

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный этап, Московская область
2025 – 2026 уч. г.
10 класс

Задача 1.

Анализ монокристалла

Приготовили два раствора: 8,11 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в горячей воде объемом 10 мл и 8,16 г $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в горячей воде объемом 10 мл. Их слили вместе и оставили на воздухе. Через несколько дней выпали крупные призматические темно-красные кристаллы вещества **К** массой 5,88 г (*реакция 1*).

1,000 г **К** растворили в воде и добавили избыток раствора нитрата серебра. Наблюдали выпадение белого творожистого осадка массой 0,195 г (*реакция 2*). Затем 1,000 г **К** прокалили на воздухе, в результате чего было получено 0,326 г красно-коричневого порошка **О** (*реакция 3*). Выделяющиеся в процессе прокаливания газы пропускали через избыток раствора гашеной извести, при этом образовалось 1,632 г белого осадка (*реакция 4*).

Вопросы

1. Установите формулы соединений **К** и **О**. Ответ подтвердите расчетом и рассуждениями!
2. Напишите уравнения *реакций 1-4*.
3. Изобразите строение катиона в **К**, зная, что он имеет ось симметрии 3-го порядка¹.
4. Рассчитайте выход *реакции 1*.

Задача 2.

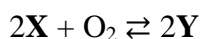
Сульфидный минерал **А** с массовой долей серы 18.68% сожгли на воздухе. Получившийся газ **Х** с резким запахом пропустили через небольшой избыток раствора гидроксида натрия. Полученный раствор прокипятили с серой.

1. Определите формулу минерала **А**, газа **Х** и запишите уравнения *всех реакций*, протекающих при описанных превращениях.

2. При обжиге 514 г минерала **А** выделяется 1313.4 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования минерала, если энтальпия образования твёрдого продукта его обжига составляет –578 кДж/моль, а энтальпия образования **Х** равна –297 кДж/моль.

¹Означает, что структура переходит сама в себя при повороте на $360^\circ/3 = 120^\circ$ вокруг данной оси. Ось симметрии третьего порядка имеет, например, равносторонний треугольник: в этом случае она является прямой, проходящей через вершину треугольника и середину противоположной стороны.

В реактор постоянного объема поместили некоторое количество газа **X** и кислород. При этом исходная концентрация кислорода составляла 0,2 моль/л. В результате протекания обратимой реакции:



в реакционной системе установилось химическое равновесие, при котором концентрации **X** и **Y** составили 0,05 моль/л и 0,2 моль/л, соответственно.

3. Определите вещество **Y**, исходную концентрацию **X** и равновесную концентрацию O_2 .

4. В какую сторону (реагентов, продуктов или не сдвинется) сдвинется химическое равновесие в случае:

а) увеличения давления в системе; б) увеличения температуры; в) увеличения концентрации кислорода; г) помещения в сосуд катализатора V_2O_5 ? Ответ обоснуйте!

При нормальных условиях **Y** представляет собой легколетучую бесцветную жидкость, которая ниже 17°C кристаллизуется преимущественно в виде тримера ($\gamma\text{-Y}$).

5. Изобразите строение $\gamma\text{-Y}$.

Задача 3.

Вскрытие минерала

Кристаллы **A** (см. рисунок), содержащие 64.1% свинца по массе считаются первым описанным минералом в России.

При спекании **A** с карбонатом калия с последующим растворением полученного плава в воде (*реакция 1*) был получен желтый раствор **B** и осталось не растворившееся белое вещество **B**.



Минерал А

При нагревании **B** образуется желто-оранжевый термостойкий оксид **Г**, газ (плотность по гелию 11) и вода (*реакция 2*). Раствор **B** при взаимодействии с соляной кислотой изменяет окраску с желтой на оранжевую (*реакция 3*), при этом образуется вещество **Д**, содержащее 26.53% калия по массе. При добавлении к **Д** концентрированной серной кислоты, образуется кислотный оксид **Е** красного цвета (*реакция 4*). Интересным свойством данного оксида является способность воспламенять бензин при комнатной температуре.

Оксид **Г** в реакции с сильным окислителем, таким как гипохлорит натрия, образует коричневое вещество **Ж** (*реакция 5*), которое является сильнейшим окислителем. Добавление к нему раствора сульфата марганца (II) в присутствии серной кислоты (*реакция 6*) приводит к фиолетовому окрашиванию и образованию белого осадка. Фиолетовый цвет раствора

обусловлен наличием вещества **З** в растворе. Кроме того, вещество **Ж** выступает в качестве катодного материала аккумуляторов для автомобилей.

Дополнительно известно, что вещество **В** содержит 80.14% металла по массе, а при реакции оксида **Г** с уксусной кислотой получается вещество, которое, по некоторым данным, использовалось в кулинарии Древнего Рима в качестве подсластителя.

Вопросы:

1. Установите формулы соединений **А-Ж**. В случае **А, В, Д** ответ подтвердите расчетом. Приведите название минерала **А**.
2. Запишите описанные в задаче уравнения *реакций 1-6*.
3. Опишите принцип работы аккумуляторов на основе **Ж**. Приведите полное уравнение реакции протекающей при заряде и разряде аккумулятора.
4. Предложите еще один способ получения **З**.
5. Какое соединение образуется при пропускании через **Е** сухого тока хлороводорода?

Задача 4.

Мы знаем, что в органической химии существуют гомологические ряды. Яркими примерами являются ряды алканов, алкенов и алкинов. Но что было бы, если бы органика базировалась на азоте, а не на углероде?

1. Напишите структурные формулы первых трех соединений гомологического ряда “алканов”.
2. Выведите общую формулу для “алканов”.

Уже третье соединение в данном гомологическом ряду (**Х**) не является достаточно стабильным, чтобы свободно существовать, хотя алканы, как мы знаем, достаточно стабильны.

3. Оцените теплоту (в кДж/моль), выделяющуюся при разложении **Х**, используя справочные данные.

Гидразин и его производные применяются как компоненты ракетного топлива. В частности, 1,1-диметилгидразин, известный как гептил.

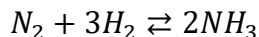
4. Найдите, сколько энергии выделяется при сгорании 1 кг жидкого гептила, и какой добавочный объем газа (при н.у.) может получиться в этом процессе.

Справочные данные:

Связь	N-N	N≡N	C-N	C=O	C-H	N-H	O-H	H-H	O=O
E _{связи} , кДж/моль	163	946	305	743	412	388	463	436	497

Задача 5.

В инертном сосуде при 298 К установилось газофазное равновесие:



Стандартная энтальпия этой реакции равна $\Delta_r H^\circ \approx -46.11 \text{ кДж/моль}$, а её константа равновесия при 298 К составляет $K_p \approx 5.6 \cdot 10^{-7}$. Известно, что зависимость константы равновесия от температуры описывается упрощённым уравнением изотермы Вант-Гоффа:

$$\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln K_p$$

Вопросы:

1. Выразите концентрационную константу равновесия (K_C) через K_p и рассчитайте значение K_C для этой реакции при 298 К.
2. В исходный момент времени в инертном сосуде объёмом 10 л при температуре 298 К смешали 1 моль азота и 3 моля водорода. Рассчитайте объёмную долю φ аммиака в равновесной газовой смеси.
3. Используя уравнение Вант-Гоффа и приведённые данные, рассчитайте значение константы равновесия K_p для синтеза аммиака при температуре 500 К. Считайте, что энтальпия и энтропия реакции не зависят от температуры в данном интервале.

При решении используйте следующие соотношения:

$$\varphi_i = \frac{V_i}{V_{\text{смесь}}} = \frac{n_i}{n_{\text{смеси}}}$$

$$R = 0.08314 \frac{\text{л} \cdot \text{бар}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \text{ (такое значение подставляем для } K_C),$$

$$\ln a = b \Rightarrow a = e^b \text{ (или } \exp(b)),$$

$$\ln a - \ln b = \ln \frac{a}{b},$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ$$

Для реакции $aA_{(г)} + bB_{(г)} \rightleftharpoons cC_{(г)} + dD_{(г)}$

$$K_p = \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}, \text{ где } p_i - \text{давление } i\text{-го составляющего,}$$

$$K_C = \frac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b}, \text{ где } p_i - \text{молярная концентрация } i\text{-го составляющего.}$$

Примите, что при малых значениях концентрационной константы, количество вступившего в реакцию вещества пренебрежимо мало. Это может значительно упростить вычисления.