая доля углерода 57,69 %), которое обладает неприятным запахом и выделяется некоторыми животными для защиты. Запишите брутто-формулу этого вещества. Формулу подтвердите расчетом.

Задача 2.

Двойными солями называются соли, которые в кристаллическом состоянии содержат два различных катиона. Примером двойной соли могут служить алюмокалиевые жженые квасцы $KAl(SO_4)_2$. Двойные соли существуют только в твердом виде, а при растворении в воде они ведут себя как смеси двух отдельных солей.

Двойная соль **A** содержит два катиона — **G** и **J** — и условно ее формулу можно представить как $J_xG(SO_4)_y \cdot zH_2O$. При проведении различных реакций с солью **A** установлено следующее.

1) Соль **A** массой 2,5 г взаимодействует с 12,7 мл подкисленного раствора перманганата калия (молярная концентрация 0,1 моль/л), в мольном соотношении 5 : 1.

2) При кипячении раствора, содержащего 1 г соли **A**, с 20 мл раствора гидроксида натрия (молярная концентрация 1 моль/л), взятого в избытке, образуется газ с резким запахом и осадок. Газ образуется при участии в реакции катиона **J**, а осадок – при участии катиона **G**. Осадок быстро отделили фильтрованием и прокалили без доступа воздуха. Масса твердого остатка после прокаливания составила 0,184 г. На полную нейтрализацию оставшегося фильтрата потребовалось 9,80 мл раствора серной кислоты с концентрацией 0,5 моль/л.

3) При обработке раствора, содержащего 1 моль соли **A**, избытком раствора хлорида бария образуется осадок, масса которого на 18,9 % превышает массу соли **A**, взятую для реакции.

1) Определите молекулярную массу соли **A**

2) Определите катионы **G** и **J**, входящие в состав соли **A**.

3) Определите значения x , y и z , запишите формулу соли **A** и её тривиальное название.

Приведите расчеты, необходимые для ответов на вопросы 1)–3).

4) Напишите уравнения реакций в ионной форме: а) катиона **G** с перманганат-ионом в кислой среде), б) соли **A** с гидроксидом натрия, в) соли **A** с хлоридом бария.

5) Почему осадок, образовавшийся при обработке соли **A** раствором щелочи, необходимо быстро выделить из раствора и прокалить без доступа воздуха? Что произойдет, если эти условия не выполнить?

Задача 3.

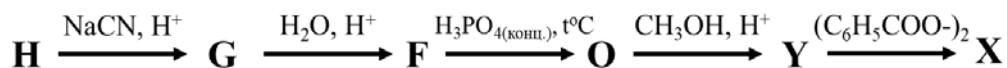
Иван нашел кусочек прозрачного материала **X** и решил его проанализировать.

1) Иван взял образец материала **X** массой 2 г и сжег его. При сжигании выделилось 2,24 л (н.у.) углекислого газа и 1,44 мл воды.

2) При нагревании без доступа кислорода **X** разлагается до **Y**. Изменения массы при этом не произошло.

3) Вещество **Y** гидролизует в щелочных и кислотных растворах (реакции 1, 2), обесцвечивает бромную воду (реакция 3).

На основании проведенного анализа Иван предположил, что вещество **X** – органическое стекло и нашел схему его синтеза (реакции 4, 5, 6, 7, 8):



Про вещество **H** известно, что оно не вступает в реакцию серебряного зеркала, при этом вступает в галоформную реакцию, а смесь его паров с воздухом взрывоопасна. В молекулах вещества **G** присутствует тройная связь между атомами углерода и азота, а массовая доля азота составляет 16,47 %. Вещество **F** при нагревании способно к образованию лактида – циклического сложного эфира. Вещество **O** содержит 37,17 % кислорода в своем составе. В стадии превращения **F** в **O** фосфорная кислота выступает в роли средства, отщепляющего воду.

В ответе укажите химические формулы веществ **X, Y, H, G, F, O**, напишите уравнения реакций 1-8. Приведите два примера применения вещества **X**.

Задача 4.

Смесь трех газов **G**₁ в мольном отношении 1:1:1 и в массовом соотношении 14:14:1 сожгли в избытке кислорода (реакции 1-3). После охлаждения получившейся смеси до комнатной температуры образовалась смесь двух газов **G**₂, относительная плотность которой по исходной смеси составляет 2,069. При пропускании получившейся смеси через избыток раствора гидроксида калия её объем уменьшился в 3 раза. Если исходную смесь **G**₁ нагреть до 110 °С в присутствии катализатора (реакция 4), то получится вещество **A**, относительная плотность паров которого по исходной смеси равна 3. При охлаждении полученный газ **A** конденсируется в жидкость. Вещество **A** вступает в реакцию серебряного зеркала. Соединение **A** можно также получить при кислотном гидролизе сложного эфира уксусной кислоты **B** (реакция 5). При сгорании 10 г соединения **B** образуется 11,2 л углекислого газа (н.у.) и 7,2 мл воды.

- 1) Определите состав смесей **G**₁ и **G**₂, вещества **A** и **B**.
- 2) Напишите уравнения реакций 1 – 5.
- 3) Приведите все необходимые расчеты.

Задача 5.

Образец металла **X** массой 28 г оставили на воздухе на продолжительное время, после чего повторно определили его массу, которая составила 32,38 г. Образец металла, выдержанного на воздухе, разделили на две равные части. Одну часть полностью растворили в избытке соляной кислоты, при этом выделилась смесь двух газов объемом 21,504 л (н. у.) и средней молярной массой смеси 2,875 г/моль. Вторую часть полностью растворили в воде, при этом выделилась смесь двух газов объемом 21,28 л (н. у.) и средней молярной массой смеси 2,158 г/моль.

- 1) Определите металл **X**.
- 2) Определите состав обеих газовых смесей, образовавшихся при обработке образцов соляной кислотой и водой.
- 3) Напишите уравнения всех описанных в задаче реакций, укажите те уравнения реакций, которые могли привести к увеличению массы исходного образца металла.

Приведите все необходимые рассуждения и расчеты.

Задача 6.

Раствор тиосульфата натрия строго определенной концентрации широко используется в йодометрическом титровании. Для приготовления такого раствора следует использовать навеску химически чистого препарата $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, масса которого должна быть определена точно. Однако, после длительного хранения раствора концентрация тиосульфата натрия меняется, поэтому необходимо периодически определять его точную концентрацию. В 1935 году для этой цели применили реагент **X**.

Вещество **X** образуется при взаимодействии избытка брома с ядовитой солью **Y** (реакция 1). Соль **Y** состоит из трех элементов и содержит 46,94 % натрия по массе. Вещество **X** также токсично и состоит из трех элементов. Массовая доля брома в **X** составляет 75,47 %.

Для определения концентрации раствора тиосульфата натрия водный раствор вещества **X** подкисляют и прибавляют к нему избыток раствора иодида натрия (реакция 2). Через некоторое время проводят титрование раствором тиосульфата натрия, концентрацию которого необходимо определить (реакция 3). В качестве индикатора при титровании используют крахмал.

1) Определите вещества **X** и **Y**, приведите необходимые рассуждения и расчеты.

2) Напишите уравнения реакций 1 – 3.

3) Для стандартизации раствора тиосульфата было взято 0,1166 г вещества **X**, растворы серной кислоты и иодида натрия. На титрование было затрачено 20 мл раствора тиосульфата натрия. Определите молярную концентрацию этого раствора (моль/л).