

**LXXVII Московская олимпиада школьников по химии**  
**Заключительный этап**                      **теоретический тур**                      **27.02 2021**  
**10 класс**

**Общие указания:**

- *из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом*
- *если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть*

**Задача 1**

Комплексное соединение **A**, состоящее из трех элементов, является одним из самых широко известных соединений элемента **X** (массовая доля **X** – 57,94%, массовая доля одного из двух оставшихся элементов – менее 1%). По химическим свойствам **A** является довольно сильной кислотой и сильным окислителем. Вещество **A** образует кристаллогидраты (массовая доля воды составляет 17,48% или 13,71%, при этом число молекул кристаллизационной воды в этих кристаллогидратах отличается на 1).

1) Определите вещество **A** и состав его кристаллогидратов. Все ответы подтвердите расчетами.

2) Напишите уравнение реакции получения **A** из простого вещества **X**.

3) Взаимодействие **A** с различными соединениями приводит к получению комплексных соединений с новыми лигандами. Напишите одну из возможных реакций взаимодействия **A** с гидроксидом калия, если в результате получается соединение **B** (массовая доля **X** – 54,8%). Все ответы подтвердите расчетами.

4) Взаимодействие **A** с тиоцианатом (роданидом) калия приводит к образованию неустойчивого комплексного соединения **B**, которое разлагается на газообразное (н. у.) молекулярное соединение симметричного строения **Г** и комплексное соединение **Д** (массовая доля **X** в комплексном ионе – 62,94%). Определите соединения **B**, **Г**, **Д**, а также напишите уравнения всех описанных реакций. Все ответы подтвердите расчетами.

5) При невысоких температурах соединение **A** разлагается до бинарного соединения **E**, сохраняя степень окисления элемента **X**. Напишите уравнение реакции и приведите структурную формулу соединения **E**.

6) С помощью соединения **E** можно получить минеральную краску пурпурного цвета. Для этого соединение **E** восстанавливают хлоридом олова (II). Напишите уравнение реакции и укажите вещество, являющееся минеральной краской.

**Задача 2**

Соединение **A** было получено Вёлером из неорганических веществ, что стало очередным аргументом против теории витализма (реакция 1). Из **A** можно получить важнейшие органические вещества. Например, в одну стадию можно получить углеводороды **Б**, **В**, **Г**, **Д** с одинаковой массовой долей углерода (реакции 2 – 5), при этом соединения **В** и **Г** являются изомерами. Из соединения **Б** (содержит на 2 углерода меньше, чем соединение **Г**) в одну стадию (реакция 6) получают галогенуглеводород **Е** (реакция 7), в состав которого, кроме углерода и водорода, входит еще один элемент, массовая доля которого равна 40,11%. Одним из продуктов гидрирования **Б** (реакция 8) является соединение **Ж**, которое является мономером одного из важнейших полимеров

(реакция 9). Соединение Г является высокосимметричным и ненасыщенным, преимущественно вступает в реакции электрофильного замещения. Вещество В, молекула которого тоже симметрична и ненасыщенна, преимущественно вступает в реакции присоединения, а не замещения. Молекула соединения Д содержит на 2 атома углерода больше, чем молекула соединения В. Соединения Г и Д имеют циклическое строение. Определите соединения А – Ж (запишите структурные формулы), напишите уравнения реакций 1–9 и уравнение реакции окисления вещества В перманганатом калия в кислой среде при нагревании. Как называют полимеры мономеров Е и Ж?

### Задача 3

При разложении в присутствии серной кислоты двух комплексных солей А и В с одинаковым качественным составом образуется смесь трех газов G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>. При концентрации кислоты свыше 80% разложение В идет по одному пути, а при снижении концентрации преобладает другой тип разложения. Также известно, что при добавлении раствора солей Fe<sup>2+</sup> к каждой из солей А и В образуется темно-синий осадок.

Смесь газов G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> пропустили последовательно через три сосуда. Сосуд 1 предварительно охладили до 0 °С. В сосуд 2 поместили водный раствор вещества Д, а в сосуд 3 – насыщенный раствор органического вещества F.

В сосуде 1 образовалось жидкое вещество, которое нейтрализовали раствором КОН, добавили раствор CuSO<sub>4</sub> и нагрели. При этом выделился газ N (реакция 1). К оставшемуся раствору добавили раствор вещества С и нагрели (реакция 2). Вещество С является органическим галогенпроизводным и характеризуется симметричным строением. Продуктом реакции 2 стало вещество М с молярной массой в 2,06 раза меньше, чем молярная масса С.

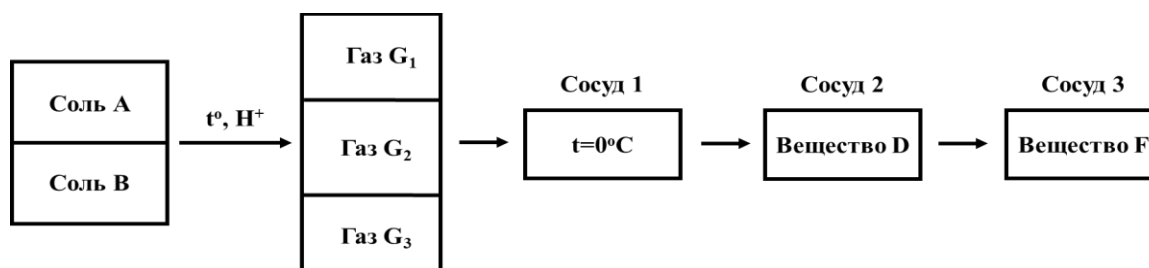
В сосуд 2 поступает смесь двух газов, оставшихся после прохождения через сосуд 1. Один из газов вступает в реакцию с веществом Д с образованием К и L (реакция 3). Известно, что молекула вещества L не содержит вторичных атомов углерода. Молярная масса L в 2,31 раза больше молярной массы К.

В сосуд 3 попадает оставшийся газ G<sub>3</sub> с плотностью по озону, равной 0,917 (D<sub>(O<sub>3</sub>)</sub>=0,917). При его взаимодействии с органическим соединением F образуется вещество H (реакция 4) с молярной массой в 2,36 раза больше, чем молярная масса F.

После проведения этих реакций к раствору в сосуде 1 добавили концентрированную серную кислоту (реакция 5), и образовалось вещество Y.

Для получения целевого продукта X соединение, полученное в сосуде 1 при гидролизе М в кислой среде, соединяют с веществом L из сосуда 2, которое предварительно очищают от наиболее легкого продукта К перегонкой (реакция 6).

Схема опыта представлена ниже:



Для подтверждения правильности решения задачи используйте следующие справочные данные:

Вещество <b>A</b>	w(C)=19.6%, w(N)=22.8%
Вещество <b>B</b>	w(C)=21.9%, w(N)=25.5%
Вещество <b>C</b>	w(Br)=76.2%
Вещество <b>N</b>	w(N)=46,2%
Вещество <b>D</b>	w(O)=30.8%
Вещество <b>F</b>	w(N)=31.1%
Вещество <b>H</b>	w(N)=13.2%
Вещество <b>X</b>	w(O)=25.8%

Определите все неизвестные вещества **A, B, C, D, F, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, H, M, N, L, K, X, Y** и напишите уравнения реакций 1 – 6. Ответы подтвердите расчетами.

#### Задача 4

При растворении хлорида **A** (с молекулярной массой менее 200 и массовой долей металла 59,98%) в концентрированной HCl образуется раствор вещества **B** с массовой долей хлора 56,71% (реакция 1). При пропускании через этот раствор газа **B**, полученного при дегидратации муравьиной кислоты пропусканием ее паров над оксидом фосфора (реакция 2), выпадает черный осадок металла **X**, а также выделяется газ **Г** и HCl (реакция 3). При взаимодействии соли **A** с газом **B** при повышенном давлении можно получить неустойчивое вещество **D** в виде лимонно-желтых кристаллов (реакция 4). При действии воды вещество **D** быстро разлагается (реакция 5) по схеме:  $D + 2H_2O = 2X + 2Г + 4HCl$ . Газ **B** можно получить из газа **Г** реакцией с простым веществом **Y** (реакция 6). Расшифруйте вещества **A–D, X** и **Y** и напишите уравнения реакций 1–6, если известно, что металл **X** широко применяется в органической химии как катализатор реакций гидрирования. Ответы подтвердите расчетами.

#### Задача 5

При нагревании соли **A** образуется смесь газов **X**, которую охладили до комнатной температуры определили, что средняя молярная масса этой смеси газов составляет 22,5 г/моль. Если ту же смесь газов **X** сжечь в стехиометрическом количестве кислорода, то образуется смесь газов **Y**, которую также охладили до комнатной температуры и измерили её среднюю молярную массу. Она составила 38,67 г/моль. Если газовую смесь **X** пропустить над нагретым (150 °C) мелкодисперсным порошком железа, то образуется светло-желтая жидкость. Средняя молярная масса получившейся при этом смеси газов **Z**, измеренная при 150 °C, составила 17,5 г/моль. Определите соль **A** и приведите уравнение реакции её разложения. Напишите уравнение реакции горения смеси газов **X** и уравнение, протекающее при пропускании смеси **X** над мелкодисперсным порошком железа. Все действия подтвердите расчетами.

### Задача 6

В природных и сточных водах обычно присутствуют микроорганизмы, потребляющие органические вещества в качестве пищи, а кислород — для их окисления. Количество кислорода, которое потребляют микроорганизмы за определенный период времени, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК). Определение потребленного кислорода проводят следующим образом: к пробе воды, насыщенной кислородом, прибавляют раствор хлорида марганца (II) и щелочной раствор иодида калия, а колбу герметично закрывают. Выпадает белый осадок, который быстро темнеет. Колбу с пробой помещают в темное место для отстаивания. Далее в колбу приливают соляную кислоту и перемешивают, при этом бурый осадок растворяется, а раствор приобретает желтый цвет. Полученный раствор титруют раствором тиосульфата натрия, пока его цвет не станет светло-желтым. Затем добавляют крахмал и титруют до исчезновения синей окраски. По полученным данным определяют количество кислорода в пробе. БПК (в мг/л  $O_2$ ) рассчитывают как разность результатов двух таких определений: в исходной пробе и в пробе после инкубации (без насыщения ее кислородом).

1) Напишите уравнения реакций, на которых основан анализ. Объясните наблюдаемые изменения окраски.

2) Если при втором определении (после инкубации) кислород в пробе не обнаруживается, это означает, что он находился в недостатке по отношению к веществам, которые его потребляют. В этой ситуации результат анализа окажется недостоверным. Предложите способ, позволяющий получить достоверное значение БПК в такой ситуации.

3) Для анализа взяли пробу воды объемом 180 мл. В ходе анализа прибавили по 5 мл растворов хлорида марганца и иодида калия и 10 мл соляной кислоты. Для титрования было отобрано 100 мл полученного раствора.

На титрование исходной пробы было израсходовано 4,8 мл раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0,02 моль/л, а на титрование пробы после инкубации пошло 2,1 мл этого же раствора.

Определите массу кислорода в пробе до и после инкубации и величину БПК для данной воды (в мг/л  $O_2$ ).