

Пояснительная записка

Региональный этап Олимпиады по химии проводится в 2 тура. Для трех возрастных параллелей: 9-х, 10-х и 11-х классов подготовлен отдельный комплект заданий теоретического и практического туров. В задание теоретического тура входит 6 задач из различных разделов химии для каждой возрастной параллели участников. Проверке подлежат все 6 задач, при подсчете рейтинга участников в суммарном балле за теоретический тур учитываются баллы только ПЯТИ задач. Баллы за задачу с минимальным числом баллов не суммируются.

Распределение тематики задач по классам представлено в таблице:

| Задача \ Класс | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|----------------------|---|--------------------|------------|------------------|---|
| 9 | Неорганическая химия | | | | Физическая химия | |
| 10 | Неорганическая химия | | | Орг. химия | Физическая химия | |
| 11 | Неорг. химия | | Органическая химия | | Физическая химия | |

Десятый класс

В зачет идут только ПЯТЬ задач из шести. Задача с минимальным числом баллов не учитывается при подсчете суммы баллов за теоретический тур.

Задача 10-1

Основным компонентом достаточно редкого минерала является бинарное соединение **А** (содержит 63.15 % (по массе) металла **М**). При взаимодействии вещества **А** с раствором соляной кислоты образуется практически бесцветный раствор соединения **Б** и выделяется газ **В**, имеющий запах тухлых яиц (**р-ция 1**). Если соединение **А** обработать концентрированной азотной кислотой при нагревании, газ **В** не образуется, а вместо него наблюдается выделение газа **Г** бурого цвета (**р-ция 2**).

К раствору **Б** добавили водный раствор аммиака (**р-ция 3**), в результате чего выпал студнеобразный светло-розовый осадок **Д**, который на воздухе постепенно превращается в оксид **Е** (**р-ция 4**). При взаимодействии **Е** с концентрированной соляной кислотой при нагревании выделяется желто-зеленый газ **Ж** (**р-ция 5**).

Если твердый оксид **Е** сплавить с гидроксидом калия в присутствии нитрата калия образуется соединение **З** (**р-ция 6**), водный раствор которого имеет зеленую окраску. При разбавлении раствора **З** водой постепенно образуется осадок **Е** и получается раствор **И** малинового цвета (**р-ция 7**).

1. Определите состав соединения **А**, являющегося основным компонентом упомянутого редкого минерала металла **М**. Приведите необходимые расчеты, подтверждающие Ваш ответ.

2. Приведите формулы веществ **Б – И**, а также напишите уравнения реакций **1 – 7**.

3. Газы **В**, **Г** и **Ж** взаимодействуют с растворами щелочей, причем состав продуктов может быть разным в зависимости от условий проведения реакций. Напишите уравнения пяти возможных реакций указанных газов (по отдельности) с раствором NaOH и укажите условия их проведения.

Задания теоретического тура

4. В лабораторной практике для получения кислорода часто используют реакцию термического разложения твердого соединения **И**. Напишите уравнение этой реакции.

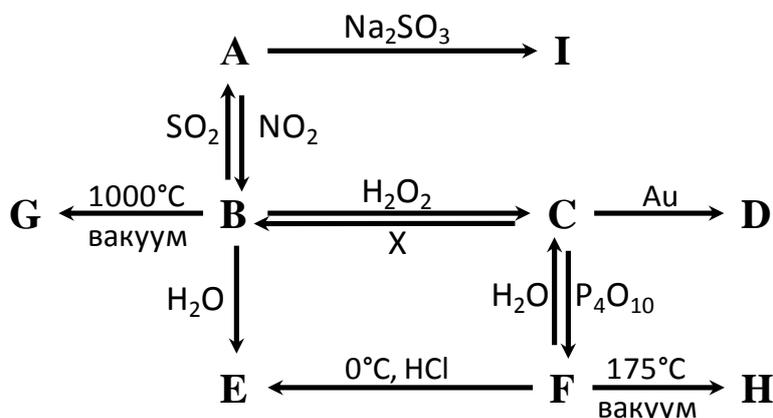
5. Для получения соединения **И** в промышленности используют два способа. Первый – обработка раствора соединения **З** газом **Ж**. Второй (современный способ) – электролиз водного раствора соединения **З**. Напишите уравнения реакций, соответствующих этим двум способам.

Задача 10-2

*Света первого сестра,
Образ нежности в печали,
Вкруг тебя туманы встали,
Как фата из серебра.*

(Иоганн Гёте)

Вашему вниманию предлагается схема превращений, где все зашифрованные вещества содержат элемент **X**, химические свойства соединений которого отчасти напоминают свойства соединений серы:



Про приведённые вещества известно следующее:

A - простое вещество, **C** и **E** – двухосновные кислоты;

на титрование аликвоты (20.0 мл) раствора 1.00 г **C** в 200 мл уходит 19.7 мл 0.0700 М раствора NaOH;

в реакции **B** → **G** потеря массы составляет 14.42%;

Задания теоретического тура

соединение **Н** может быть также получено при нагревании смеси **В** и **Г**, взятых в соотношении 1 : 1.144 по массе, **Н** имеет полимерное строение.

Для синтеза вещества **Д** используют концентрированный раствор **С**, синтез проводят в автоклаве при 250°C в течение 10 часов. Массовая доля **Х** в **Д** равна 29.95%, массовая доля **Аи** – 49.81%, вещество имеет жёлто-оранжевый цвет.

Вещество **Г** состоит из четырех элементов, массовая доля **Х** равна 38.52%.

Вопросы:

1. Определите элемент **Х**. Расшифруйте указанные в схеме вещества **А - Г**.

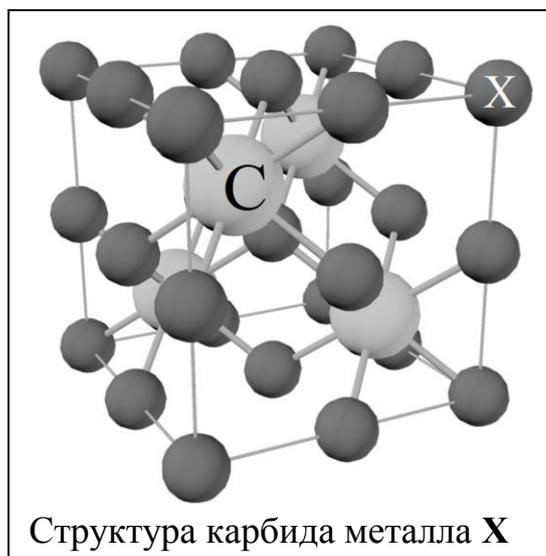
Ответ обоснуйте, состав **С, В, Д, Г, Г, Н** подтвердите расчетом.

Напишите уравнения всех реакций, приведённых на схеме (каждая стрелка соответствует реакции).

Задача 10-3

Элемент **Х** незаслуженно поверхностно изучается в рамках школьной программы. Тем не менее, он обладает уникальной областью применения, благодаря тому, что это твердый, довольно устойчивый к коррозии металл, плавящийся при высокой температуре. К примеру, он используется в ракетостроении, ядерной энергетике, рентгенографии и даже для изготовления клюшек для гольфа!

Этот металл проявляет так называемое диагонально сходство с элементом **У**, из-за чего в XIX веке **Х** считали трехвалентным. Так **Х** и **У** растворяются в растворах кислот и щелочей, оба пассивируются концентрированной азотной кислотой, имеют ионное строение карбидов и даже образуют общие минералы.



Задания теоретического тура

Первоначальное наименование **X** было дано в связи со сладковатым вкусом его солей. А современное название **X** получил от своего важнейшего минерала с формулой $X_3Y_2Si_6O_{18}$.

При действии раствора аммиака на раствор сульфата **X** выпадает белый осадок **A** (**р-ция 1**). Этот осадок после отделения от маточного раствора и промывания растворяется в водном растворе гидрокарбоната калия (**р-ция 2**). Из полученного раствора этанолом экстрагируют вещество **B**, которое при медленном упаривании спирта кристаллизуется **C**. При нагревании **C** до 120°C образуется **B**, а потеря массы составляет 16.32% (**р-ция 3**), а дальнейшее нагревание до 500°C приводит к дополнительной потере массы в 17.08% (от массы **C**) (**р-ция 4**). Твердый остаток состоит из веществ **D** и **E** (массовая доля **E** составляет 80.56%), а потеря массы связана с образованием газа **F**. При действии избытка HCl на 0.30 г **E** выделяется 48.6 мл газа **F** (**р-ция 5**).

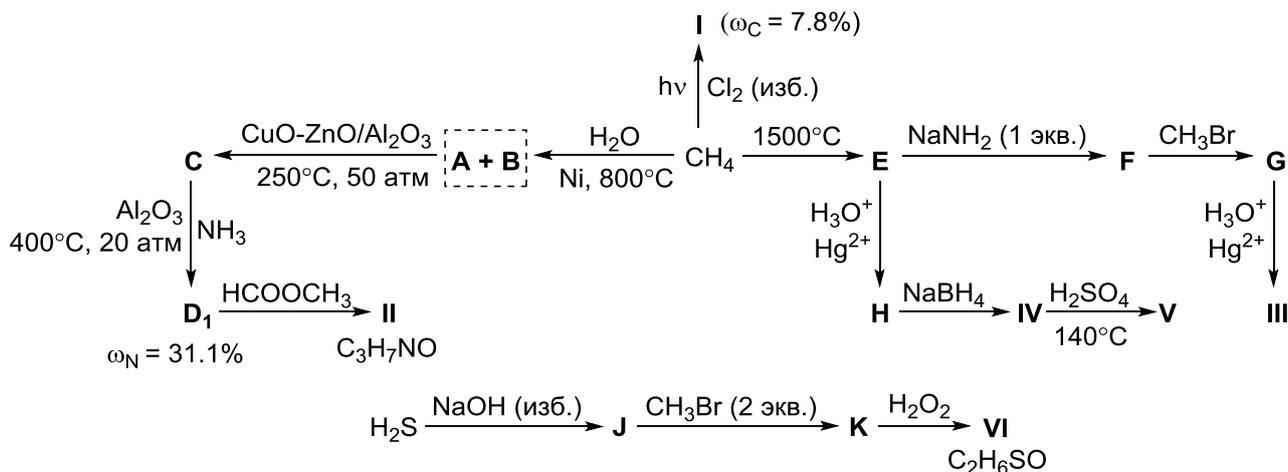
Вопросы:

1. Назовите элементы **X** и **Y**;
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия металла **X** с растворами H_2SO_4 и NaOH ;
3. Напишите реакции взаимодействия карбида **X** с раствором HCl .
4. Приведите исторически первое название элемента **X**.
5. Минералы $X_3Y_2Si_6O_{18}$, содержащие примеси переходных металлов, заслужили всеобщее признание как драгоценные камни благодаря окраске, приведите название хотя бы одного из них.
6. Определите вещества **A – F**, составы **B**, **C**, **D**, **E** подтвердите расчетом, этанол в состав **C** не входит.
7. Напишите уравнения реакций **1 – 5**,
8. Напишите уравнение реакции, которая может протекать между **D** и **E**, если прокалывать их смесь при высокой температуре.

Задача 10-4

Растворители – это одни из самых используемых в мире химических веществ; они применяются в парфюмерной промышленности, в химчистке, в быту, а также в химическом синтезе, где порой от выбора растворителя зависит, пойдёт реакция или нет.

Далее Вашему вниманию представлены схемы синтеза шести растворителей I–VI, которые часто применяются в органическом синтезе.



Вопросы:

1. Напишите формулы веществ I–VI, A–C, D₁, E–H, J и K. Для органических соединений используйте структурные формулы.
2. При взаимодействии вещества C с аммиаком образуется смесь продуктов D₁, D₂ и D₃, которую затем разделяют перегонкой. Напишите структурные формулы соединений D₂ и D₃.
3. Какие два из растворителей I–VI могут реагировать друг с другом в присутствии кислотного катализатора? Изобразите структурную формулу продукта их взаимодействия.

Задача 10-5

Закон Рауля

Французский химик Ф.-М. Рауль в конце 19-го века обнаружил, изучая растворы разного состава, что давление пара растворителя над раствором не за-

Задания теоретического тура

висит от того, какое вещество в нем растворено, а зависит только от содержания растворителя:

$$P = xP^*$$

В этой формуле P – давление пара растворителя над раствором, x – мольная доля растворителя, P^* – давление пара чистого растворителя при данной температуре. Если оба компонента раствора летучи, то закон Рауля выполняется для каждого вещества по отдельности:

$$P_1 = x_1P_1^*$$

$$P_2 = x_2P_2^*$$

Растворы, для которых выполняется закон Рауля, называют идеальными. В данной задаче все растворы – именно такие.

1. Растворитель сероуглерод (CS_2) при комнатной температуре имеет давление пара 360.0 Торр. В 68.4 г CS_2 растворили 9.60 г нелетучего простого вещества, давление пара над раствором оказалось равным 345.6 Торр. Определите формулу этого простого вещества.

2. Смешали два летучих жидких вещества. Раствор, содержащий 20 мольных % первого вещества, кипит при 714.8 Торр, а раствор, содержащий 20 мольных % второго вещества, – при 1191.2 Торр.

а). Рассчитайте давления пара чистых веществ.

б). В каком мольном соотношении надо смешать эти вещества, чтобы раствор закипел при нормальном атмосферном давлении?

3. При температуре 20 °С давление пара над чистой водой равно 17.54 Торр, над 20%-м раствором глюкозы ($M_r = 180$) – 17.11 Торр, а над раствором, содержащим 5.0 масс. % NaCl – 17.05 Торр.

а) В каких процентах указано содержание глюкозы в растворе – мольных или массовых? Объясните или подтвердите расчетом.

б) Почему давление пара над раствором хлорида натрия меньше, чем ожидается из закона Рауля? Какую информацию дает закон Рауля в этом случае?

Дополнительные сведения

1 атм = 760 мм рт. ст. = 760 Торр.

Жидкость кипит, если давление паров над ней равно атмосферному.

Задача 10-6

Криоскопия

Один из известных методов определения молярной массы веществ – измерение понижения температуры плавления раствора вещества по сравнению с температурой плавления чистого растворителя. Этот метод называется криоскопией.

Если температура плавления чистого растворителя равна T , а температура плавления раствора недиссоциирующего вещества в нем равна T_1 , то понижение температуры плавления можно найти по формуле:

$$\Delta T = T - T_1 = K_f \cdot m \quad (1),$$

где m – моляльность раствора (количество моль растворенного вещества в 1 кг растворителя), K_f – криоскопическая константа, которая является характеристикой данного растворителя. Для воды $K_f = 1.86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$.

Интересно, что величина ΔT для идеальных растворов не зависит от природы растворенных частиц, а зависит только от их концентрации. Поэтому если вещество диссоциирует в растворе на ионы, то формула (1) остаётся справедливой, с тем лишь уточнением, что m – суммарное количество моль частиц (в том числе ионов, образовавшихся при диссоциации) на 1 кг растворителя.

Вещества A_1 и B_1 молекулярного строения, имеющие сходные структурные формулы и отличающиеся лишь одним атомом, были получены нагреванием соответственно солей A_2 и B_2 . При этом массы твёрдой фазы в ходе обоих превращений не изменяются. Водный раствор, содержащий 100 г воды и 1,00 г A_1 , плавится на 0,310 К ниже, чем вода. Водный раствор с таким же массовым содержанием B_1 плавится на 0,244 К ниже воды. Оба вещества в воде не диссоциируют на ионы.

Задания теоретического тура

Рассчитайте молярные массы веществ A_1 и B_1 , считая плотность растворов равной 1,00 г/мл.

Определите формулы веществ A_1 и B_1 , если известно, что молекулы каждого этих веществ состоят из 8 атомов. Приведите структурные формулы A_1 и B_1 .

Определите формулы солей A_2 и B_2 .

Объясните, почему свежеприготовленный раствор вещества A_1 и раствор A_1 , приготовленный за несколько дней до проведения эксперимента, имеют разные температуры плавления? У какого раствора она ниже?

При какой температуре (в °С) будет плавиться свежеприготовленный раствор 1 г соли A_2 в 100 г воды?