

ТЕКСТЫ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

(для участников)

1 тур

2020–2021

Девятый класс

Задача 9-1

Эта занимательная история произошла на одной из химических образовательных программ в одном очень популярном образовательном центре.

Юный химик Сергей привез с Урала минерал **A** в подарок своему другу Максиму. Максим решил помыть минерал водой, но чуть не лишился подарка, так как он растворялся в воде с образованием бесцветного раствора. Для очистки куска минерала Максим просто протер его сухой тряпкой. А раствор **A** в воде Максим использовал для проведения качественного анализа. При внесении в пламя раствор окрашивал его в фиолетовый цвет, а при добавлении нитрата серебра выпал белый творожистый осадок (*р-ция 1*).

Для проведения количественного анализа Максим отколол от подарка небольшой кусочек, взвесил ($m = 0.578$ г) и растворил в 25 мл воды. К 5 мл этого раствора он добавил избыток нитрата серебра, отфильтровал, промыл, высушил осадок, а затем взвесил ($m = 0.222$ г).

При действии на другой кусочек минерала концентрированной серной кислотой выделился газ (*р-ция 2*). Твердый остаток реакции Максим растворил в воде и добавил магний (*р-ция 3*) – подарок еще одного своего знакомого. При медленном упаривании этого раствора выпали кристаллы вещества **X**. Масса вещества **X** при умеренном нагревании уменьшается на 26.84%.

Вопросы:

1. Запишите химическую формулу **A**, состав подтвердите расчётом. Приведите название минерала.
2. В природе встречается окрашенный минерал **A**, не содержащий примесей. Объясните причину окраски.
3. Определите формулу вещества **X**, подтвердите расчётом.
4. Запишите уравнения реакций **1 – 3**.
5. Приведите пример соединения родственного веществу **X**, используемого в перманганометрии в качестве стандарта.
6. Какую максимальную массу сульфата бария можно получить взаимодействием 1.00 г **X** с хлоридом бария?

Задача 9-2

Ионные соединения неметаллов

Чаще всего бинарные соединения неметаллов, находясь в твёрдом состоянии, имеют молекулярное или атомное строение. Однако некоторые из них в твёрдом состоянии представляют собой ионные соединения. Такими, например, является оксиды **A** и **B** элементов **X** и **Y**, соответственно. Вещество **A** начинает разлагаться при температуре ниже комнатной, а **B** при небольшом нагревании (*р-ция 1 и 2*). При взаимодействии **A** с водой образуются две кислоты **C** и **D** (*р-ция 3*), а при реакции **B** с водой – только кислота **E** (*р-ция 4*). Вещество **B** способно вступать в обменную реакцию с безводной кислотой **D** (*р-ция 5*). В ходе реакции образуется кислота **E** и ионное соединение **F**. Мольные доли атомов кислорода в молекулах **A** и **F** равны и на 0.0357 больше, чем в молекуле **B**.

Для проведения анализа 0.100 г **F** растворили в 100 мл воды (*р-ция 6*), оттитровали аликвоту этого раствора объёмом 10 мл раствором NaOH ($C = 0.0097 \text{ моль/л}$). Титрование повторили трижды, объём щелочи, пошедший на титрование: 14.1, 14.4 и 14.2 мл.

Вопросы:

1. Вычислите суммарную концентрацию кислот в водном растворе **F**.
2. Определите элементы **X** и **Y**. Установите состав веществ **A-F**. Ответ подтвердите расчётом.
3. Изобразите структурные формулы катионов и анионов **A** и **B**, а также структурные формулы этих соединений в газовой фазе.
4. Приведите уравнения реакций **1 - 5**.
5. Приведите пример еще одного бинарного ионного соединения неметаллов, в состав которого входит элемент **X**.

Задача 9-3

При температурах около 1000°C смесь бинарных веществ **A** и **B** находится в жидком состоянии. В технической документации отношение числа молей **A** : **B** в смеси именуют *KO*. Температуры плавления и начала кристаллизации смесей зависят от их состава. В системе **A – B** есть два минимума температуры плавления: 900°C (*смесь 1*) и 700°C (*смесь 2*). При охлаждении этих смесей

кристаллизуются твердые вещества **X**, **Y** и **Z**. Информация о составе смесей, а также веществ **X**, **Y** и **Z** представлена в таблице:

	X	Y	Z	<i>смесь 1</i>	<i>смесь 2</i>
$\omega(\text{Na}), \text{ масс \%}$	18.25	24.89	32.86	??	??
<i>KO</i>	1	??	3	5.5	1.4

Вещество **Y** имеет ионное строение и содержит полиядерный анион, в котором все атомы металла имеют координационное число 6.

Расплав смеси **A** и **B** с $KO = 2.5 - 2.9$ используют в промышленности для растворения в нем бинарного вещества **B**. Источником **B** служат минералы на основе веществ **Г** и **Д**, имеющих одинаковый элементный состав (массовая доля металла в **Г** выше). Между собой эти вещества отличаются по устойчивости к действию щелочи: **Г** растворяется в NaOH концентрации 7-10 моль/л, а для растворения **Д** достаточно концентрации щелочи 3-4 моль/л, при этом образуется раствор единственного продукта **Е**. Нагревание вещества **Е** в автоклаве сопровождается кристаллизацией твёрдого осадка **Д**, при прокаливании которого получают **В**.

В настоящее время **Z** синтезируют, растворяя **Г** в избытке водного раствора кислоты **Ж** при нагревании до получения прозрачного раствора вещества **З**, после прибавления карбоната натрия к которому и охлаждения выпадает осадок **Z**.

Вопросы:

1. Определите вещества **X**, **Y** и **Z**, ответ подтвердите расчётами.
2. Вычислите $KO(Y)$, а также массовые доли натрия в *смесях 1* и *2*.
3. Укажите, какие вещества кристаллизуются при охлаждении *смеси 1* и *смеси 2*. Рассчитайте массовые доли образующихся кристаллических веществ.
4. Какой технологический процесс осуществляют с использованием раствора **B** в расплавленной смеси **A** и **B** в угольной ванне?
5. Сколько атомов в формульной единице **Y** соединены сразу с двумя атомами металла?
6. Определите формулы веществ **B**, **Г**, **Д**, **Е**, **Ж** и **З**, ответ обоснуйте.
7. Объясните почему **Г** устойчивее к действию щелочи по сравнению с **Д**.

Задача 9-4

«Нужны как воздух»

Серебристо-белые простые вещества X , Y и Z , образованные элементами одной группы, на воздухе покрываются корками, состоящими из различных соединений. Кусочек X оставили надолго в камере, заполненной сухим воздухом (образовались вещества X_0 и X_1 , массовая доля X в X_0 ниже, чем в X_1), а затем растворили в воде (*р-ции 1 – 3*). При взаимодействии с водой образуется газ, раствор имеет щелочную реакцию среды и характерный резкий запах.

На поверхности кусочков Y и Z при длительном хранении в сухом воздухе образуются вещества Y_0 и Z_0 , соответственно (*р-ции 4 и 5*).

Навеску вещества Y_0 массой 1.000 г растворили в 25.00 мл соляной кислоты ($C = 1.000$ моль/л) при этом выделился газ, поддерживающий горение, а на нейтрализацию избытка кислоты потребовалось 11.00 мл раствора NaOH ($C = 0.994$ моль/л). Такая же навеска вещества Z_0 в избытке холодной соляной кислоты растворяется без выделения газа. Оба раствора, полученные в этих реакциях, темнеют при добавлении кристаллов иодида калия (*р-ция 6*).

Смесь веществ Y_0 и Z_0 применяется в космонавтике для регенерации кислорода внутри космических аппаратов. Вещества в этой смеси взяты в таком соотношении, что при поглощении углекислого газа выделяется равный объём кислорода (*р-ции 7 и 8*).

1. Определите вещества $X - Z$, X_0 , X_1 , Y_0 , Z_0 , ответ обоснуйте. Состав Y_0 подтвердите расчётом.

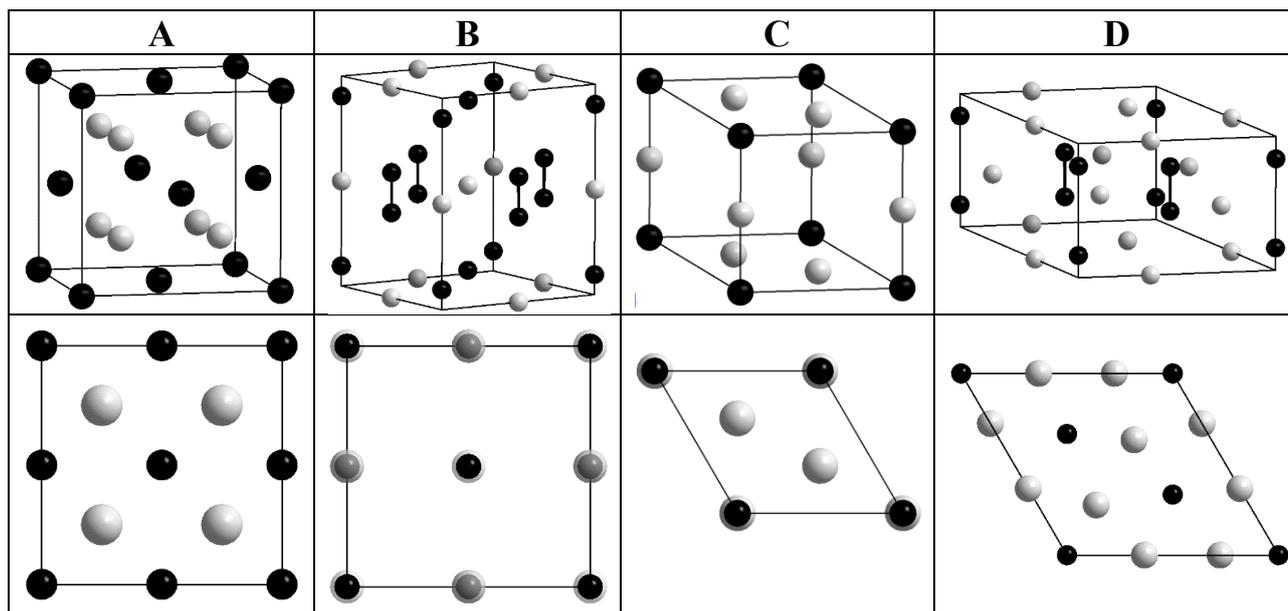
2. Напишите уравнения реакций 1 – 8.

3. Рассчитайте массовые доли веществ Y_0 и Z_0 в смеси, применяющейся для регенерации воздуха в космических аппаратах.

4. При температуре 25°C и давлении 101325 Па человек вдыхает около 7 литров воздуха (21 объёмный % кислорода) в минуту. Выдыхаемый воздух содержит 16 объёмных % кислорода, объём выдыхаемого воздуха примерно равен объёму вдыхаемого. В расчёте на одного человека оцените срок службы кассеты для регенерации кислорода, которая содержит 500 г смеси Y_0 и Z_0 .

5. В таблице приведены элементарные ячейки 4-х соединений $A - D$.

В первой строке - общий вид, во второй – проекция на основание элементарной ячейки. Белые шары полупрозрачны.



Соотнесите приведенные структуры с соединениями, упомянутыми в задаче (X_1 , X_0 , Y_0 , Z_0). Ответ обоснуйте.

Задача 9-5

В 2020 году исполнилось 75 лет атомной промышленности России. Основной используемый в качестве ядерного топлива элемент – это уран, что обусловило бурное развитие в СССР уранодобывающей промышленности.

Расположенное в Забайкальском крае Октябрьское месторождение было разведано в 1967 году и эксплуатируется вплоть до сегодняшнего дня. Современные запасы всего месторождения оцениваются в 9 тыс. тонн урана, рассеянного в породе, сложенной в основном диоритами ($\rho = 2900 \text{ кг/м}^3$). Среднее массовое содержание урана в ней – 0.205 %. По оценкам геологов, 60 % урана всего месторождения сосредоточено в залежи О-1, ширина и протяженность которой составляют в среднем около 70 и 450 м соответственно.

1. Приняв среднее содержание урана в залежи О-1 равным среднему по месторождению, рассчитайте вертикальную глубину залежи О-1. Считайте, что залежь имеет форму прямоугольного параллелепипеда и состоит почти полностью из диорита.

За период времени, прошедший с формирования месторождения, в урановой руде установилось вековое равновесие между ураном-235 и рядом

радиоактивных элементов, образующихся при его распаде. Вековое равновесие – это состояние, когда отношение количеств любых двух изотопов в этом ряду равно отношению их периодов полураспада.

В таблице представлены периоды полураспада урана-235 и некоторых изотопов из этого ряда. Содержание изотопа урана-235 в руде составляет 0.72 мольн. % от общего количества урана.

^{235}U	^{231}Th	^{231}Pa	^{227}Ac	^{227}Th	^{223}Ra	^{219}Rn	^{215}Po
$7.04 \cdot 10^8$ лет	25.52 ч	32760 лет	21.8 лет	18.68 сут	11.43 сут	3.96 с	$1.78 \cdot 10^{-3}$ с

2. Какого изотопа среди представленных в месторождении меньше всего? Рассчитайте общую массу этого изотопа во всем Октябрьском месторождении. Ответ объясните и приведите Ваши расчёты.

Одно из ключевых превращений в промышленной химии урана – реакция UO_2 с газообразным фтороводородом с образованием UF_4 и паров воды. Она предшествует получению гексафторида урана, который используют для разделения его изотопов.

Известны энтальпии следующих реакций (все вещества, для которых не указано агрегатное состояние – твердые).



3. Рассчитайте энтальпию образования UO_2 из простых веществ и изменение энтальпии в реакции $\text{UO}_2 + 4\text{HF}_{(\text{г.})} \rightarrow \text{UF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г.})}$, если энтальпии образования UF_4 , $\text{HF}_{(\text{г.})}$ и $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г.})}$ из простых веществ равны -1864 , -273.3 , -241.8 кДж/моль, соответственно.

4. Для разделения изотопов урана используют газообразный гексафторид урана. Полученный после обогащения образец, содержащий $^{235}\text{UF}_6$ и $^{238}\text{UF}_6$, имеет плотность на 0.19 % меньше, чем исходный UF_6 , в котором соотношение изотопов урана – природное. Какова мольная доля $^{235}\text{UF}_6$ в обогащенной смеси?