

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2019-2020 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

8 класс

Задание 1. Элемент **X** относится к числу довольно распространенных элементов в земной коре, причем во всех природных соединениях он имеет степень окисления, равную -1. Соединения, содержащие элемент **X** в нулевой и положительных степенях окисления, являются сильными окислителями. Простое вещество, образованное элементом **X**, представляет собой ядовитый желто-зеленый газ, состоящий из двухатомных молекул.

Элемент **Y** – самый распространенный элемент во Вселенной и один из самых распространенных на Земле, во всех природных соединениях имеет степень окисления +1. Простое вещество, образованное элементом **Y**, состоит из двухатомных молекул. является самым легким из всех известных газов,

а) Назовите элементы **X** и **Y**.

а) Из описания свойств элементов следует, что элемент **X** – хлор, **Y** – водород.

а) За названия элементов по 2 балла

4 балла

б) Напишите уравнение реакции взаимодействия газов друг с другом, назовите продукт реакции. А как называется водный раствор этого продукта?

б) Уравнение реакции $Cl_2 + H_2 = 2HCl$, продукт реакции хлороводород. Его водный раствор называется «соляная кислота».

б) За уравнение реакции 1 балл, названия продукта по 1 баллу

3 балла

в) Укажите типы химической связи в молекулах **X**₂, **Y**₂ и **XY**.

в) Типы химической связи в молекулах: **X**₂ и **Y**₂ – ковалентная неполярная, **XY** – ковалентная полярная. Ответ «ковалентная» засчитывается как правильный.

в) Типы химической связи в молекулах по 1 баллу

3 балла

г) Рассчитайте массу, количество и объем продукта, который может быть получен из 5,6 л газа **X**₂. Объемы газов измеряются при н. у.

г) Количество хлороводорода $n(HCl) = 2n(Cl_2) = 2 \cdot 5,6 / 22,4 = 0,5$ моль, его объем $V(HCl) = 2V(Cl_2) = 2 \cdot 5,6 = 11,2$ л, масса $m(HCl) = 36,5 \cdot n(HCl) = 36,5 \cdot 0,5 = 18,25$ г.

г) За массу, количество и объем хлороводорода по 2 балла

6 баллов

д) Напишите уравнения реакций взаимодействия железа, ртути и алюминия с водным раствором **XY**, а также с газом **X**₂ при нагревании. Если реакция не идет, обязательно укажите это.

д) Уравнения реакций: $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$; $Hg + HCl \neq$ не идет; $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$;

$2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2FeCl_3$; $Hg + Cl_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} HgCl_2$; $2Al + 3Cl_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2AlCl_3$.

д) За уравнения реакций по 1 баллу, указание «не идет» 1 балл

6 баллов

ИТОГО

22 балла

Задание 2. Элемент **A** в виде простого вещества представляет собой очень ядовитый и агрессивный газ светло-желтого цвета с резким запахом, активно взаимодействующий почти со всеми веществами на земле. Если к количеству протонов, содержащихся в одном атоме элемента **A**, прибавить количество его электронов, то получится число протонов, содержащихся в одном атоме неядовитого газа **B**, который не имеет ни цвета, ни запаха и в невысоких концентрациях не оказывает никакого воздействия на органы чувств. Является очень распространенным газом на земле, широко применяется в лампах накаливания, а также для заполнения полостей между стеклами при изготовлении стеклопакетов. Если число протонов, содержащихся в атоме элемента **B**, увеличить на 1, то получится порядковый номер элемента **C**, который представляет собой мягкий металл серебристо-белого цвета, окрашивающий пламя горелки в фиолетовый цвет. Количество нейтронов, содержащихся в самом распространенному изотопе элемента **C**, равно порядковому номеру элемента **D**. Если к количеству протонов элемента **D** прибавить количество протонов элемента **A**, то получим элемент **E**, простое вещество которого представляет собой пластичный металл желто-розового цвета, обладающий хорошей электропроводностью, что обуславливает широкое его применение в электротехнике.

а) Назовите элементы **A**, **B**, **C**, **D**, **E**.

а) Элементы: **A** – фтор, **B** – аргон, **C** – калий, **D** – кальций, **E** – медь.

а) За названия элементов по 2 балла

10 баллов

б) Напишите формулы существующих соединений элементов А, В, С, Д, Е с кислородом и рассчитайте массовую долю (%) искомых элементов в этих соединениях.

б) Соединения элементов с кислородом и их массовые доли: OF_2 , $\omega(F) = 100*2*19/54 = 70,4\%$; K_2O , $\omega(K) = 100*2*39/94 = 83,0\%$; K_2O_2 (пероксид), $\omega(K) = 100*2*39/110 = 70,9\%$; KO_2 (надпероксид), $\omega(K) = 100*39/71 = 54,9\%$; KO_3 (озонид), $\omega(K) = 100*39/87 = 44,8\%$; CaO , $\omega(Ca) = 100*40/56 = 71,4\%$; CaO_2 , $\omega(Ca) = 100*40/72 = 55,6\%$; Cu_2O , $\omega(Cu) = 100*2*63,5/143 = 88,8\%$; CuO , $\omega(Cu) = 100*63/5/79,5 = 79,9\%$; Cu_2O_3 , $\omega(Cu) = 100*2*63/5/175 = 72,6\%$.

б) За формулы по 0,5 балла, массовые доли по 0,5 балла

10 баллов

ИТОГО

20 баллов

Задание 3. Для изготовления недорогих ювелирных изделий, выглядящих как настоящие, используются различные сплавы, имитирующие золото. Конечно, передать физические свойства металла, прежде всего его химическую нейтральность к различным агрессивным средам, не удается, зато визуально повторить желтый металл вполне возможно. Чтобы создать такую имитацию, существует довольно много способов, которые можно условно разделить на две группы. Первая, в которой золота нет вообще, и вторая, в которой присутствует золото, но в небольшой концентрации. Сплавы, не содержащие золота вообще, со временем темнеют. Чтобы снизить подобный эффект или растянуть его во времени, в состав сплава добавляют очень небольшое количество настоящего золота. Классическим примером является «Абиссинское золото», которое было получено в Абиссинии (современной Эфиопии). В его состав входит всего 0,5 масс. % чистого золота и этого достаточно, чтобы эффективно бороться с возникновением пленки на поверхности. Два других компонента сплава – это медь (88 масс. %) и цинк.

а) Исходя из предположения, что объем сплава равен сумме объемов вошедших в него металлов, вычислите плотность «Абиссинского золота», зная плотности меди ($8,92 \text{ г}/\text{см}^3$), цинка ($7,33 \text{ г}/\text{см}^3$) и золота ($19,32 \text{ г}/\text{см}^3$).

а) Возьмем 100 г сплава. Его объем, по условию, сложится из объемов вошедших в сплав металлов. Их объемы равны массе металла, деленной на плотность: $V(M) = m(M)/\rho(M)$. Массы металлов равны произведению их массовых долей на массу сплава $m(M) = \omega(M)*m(\text{сплава})$. В 100 г сплава содержится 88 г меди, 0,5 г золота и $100-88-0,5 = 11,5$ г цинка. Получаем $V(\text{сплава}) = 88/8,92 + 11,5/7,33 + 0,5/19,32 = 11,46 \text{ см}^3$. Плотность сплава $100/11,46 = 8,73 \text{ г}/\text{см}^3$.

а) За плотность сплава 6 баллов

6 баллов

б) Напишите все возможные реакции, которые будут протекать при растворении измельченного в порошок сплава в разбавленных растворах азотной и серной кислот.

б) Уравнения реакций: $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$; $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$;
 $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$ либо $3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$.

б) За уравнения реакций по 1 баллу

3 балла

в) Вычислите объемы газообразных продуктов (н. у.), которые можно получить при растворении 1 г сплава в каждой из кислот.

в) В серной кислоте растворяется только цинк. Его количество $0,115/65,4 = 1,77*10^{-3}$ моль, водорода получится столько же, его объем составит $22,4*1,77*10^{-3} = 0,0394 \text{ л}$. При растворении меди ($0,88/63,5 = 1,39*10^{-2}$ моль) в разбавленной азотной кислоте получится $2/3*1,39*10^{-2} = 9,24*10^{-3}$ моль NO, его объем составляет $22,4*9,24*10^{-3} = 0,207 \text{ л}$. Если считать, что продуктом восстановления азотной кислоты цинком является нитрат аммония (а это верно для очень разбавленных растворов азотной кислоты), то газ в этой реакции не выделяется, и верный ответ 0,207 л. Если считать, что продуктом восстановления азотной кислоты цинком является оксид азота(II), то его получится $22,4*2/3*1,77*10^{-3} = 0,026 \text{ л}$. Тогда общий объем газа в реакции с азотной кислотой составит $0,207+0,026 = 0,233 \text{ л}$.

в) За объем газа в реакции с каждой из кислот по 2 балла

4 балла

г) Предложите последовательность, в которой следует обрабатывать сплав этими кислотами, чтобы отделить компоненты сплава друг от друга.

г) Сначала следует обработать сплав серной кислотой, при этом растворится только цинк, образовав раствор сульфата цинка. При последующей обработке азотной кислотой растворится медь с образованием нитрата меди, а золото останется в остатке.

г) За верную последовательность 4 балла

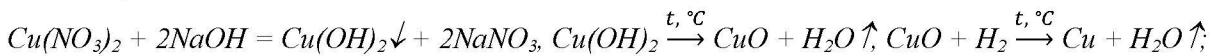
4 балла

д) Как из полученных после растворения сплава растворов выделить чистые металлы (приведите по 2 разных способа для каждого из металлов)?

д) Один из самых простых способов – взаимодействие с более активных металлов с растворами солей: $Cu(NO_3)_2 + Fe = Cu \downarrow + Fe(NO_3)_2$; $ZnSO_4 + Mn = Zn \downarrow + MnSO_4$.

Второй вариант, позволяющий осаждать металлы непосредственно из раствора – электролиз растворов (с

диафрагмой): $2Cu(NO_3)_2 + 4H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu \downarrow + 4HNO_3 + O_2 \uparrow$; $2ZnSO_4 + 4H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Zn \downarrow + 2H_2SO_4 + O_2 \uparrow$.
Возможно осаждение гидроксидов с последующим прокаливанием до оксидов и восстановлением подходящими восстановителями:



д) За каждый способ (не более двух) для каждого металла с уравнениями реакций по 2 балла (без уравнений реакций по 1 баллу) 8 баллов

ИТОГО

25 баллов

Задание 4.

«Если прошлое и настоящее водорода связано с понятием «промышленный газ», то будущее – с понятием «новый энергоноситель»» (Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию / Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО // июнь 2019 г.)

Водород считается одним из наиболее перспективных видов топлива и зарекомендовал себя как эффективный и экологически чистый энергоноситель. Удельная теплота сгорания водорода составляет примерно 120 кДж/г, что в несколько раз превышает удельную теплоту сгорания углеводородных топлив (для метана CH₄ – около 50 кДж/г).

Смеси водорода с кислородом или воздухом взрывоопасны и называются гремучим газом. При зажигании искрой или другим источником смесь водорода с воздухом небольшого объема сгорает чрезвычайно быстро, с громким хлопком, что субъективно воспринимается как взрыв.

а) Напишите уравнения реакций сгорания водорода и метана (одним из продуктов является углекислый газ). Вычислите теплоты сгорания этих газов в кДж/моль.

а) Уравнения реакций: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$. Молярная масса водорода 2 г/моль, метана 16 г/моль. $Q_{сгор.}(H_2) = 120 * 2 = 240$ кДж/моль, $Q_{сгор.}(CH_4) = 50 * 16 = 800$ кДж/моль.

а) За уравнения реакций по 1 баллу, за теплоты сгорания по 2 балла 6 баллов

б) Какой объем кислорода следует смешать с 10 л водорода (н. у.) для получения максимального теплового эффекта в расчете на 1 л смеси? А какой объем воздуха потребуется для этой же цели?

б) Для получения максимального теплового эффекта в расчете на 1 л смеси с 10 л водорода следует смешать 5 л кислорода. Содержание кислорода в воздухе 21 % по объему, следовательно, воздуха потребуется $5/0,21 = 23,8$ л.

б) За объемы газов по 2 балла 4 балла

в) Рассчитайте массовые доли водорода в гремучих смесях из предыдущего пункта и количество тепла, которое выделяется в результате полного сгорания 1 л каждой из этих смесей.

в) В смеси с кислородом на каждые 2 г (1 моль) водорода приходится 16 г (0,5 моль) кислорода. Массовая доля водорода в этой смеси составляет $2/18 = 0,11$ или 11 %. При сжигании 1 моля (22,4 л) водорода и 0,5 моля (11,2 л) кислорода (в сумме 33,6 л такой смеси) выделяется 240 кДж тепла. Следовательно, при сгорании 1 л смеси выделяется $240/33,6 = 6,67$ кДж тепла.

В смеси с воздухом на каждые 10 л водорода приходится 23,8 л воздуха. Следовательно, в этой смеси воздуха в 2,38 раза больше, как по объему, так и по количеству. Значит, на 1 моль ($2*1 = 2$ г) водорода будет приходить 2,38 моль ($2,38*29 = 69$ г) воздуха. Массовая доля водорода в этой смеси составит $2/71 = 0,0282$ или 2,82 %. При сжигании 22,4 л водорода и $2,38*22,4 = 53,3$ л воздуха (в сумме 75,7 л такой смеси) выделяется 240 кДж тепла. Следовательно, при сгорании 1 л смеси выделяется $240/75,7 = 3,17$ кДж тепла.

в) За массовые доли по 2 балла, за количество тепла по 3 балла 10 баллов

г) Вычислите объем воды, которая получится при сжигании смеси 1 л водорода и 1 л кислорода. Все объемы измеряются при н.у.

г) Кислород в избытке, количество воды в молях такое же, как и водорода, т.е. $1/22,4 = 0,0446$ моль. Ее масса составит $0,0446*18 = 0,804$ г. При н. у. вода может быть одновременно в двух агрегатных состояниях – жидким и твердым. Плотность жидкой воды при н. у. около 1 г/см³, льда – около 0,9 г/см³. Тогда объем жидкой воды составит 0,804 см³, льда $0,804/0,9 = 0,893$ см³, объем их смеси может быть в интервале от 0,804 до 0,893 см³. Объективности ради следует сказать, что водой все-таки обычно называют жидкое агрегатное состояние этого вещества, в то время как твердое – льдом, а газообразное – водяным паром.

г) За любой ответ 0,804 см³, 0,893 см³ или в этом интервале 3 балла 3 балла

ИТОГО

23 балла