

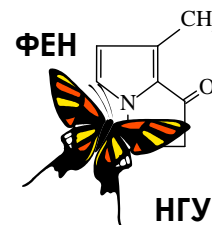


59-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Второй отборочный этап 2020-2021 уч. года

Задания по химии

9 класс



*Дорогие ребята!*

*Вашему вниманию предлагается комплект заданий заочного тура Всесибирской олимпиады школьников по химии 2020-2021 года. В Вашем распоряжении довольно много времени и все доступные методические ресурсы: библиотеки, книги, задачкиники, Интернет и т.д. Единственное, о чем мы бы хотели Вас очень сильно попросить: постарайтесь выполнять задания максимально самостоятельно, не переписывая решения друг у друга.*

*Помните, что для того, чтобы попасть в число призеров, вовсе не обязательно правильно решить все задачи. Даже если Вам удастся найти частичное решение лишь к одному заданию, присылайте нам и его – для Вас это станет первым серьезным шагом на нелегком пути к познанию увлекательной и волшебной науки – химии. Мы, в свою очередь, будем знать о том, что где-то, может быть очень далеко от столицы Сибири, появился еще один любознательный школьник, интересы которого не ограничиваются дискотеками, развлекательными телепередачами, компьютерными играми и социальными сетями.*

*Для сокращения времени, затрачиваемого на проверку Ваших работ и процедуру подведения итогов, настоятельно просим Вас загружать Ваши решения на сайт отдельно по каждой задаче. Если у Вас нет возможности сканировать листы с решениями, попробуйте их сфотографировать, но обязательно затем проверьте, как они читаются на экране компьютера.*

*Успехов Вам во всех Ваших делах и начинаниях и с наступающим Новым годом!*

*С искренним уважением к Вам и Вашим педагогам и наставникам,*

*Методическая комиссия и жюри Всесибирской открытой олимпиады школьников по химии.*

## Задание 1. «С наступающим Новым годом!».

Выбор формы представления периодической системы (ПС) химических элементов являлся непростой задачей для ученых еще всего сто лет назад. Самая первая версия ПС, которую предложил Менделеев в вертикальной форме, была опубликована лишь в 1869 г. При этом далеко не все варианты ПС, предложенных за 150 лет их истории, представляли собой таблицы. На рисунке показана одна из альтернативных версий ПС, «древовидная», которая была предложена латышским химиком Эдуардом Мазурсом в 1967 г.

Четырнадцать элементов, представленных в системе Мазурса, мы закрыли елочными игрушками. Для шести из них под цифрами 1-6 ниже приведено описание, характеризующее некоторые свойства простых веществ и минералов, в составе которых присутствуют эти элементы.

Следом за описанием под буквами а) – е) зашифрованы характерные для этих шести элементов химические реакции (Э – зашифрованный элемент).

				H	He												
				Li	Be												
		B	C	N	O					Ne							
				Na	Mg												
				K	S					Ar							
		Sc	Ti	V	Cr	Mn				Co	Ni	Cu	Zn				
				Ga	Ge	As				Br	Kr						
				Rb	Sr												
		Y	Zr	Nb		Tc	Ru	Rh		Pd							
				In		Sb	Te	I		Xe							
				Cs	Ba												
		La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au							
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm		Gd	Tb	Dy	Ho	Er							
				Tl		Bi	Po	At	Rn								
				Fr	Ra												
		Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

1) Один из самых распространённых в земной коре металлов, образующий весьма любопытный минерал, похожий по внешнему виду на золото. Интересно, что этот минерал не является важным промышленным сырьём для получения самого металла, а издавна используется для производства вещества, имеющего большое значение для химической промышленности. Какое вещество получают из этого минерала?

2) Простое вещество в аморфной форме представляет собой серый порошок, в кристаллической форме – темно-серый, блестящий, похожий на металл монолит. Крупные кристаллы почти ни с чем не реагируют, порошок растворяется в смеси азотной и плавиковой кислот [**реакция 1**], а при нагревании – и в крепком растворе гидроксида натрия [**2**].

3) При обычных условиях простое вещество представляет собой желто-зеленый газ с резким запахом. Впервые был получен Шееле взаимодействием минерала пиролюзита с одной весьма известной кислотой [**3**].

4) Очень ковкий и легко добываемый, но тяжелый металл, известный уже с эпохи Древнего Египта. В природе известно более 80 его минералов, а добывают его в основном из сульфидного минерала. Один из оксидов элемента используется в качестве насыщенного красно-оранжевого пигмента. Однако в большинстве стран производство из него красок ограничено из-за его токсичности.

5) Известный с древних времен серебристый блестящий металл, часто встречающийся в самородном виде. Металл не растворяется в разбавленных соляной и серной кислотах, но хорошо растворяется в концентрированной азотной кислоте [**4**]. Ионы этого металла обладают бактериостатическими свойствами.

6) Активный металл, который при обычных условиях может реагировать с водой [**5**]. Правда, если взять кусок этого металла и бросить в воду, ничего не происходит (по какой причине?). Зато металл легко может реагировать как с разбавленной соляной кислотой [**6**], так и с раствором гидроксида натрия [**7**].

а)  $\text{Э}_3\text{O}_4 + \text{HCl} = \text{ЭCl}_2 + \text{ЭCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; б)  $\text{Э}_2 + \text{KOH} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{КЭO}_3 + \text{КЭ} + \text{H}_2\text{O}$  (при нагревании);

в)  $\text{ЭF}_4 + \text{H}_2\text{O} = \alpha\text{-H}_2\text{ЭO}_3 + \text{H}_2[\text{ЭF}_6] + \text{HF}$ ; г)  $\text{ЭCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Э(OH)}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ;

д)  $\text{ЭNO}_3 = \text{Э} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ ; е)  $\text{Э} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{горение}} \text{Э}_3\text{O}_4$ .

**1.** Кратко укажите, какую информацию о химических элементах наглядно демонстрирует таблица Мазурса.

**2.** Разгадайте названия описанных под номерами 1-6 химических элементов. Среди реакций а) – е) найдите по одной подходящей для каждого из них. Ответы перепишите на лист с Вашими решениями в формате «номер описания – символ элемента – буква для химической реакции», например **3 – Те – д**.

**3.** Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций а) – е). Напишите уравнения реакций [**1**]-[**7**]. Ответьте на вопросы, встретившиеся Вам в описании элементов 1 и 6.

## Задание 2. «Золотая антилопа».

По сюжету поучительного советского мультфильма маленький индийский мальчик спасает дикую антилопу от охотников жадного раджи (мелкого индийского правителя). Антилопа оказалась волшебной, она была способна ударами копыт о землю выбивать особенные искры - золотые монеты. В награду за спасение антилопа подарила мальчику несколько таких монет. Увидев монеты, хитрый раджа попросил мальчика дать их ему, чтобы посмотреть на них внимательно.

«Сейчас мы их проверим, сейчас мы их сравним», - говорит бесовестный раджа, открывает свой сундук с золотом, и якобы случайно роняет туда монеты.

- Ай-яй-яй! Что я наделал! Как же я теперь отличу твои деньги от моих? Если я буду возвращать твои монеты, то могу случайно отдать и свои! А своих денег я не намерен отдавать никому!

Отметив, что справедливость в итоге восторжествовала и гнусный раджа понес заслуженное наказание, добавим к сюжету старой индийской сказки немного химии и физики. Представим, что глупый раджа и вправду не смог различить одинаковые по размеру и внешнему виду монеты, несмотря на то, что его деньги совершенно не содержали драгоценного металла, а монеты антилопы представляли собой кроновое золото (сплав, содержащий 91,67 масс. % золота и еще один металл **X**). Мальчик из нашей задачи оказался гораздо умнее богатого раджи. Две монеты, которые нужно было различить, он для начала попробовал на зуб. Первая монета (монета антилопы) этот тест прошла успешно, а вот на второй (монете раджи) осталась царапина, открывшая взгляду дешевый серебристо-белый металл **Y**, притягивающийся к магниту. Обман раскрылся!

Для установления точного состава монет мальчик отправился в алхимическую лабораторию, где попросил помощи у старого алхимика. Алхимик начал с того, что подержал каждую из монет в отдельном стаканчике, содержащем по 50 мл теплой концентрированной азотной кислоты ( $\omega = 60\%$ ,  $\rho = 1,367$  г/мл).

Первая монета частично растворилась (реакция [1]), потеряв 1,25 г своей массы, а раствор приобрел синий цвет. Выделившийся при растворении монеты бурый газ алхимик пропустил через трубку с большим избытком твердой натриевой щелочи, в результате чего масса трубки заметно увеличилась [2]. Не растворившийся остаток этой монеты, представлявший собой чистое золото, алхимик отложил в сторону, а синий раствор разделил ровно пополам.

При добавлении натриевой щелочи к первой половине раствора выпал светло-голубой осадок [3]. Часть этого осадка он нагрел в пламени свечи на воздухе, получив черный порошок [4], а другую часть – в атмосфере угарного газа, получив порошок красно-розового цвета [5].

Вторую половину раствора алхимик аккуратно испарил в выпарительной чашке до небольшого объема (2-3 мл). После охлаждения до комнатной температуры раствор полностью закристаллизовался, образовав красивые синие кристаллы. Алхимик перемешал кристаллы стеклянным шпателем, обдул их в течение нескольких минут горячим воздухом, охладил и взвесил, получив 2,82 г сухих кристаллов.

1. Как Вы думаете, что произошло с первой монетой при "пробе на зуб"? Вычислите массу золотого остатка, полученного алхимиком. Установите металл **X**, входивший в состав кронового золота антилопы, и напишите уравнения реакций [1] – [5].

2. Рассчитайте увеличение массы трубки со щелочью, произошедшее в результате реакции [2].

3. Вычислите массовую долю соли, содержащейся в синем растворе после растворения монеты.

4. Рассчитайте количество молей кристаллизационной воды, приходящейся на один моль соли в полученных алхимиком синих кристаллах.

Позолота на второй монете после обработки азотной кислотой превратилась в белый налет [6]. С благородным металлом **Y**, скрывавшимся под позолотой, ничего не произошло, а масса монеты изменилась очень незначительно. Тогда алхимик опустил побелевшую монету в стакан с концентрированной соляной кислотой. В этой кислоте без остатка растворился как белый налет [7], так и вся монета целиком [8]. В результате растворения образовался зеленый раствор и выделился горючий газ объемом 2,69 л (н.у.). При добавлении к этому раствору натриевой щелочи выпал бледно-зеленый осадок [9], который на воздухе начал быстро темнеть прямо под раствором и со временем стал рыже-бурого цвета [10].

5. Определите металл **Y**, скрывавшийся под фальшивой позолотой, и вычислите его массу в монете. Почему этот металл, растворившийся в соляной кислоте, не стал растворяться в более едкой кислоте азотной?



6. А как можно было бы различить монеты раджи и антилопы, не прибегая к их анализу, даже к такому простому, как проба «на зуб» или «на магнит»?

7. Напишите уравнения реакций [8] – [10].

Для установления состава позолоты (вещество А) алхимик соскоблил ее с нескольких фальшивых монет и разделил на две части. Первую алхимик прокалил при 600°C в замкнутом сосуде, из которого был откачан воздух. Она потеряла 17,52 % массы и свой замечательный золотистый цвет, превратившись в коричневатый порошок соединения Б [11]. На стенках сосуда при этом образовался желтый налет простого вещества В. Соединение Б он прокалил в атмосфере воздуха, получив белый порошок вещества Г и газ Д с резким кислым запахом [12]. Вещество Г растворилось при нагревании в натриевой щелочи [13], а газ Д обесцветил раствор перманганата калия [14].

Вторую часть позолоты алхимик сразу прокалил на воздухе, получив опять же белое вещество Г и газ Д [15]. Удивительно, но процент потери массы веществом А не зависел от способа прокаливания: и на воздухе позолота потеряла 17,52 % массы. Наш алхимик не успокоился и на этом: он нагрел 0,100 г вещества Г в токе водорода и получил 0,0788 г легкоплавкого металла Z [16].

8. Определите металл Z и простое вещество В. Установите формулы веществ А, Б, Г и Д, если известно, что все эти соединения бинарные (состоят из атомов двух элементов). Свои ответы подтвердите расчетами, используя цифры, приведенные в тексте задачи.

9. Напишите уравнения реакций [6], [7], [11] – [16].

10. Вещество А раньше так часто использовалось для золочения поверхностей (например, куполов церквей), что получило такое же тривиальное название, как и тончайшие листы настоящего золота, используемые для этой цели. Попробуйте вспомнить это название.

### Задание 3. «Важнейший микроэлемент».

*«Недостаток X приводит к заболеваниям щитовидной железы, например, к базедовой болезни (зоб), кретинизму»...*

Из Википедии.

Элемент X является одним из важнейших микроэлементов. В организме человека содержится около 25 мг этого элемента, причём примерно половина этой массы сосредоточена в щитовидной железе, вырабатывающей гормон роста тироксин. Суточная потребность взрослого человека в этом элементе составляет всего 0,2 мг, однако его недостаток в продуктах питания вызывает тяжёлые заболевания. Один из способов восполнения дефицита элемента X заключается в употреблении поваренной соли, содержащей добавки различных соединений этого элемента. Содержание таких добавок в разных сортах соли колеблется от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  масс. %.



Своё название элемент X получил благодаря интенсивной фиолетовой окраске паров простого вещества А, твёрдого при комнатной температуре, но легко возгоняющегося при нагревании. Коричневая водно-спиртовая настойка, содержащая вещество А, является настолько распространённым антисептиком, что стала обязательным компонентом любой домашней и автомобильной аптечки.

Химическую активность простого вещества А характеризуют словом «умеренная». При обычных условиях оно довольно пассивно, из неметаллов с заметной скоростью взаимодействует только с фосфором, фтором, хлором и бромом. Интересно, что в основных продуктах всех четырех перечисленных реакций X имеет различные степени окисления. С такими активными металлами, как натрий и алюминий, А бурно реагирует в присутствии каталитического количества воды, а с цинком, хромом, железом и медью взаимодействует при нагревании.

1. Определите элемент X и вещество А (химические формулы). Напишите уравнения реакций, с помощью которых охарактеризованы химические свойства вещества А.

Для кристалла вещества А массой 7,62 г вычислите в штуках:

2. а) количество молекул; б) количество протонов; в) количество нейтронов.

Для приготовления правильной водно-спиртовой настойки к этому кристаллу следует добавить 1,5 г соединения калия с элементом X, 750 мл 96 % этилового спирта (плотность такого спирта  $0,8 \text{ г/см}^3$ ), 75 мл воды и тщательно все перемешать до полного растворения.

3. Для полученной Вами настойки рассчитайте: а) массовую долю простого вещества А; б) массовую долю этилового спирта; в) массовую долю элемента X.

Известно, что в одном кубометре некоторых морских вод содержится до 0,06 г элемента **X** в виде его соединения с натрием (вещество **Б**). Человек добывает элемент **X** из такой воды, обрабатывая ее газообразным хлором.

4. Напишите формулу и название вещества **Б**, а также уравнение реакции добычи **X** из морской воды. Посчитайте, сколько кубометров такой воды надо переработать, чтобы извлечь из неё Ваш кристалл вещества **A**. А сколько литров такой воды перерабатывается для получения одного пакета (1 кг) поваренной соли с максимальным содержанием элемента **X** ( $6 \cdot 10^{-3}$  масс. % его соединения с калием)?

С кислородом **A** напрямую не взаимодействует, поэтому оксиды и другие кислородсодержащие соединения **X** обычно получают косвенными методами. В частности, вещество **A** легко растворяется в натриевой щелочи с образованием веществ **Б** и **В**, одно из которых содержит кислород (24,2 масс. %). Кислоту **Г**, соответствующую соли **В**, можно получить растворением вещества **A** в концентрированной азотной кислоте, а соответствующий кислоте **Г** оксид **Д** – нагреванием этой кислоты при температуре выше 200 °С. Для получения соединений **X** в более высокой степени окисления вещество **В** растворяют в натриевой щелочи и пропускают хлор, получая соль **Е**. В результате обработки этой соли азотной кислотой получается кислота **Ж**, содержащая 42,1 масс. % кислорода.

5. Установите формулы и напишите названия веществ **В-Ж**. Напишите уравнения описанных реакций получения этих веществ.