

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

Задание 1. Элемент **X** относится к числу довольно распространенных элементов в земной коре. 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**, также состоит из двухатомных молекул.

а) Назовите элементы **X** и **Y**, напишите уравнение реакции взаимодействия газов друг с другом, назовите продукт реакции. А как называется водный раствор этого продукта?

а) Из описания свойств элементов следует, что элемент **X** – хлор, **Y** – водород. Уравнение реакции:
 $Cl_2 + H_2 = 2HCl$, продукт реакции хлороводород. Его водный раствор называется «соляная кислота»

а) За названия элементов по 1 б., уравнение реакции 1 б., названия по 1 б. **5 баллов**

б) Укажите типы химической связи в молекулах X_2 , Y_2 и XY и в кристаллах, которые они образуют при низких температурах.

б) Типы химической связи в молекулах: X_2 и Y_2 – ковалентная неполярная, XY – ковалентная полярная. Ответ «ковалентная» засчитывается как правильный. Типы химической связи в кристаллах: X_2 и Y_2 – вандерваальсовая связь (дисперсионная), XY – вандерваальсовая связь (ориентационная). Ответ «вандерваальсовая» засчитывается как правильный.

б) Типы химической связи в молекулах и кристаллах по 0,5 балла **3 балла**

в) Напишите уравнений реакций взаимодействия железа, ртути, алюминия, гидроксида и иодида калия с водным раствором XY , а также с газом X_2 при нагревании. Если реакция не идет, обязательно укажите это.

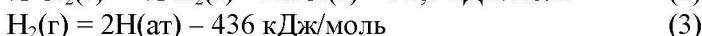
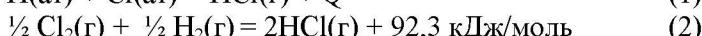
в) Уравнения реакций: $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$; $Hg + HCl \neq$ не идет; $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$;
 $KOH + HCl = KCl + H_2O$; $KI + HCl \neq$ не идет;

$2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} 2FeCl_3$; $Hg + Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} HgCl_2$; $2Al + 3Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} 2AlCl_3$; $6KOH + 3Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$;
 $2KI + Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} 2KCl + I_2$ или $KI + Cl_2 \xrightarrow[t, ^\circ C]{} KCl + ICl$ (ICl_3).

в) За уравнения реакций по 1 баллу, указание «не идет» по 1 баллу **10 баллов**

г) Энергию химической связи A-B в некоторых случаях можно представить как теплоту (Q , кДж/моль), которая выделяется при образовании 1 моль вещества AB в газообразном состоянии из атомов A и B. Вычислите энергию связи X-Y, используя следующие данные: стандартная теплота образования XY равна 92,3 кДж/моль, энергии связи в молекулах X_2 и Y_2 равны 242,4 кДж/моль и 436 кДж/моль, соответственно.

г) Термохимические уравнения процессов:



Чтобы получить уравнение (1) надо из уравнения (2) отнять уравнения (3) и (4), умноженные на $\frac{1}{2}$.
 $Q = 92,3 - 0,5*(-436) - 0,5*(-242,4) = 431,5$ (кДж/моль).

г) За расчет энергии связи 6 баллов (по 1 б. за уравнения и 2 б. за расчет, если верный расчет без уравнений, то ставится 6 б.) **6 баллов**

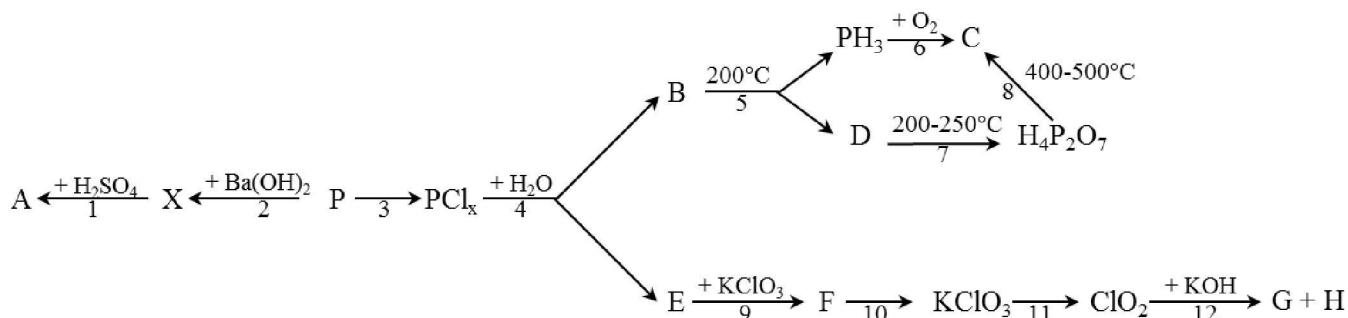
ИТОГО **24 балла**

Задание 2. Вашему вниманию предлагается схема превращений фосфора и его соединений.

Известно, что A, B, C, D – кислородсодержащие кислоты фосфора, P – белый фосфор, а реакцию 2 проводят при $t = 70^\circ\text{C}$. Дополнительно известно, что вещества E, F, G и H содержат хлор, а в веществе PCl_x массовая доля хлора 77,45 %.

а) Расшифруйте схему. Вычислите состав соединения PCl_x , напишите формулы соединений A, B, C, D, X, E, F, G и H.

б) Назовите кислоты A, B, C, D, вещества X, G и H.



а)-б) PCl_x : $22,25/32 : 77,45/35,5 = 0,72:2,18 = 1:3$, PCl_3 . А – H_3PO_2 – фосфорноватистая кислота; В – H_3PO_3 – фосфористая кислота, С – HPO_3 – метафосфорная кислота, D – H_3PO_4 – ортофосфорная кислота, X – $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ – гипофосфит бария, E – HCl , F – Cl_2 , G – KClO_2 – хлорит калия (или KCl – хлорид калия), H – KClO_3 – хлорат калия.

а) За формулы веществ PCl_x , А-Н, X по 0,5 б.

5 баллов

б) За названия А-Д, X, G и H по 0,5 б.

3,5 баллов

в) Изобразите структурные формулы кислот А, В, Д и укажите их основность.

г) Структурные формулы:

| H_3PO_2 , однососновная | H_3PO_3 , двухосновная | H_3PO_4 , трехосновная |
|--|---|--|
| $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{P}=\text{O} \\ \\ \text{HO} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{P}=\text{O} \\ \\ \text{HO} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{HO} \\ \\ \text{HO}-\text{P}=\text{O} \\ \\ \text{HO} \end{array}$ |

д) За строение А, В, Д по 1 б., основность по 0,5 б.

4,5 балла

е) Напишите уравнения реакций 1-12, приведенных на схеме.

ж) Уравнения реакций: 1. $8\text{P} + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3 + 3\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$,

2. $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{BaSO}_4$ 3. $3\text{P} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{PCl}_3$, 4. $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HCl}$.

5. $4\text{H}_3\text{PO}_3 = \text{PH}_3 + 3\text{H}_3\text{PO}_4$ 6. $\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. 7. $2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$.

8. $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 = 2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. 9. $6\text{HCl} + \text{KClO}_3 = 3\text{Cl}_2 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$. 10. $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} = \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$.

11. $2\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{ClO}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. 12. $2\text{ClO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KClO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

или $6\text{ClO}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow[t, {}^\circ\text{C}]{} \text{KCl} + 5\text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

з) За уравнения реакций по 1 баллу

12 баллов

ИТОГО

25 баллов

Задание 3. При гидролизе кристаллического вещества серого цвета массой 14,22 г с выходом 90% получен бесцветный горючий газ А, при окислении которого раствором перманганата калия в слабощелочной среде образуется оксалат калия. При взаимодействии всего полученного газа А с избытком аммиачного раствора хлорида меди(I) образуется осадок X_1 темно-красного цвета. При обработке такого же объема газа А эквимолярным количеством эфирного раствора метилмагнийбромида, а затем бромметаном, образуется другой бесцветный газ В. При взаимодействии В с аммиачным раствором хлорида меди(I) образуется осадок X_2 . В реакции А с избытком эфирного раствора метилмагнийбромида и бромметана, образуется газ С, который не взаимодействует с аммиачным раствором хлорида меди(I).

а) Определите молекулярные и структурные формулы газов А, В и С.

а) Оксалат калия в реакции окисления раствором перманганата калия в слабощелочной среде может образоваться только из ацетилена. А – ацетилен, C_2H_2 , $\text{HC} \equiv \text{CH}$.

При обработке ацетилена эквимолярным количеством эфирного раствора метилмагнийбромида, а затем бромметаном, образуется пропин. В – пропин, C_3H_6 , $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}_2$.

В реакции ацетилена с избытком эфирного раствора метилмагнийбромида и бромметана, образуется бутин-2. С – бутин-2, C_4H_6 , $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}_2$.

а) За молекулярные формулы газов А, В и С по 1 б., за структурные по 2 б. (если есть структурная, но нет молекулярной формулы, ставится 3 б.)

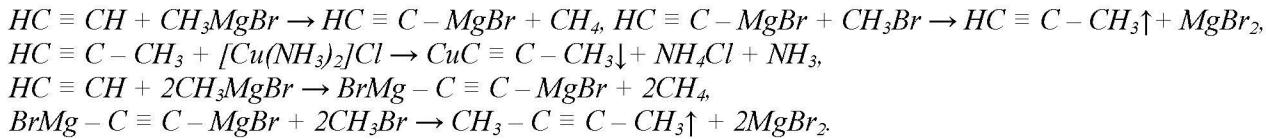
9 баллов

б) Напишите уравнения описанных реакций, расставьте коэффициенты.

б) Уравнения реакций: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HC} \equiv \text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$,

$3\text{HC} \equiv \text{CH} + 8\text{KMnO}_4 \rightarrow 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$,

$\text{HC} \equiv \text{CH} + 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} \rightarrow \text{CuC} \equiv \text{CCu} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{NH}_3$,



б) За уравнения реакций по 2 б.

16 баллов

в) Рассчитайте массы (в граммах) полученных осадков X_1 и X_2 .

$$\text{в)} m_{\text{прак}}(CaC_2) = m_{\text{меоп}} * \eta = 14,22 * 0,9 = 12,8 \text{ г.}$$

$$n(CaC_2) = \frac{m}{M} = \frac{12,8 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль; } n(HC \equiv CH) = 0,2 \text{ моль;}$$

$$n(HC \equiv CH) = n(CuC \equiv CCu \downarrow) = 0,2 \text{ моль; } m(CuC \equiv CCu) \downarrow = n \cdot M = 0,2 * 152 = 30,4 \text{ г.}$$

$$X_1 - m(CuC \equiv CCu) \downarrow = 30,4 \text{ г.}$$

$$n(HC \equiv CH) = n(HC \equiv C - CH_3 \uparrow) = n(CuC \equiv C - CH_3 \downarrow) = 0,2 \text{ моль;}$$

$$X_2 - m(CuC \equiv C - CH_3) \downarrow = n \cdot M = 0,2 * 103 = 20,6 \text{ г.}$$

в) За массы осадков X_1 и X_2 по 2 б.

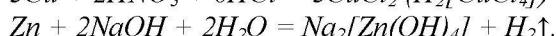
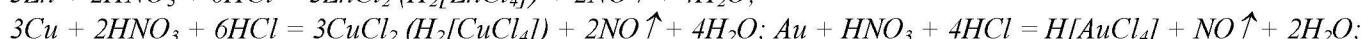
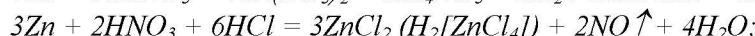
4 балла

ИТОГО

29 баллов

Задание 4. 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 и цинк.

а) Напишите все возможные реакции, которые будут протекать при растворении измельченного в порошок сплава в разбавленных растворах азотной и соляной кислот, в царской водке и в концентрированном растворе натриевой щелочи.



а) За уравнения реакций по 1 баллу

7 баллов

б) Вычислите состав сплава (в массовых долях), если известно, что при обработке 1 г сплава раствором щелочи выделяется 43 см³ газа.

б) Количество цинка в 1 г сплава равно количеству выделившегося водорода $0,043/22,4 = 1,92 * 10^{-3}$ моль. Масса цинка $65,4 * 1,92 * 10^{-3} = 0,126$ г, массовая доля 0,126 или 12,6 %. Массовая доля меди в сплаве $1 - 0,126 - 0,005 = 0,869$ или 86,9 %.

б) За массовые доли цинка и меди в сплаве по 2 б.

4 балла

в) Исходя из предположения, что объем сплава равен сумме объемов вошедших в него металлов, вычислите плотность «Абиссинского золота», зная плотности меди (8,92 г/см³), цинка (7,33 г/см³) и золота (19,32 г/см³).

в) 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 86,9 г меди, 0,5 г золота и 12,6 г цинка. Получаем $V(\text{сплава}) = 86,9/8,92 + 12,6/7,33 + 0,5/19,32 = 11,49 \text{ см}^3$. Плотность сплава $100/11,49 = 8,71 \text{ г/см}^3$.

в) За плотность сплава 4 балла

3 балла

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

г) В соляной кислоте растворяется только цинк. Водорода выделяется столько же, сколько выделилось при растворении сплава в щелочи, т.е. 43 см³. Количество цинка посчитано нами в п. б. При растворении меди ($0,869/63,5 = 1,37 * 10^{-2}$ моль) в разбавленной азотной кислоте получится $2/3 * 1,37 * 10^{-2} = 9,13 * 10^{-3}$ моль NO, его объем составит $22,4 * 9,13 * 10^{-3} = 0,207$ 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 0,205 л. Если считать, что продуктом восстановления азотной кислоты цинком является оксид азота(II), то его получится $22,4*2/3*1,92*10^3 = 0,029$ л. Тогда общий объем газа в реакции с азотной кислотой составит $0,205+0,029 = 0,234$ л. При растворении меди и цинка в царской водке выделяется NO, объем которого совпадает с тем, что мы уже вычислили. При растворении золота количество NO равно количеству растворившегося золота, т. е. $0,005/197$ моль, а объем $22,4*0,005/197 = 0,0006$ л. Общий объем газа в реакции с царской водкой $0,234+0,0006 \approx 0,235$ л.

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

6 баллов

д) Рассчитайте массовые доли солей меди и цинка в индивидуальных растворах этих солей, полученных в результате последовательной обработки 10 г сплава порциями двух кислот массой по 200 г каждая (кислоты в избытке).

д) Масса цинка в 10 г сплава $0,126*10 = 1,26$ г, его количество $1,26/65,4 = 0,0193$ моль, масса хлорида цинка $0,0193*136,4 = 2,628$ г. Масса выделившегося водорода $0,0193*2 = 0,0386$ г, масса раствора $200+1,26-0,04 = 201,22$ г, массовая доля хлорида цинка $2,628/201,22 = 0,0131$ или 1,31 %.

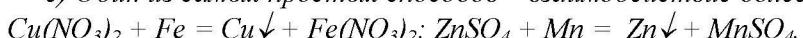
Масса меди в 10 г сплава $0,869*10 = 8,69$ г, ее количество $8,69/63,5 = 0,137$ моль, масса нитрата меди $0,137*187,5 = 25,69$ г. Масса выделившегося оксида азота $0,137*30*2/3 = 2,74$ г, масса раствора $200+8,69-2,74 = 205,95 \approx 206$ г, массовая доля нитрата меди $25,69/206 = 0,1247$ или 12,47 %.

д) За массовые доли каждой из солей по 3 балла

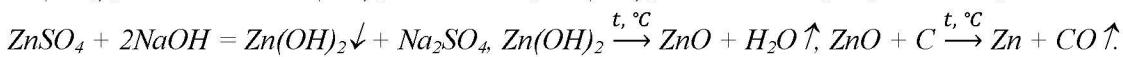
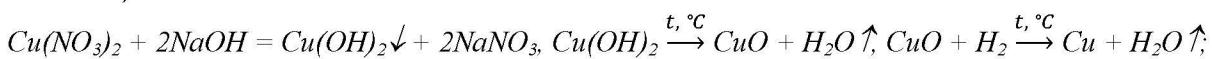
6 баллов

е) Как из полученных после растворения сплава растворов выделить чистые цинк и медь (приведите по 2 разных способа для каждого из металлов)?

е) Один из самых простых способов – взаимодействие более активных металлов с растворами солей:



Второй вариант, позволяющий осадить 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:



е) По 2 способа для Cu и Zn с уравнениями реакций по 1 б. (без уравнений по 0,5 б.)

4 балла

ИТОГО

30 баллов

Задание 5.

«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 до газообразных продуктов на единицу массы в несколько раз превышает аналогичную удельную теплоту полного сгорания углеводородных топлив.

Однако 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.

Как известно, для расчетов термодинамических характеристик химических реакций Δ_fH , Δ_fS и Δ_fG (r – reaction, реакция) можно воспользоваться следствием из закона Гесса, либо соотношением $\Delta_fG = \Delta_fH - T^*\Delta_fS$. Вашему вниманию предлагается таблица, содержащая необходимые для дальнейших расчетов стандартные термодинамические характеристики веществ (f – formation, образование).

| Вещество | $\Delta_fH^{\circ}_{298}$, кДж/моль | S°_{298} , Дж/(К*моль) | $\Delta_fG^{\circ}_{298}$, кДж/моль |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| O ₂ (г) | 0 | 205 | |
| H ₂ (г) | | 130,7 | 0 |
| CH ₄ (г) | -74,86 | | -50,85 |
| CO ₂ (г) | -393,8 | 213,8 | -394,6 |
| H ₂ O(г) | -242 | 188,9 | |

а) Вычислите теплоты сгорания водорода и метана в кДж/моль. Напишите термохимические уравнения реакций сгорания этих газов.

*а) В изобарных процессах (при постоянном давлении) изменение ΔrH равно количеству теплоты, сообщенной системе. С точки зрения школьной термохимии, отрицательное значение ΔrH будет равно количеству тепла, выделяющемуся в ходе реакции, иначе говоря, $Q_r = -\Delta rH$. Тепло, выделяющееся в ходе взаимодействия 1 моль H_2 и 0,5 моль O_2 по определению будет равно теплоте образования 1 моль воды из простых веществ водорода и кислорода. Тогда термохимическое уравнение реакции сгорания водорода записывается так: $H_{2\text{ газ}} + \frac{1}{2}O_{2\text{ газ}} = H_2O_{\text{ газ}} + 242 \text{ кДж/моль}$ или $2H_{2\text{ газ}} + O_{2\text{ газ}} = 2H_2O_{\text{ газ}} + 484 \text{ кДж/моль}$. Теплотой сгорания метана будет тепловой эффект реакции $CH_4_{\text{ газ}} + 2O_{2\text{ газ}} = CO_{2\text{ газ}} + 2H_2O_{\text{ газ}}$, вычислить который нам поможет следствие из закона Гесса (теплоты образования простых веществ равны нулю): $Q_r = 2Q_f(H_2O_{(e)}) + Q_f(CO_{2(e)}) - 2Q_f(H_{2(e)}) - Q_f(CH_{4(e)}) = 2*242 + 393,8 - 0 - 74,86 = 802,94 \text{ кДж/моль}$.*

Термохимическое уравнение: $CH_4_{\text{ газ}} + 2O_{2\text{ газ}} = CO_{2\text{ газ}} + 2H_2O_{\text{ газ}} + 802,94 \text{ кДж/моль}$.

а) За теплоты сгорания по 2 балла, за термохимические уравнения реакций по 2 балла (без агрегатного состояния по 1,5 б., без агр. сост. и теплоты по 1 б.) 8 баллов

б) Рассчитайте удельные теплоты сгорания водорода и метана в кДж/г.

б) При сгорании 1 моль водорода (2 г) выделяется 242 кДж тепла, значит, удельная теплота сгорания водорода на 1 г будет $242/2 = 121 \text{ кДж/г}$. При сгорании 1 моль метана (16 г) выделяется 802,94 кДж, значит, удельная теплота сгорания метана на 1 г будет равна $802,94/16 = 50,18 \text{ кДж/г}$.

б) За удельные теплоты сгорания по 1 баллу 2 балла

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

в) 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 $5/0,21 = 23,8 \text{ л}$.

в) За объемы газов по 1 баллу 2 балла

г) Рассчитайте массовые доли водорода в гремучих смесях из предыдущего пункта, относительные плотности каждой из этих гремучих смесей по воздуху и абсолютные значения плотности при н. у. (г/л).

*г) В смеси с кислородом на каждые 2 г (1 моль) водорода приходится 16 г (0,5 моль) кислорода. Общая масса 1,5 моль такой смеси составляет 18 г. Массовая доля водорода в этой смеси составляет $2/18 = 0,11$ или 11 %. Масса 1,5 моль воздуха составляет $1,5*29 = 43,5 \text{ г}$, относительная плотность смеси по воздуху $18/43,5 = 0,414$. Абсолютное значение плотности $18/(1,5*22,4) = 0,536 \text{ г/л}$.*

*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 ($2*1 = 2 \text{ г}$) водорода будет приходить 2,38 моль ($2,38*29 = 69 \text{ г}$) воздуха. Массовая доля водорода в этой смеси составит $2/71 = 0,0282$ или 2,82 %. Относительная плотность этой смеси по воздуху составит $(2+69)/(3,38*29) = 0,724$. Абсолютное значение плотности $71/(3,38*22,4) = 0,875 \text{ г/л}$.*

г) За массовые доли по 1 баллу, за плотности по 1 баллу 6 баллов

д) Вычислите количество тепла, которое выделится в результате полного сгорания 1 л каждой из этих смесей и объем воды, которая при этом получится. Все объемы измеряются при н. у.

*д) При сжигании 1 моля (22,4 л) водорода и 0,5 моля (11,2 л) кислорода (в сумме 33,6 л такой смеси) выделяется 242 кДж тепла и образуется 1 моль воды. Следовательно, при сгорании 1 л смеси выделяется $242/33,6 = 7,2 \text{ кДж тепла}$, а воды получается $1*18/33,6 = 0,536 \text{ г}$. При н. у. вода может быть одновременно в двух агрегатных состояниях – жидким и твердым. Плотность жидкой воды при н. у. около 1 г/см^3 , льда – около $0,9 \text{ г/см}^3$. Тогда объем жидкой воды составит $0,536 \text{ см}^3$, льда $0,536/0,9 = 0,596 \text{ см}^3$, объем их смеси может быть в интервале от 0,536 до 0,596 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.*

*При сжигании 22,4 л водорода и $2,38*22,4 = 53,3 \text{ л}$ воздуха (в сумме 75,7 л такой смеси) выделяется 242 кДж тепла. Следовательно, при сгорании 1 л смеси выделяется $242/75,7 = 3,2 \text{ кДж тепла}$, а воды получается $1*18/75,7 = 0,238 \text{ г}$. Тогда объем жидкой воды составит $0,238 \text{ см}^3$, льда $0,238/0,9 = 0,264 \text{ см}^3$, объем их смеси может быть в интервале от 0,238 до 0,264 см³.*

д) За количество тепла по 2 балла, за объемы воды по 2 балла 8 баллов

е) Попробуйте заполнить пустующие клеточки в таблице недостающими числами.

е) Для простых веществ стандартные изменения энталпии и энергии Гиббса образования равны 0. Для двух других пробелов воспользуемся соотношением $\Delta rG = \Delta rH - T\Delta rS$.*

*Для метана: $-50850 = -74860 - 298*S_{298}(CH_4)$. Отсюда $S_{298}(CH_4) = 80,57 \text{ Дж/(К*моль)}$.*

*Для $H_2O_{(e)}$: $\Delta_f G^\circ_{298}(H_2O_{(e)}) = -242000 - 298*188,9 = -298292 \text{ Дж/моль}$ или $-298,3 \text{ кДж/моль}$.*

е) За $\Delta_f H^\circ_{298}$ и $\Delta_f G^\circ_{298}$ простых веществ по 1 баллу, за остальные по 2 балла 6 баллов

ИТОГО

32 балла