

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Олимпиадные задания 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.

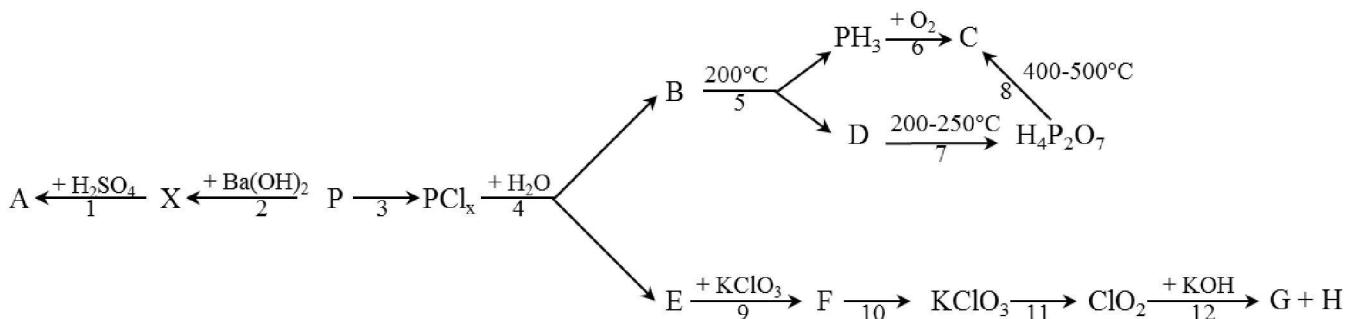
а) Назовите элементы **X** и **Y**, напишите уравнение реакции взаимодействия газов друг с другом, назовите продукт реакции. А как называется водный раствор этого продукта?

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

в) Напишите уравнения 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.

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.

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 $t = 70^\circ C$. 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**.

в) Изобразите структурные формулы кислот **A**, **B**, **D** и укажите их основность.

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

Задание 3. При гидролизе кристаллического вещества серого цвета массой 14,22 г с выходом 90% получен бесцветный горючий газ **A**, при окислении которого раствором перманганата калия в слабощелочной среде образуется оксалат калия. При взаимодействии всего полученного газа **A** с избытком аммиачного раствора хлорида меди(I) образуется осадок **X₁** темно-красного цвета. При обработке такого же объема газа **A** эквимолярным количеством эфирного раствора метилмагнийбромида, а затем бромметаном, образуется другой бесцветный газ **B**. При взаимодействии **B** с аммиачным раствором хлорида меди(I) образуется осадок **X₂**. В реакции **A** с избытком эфирного раствора метилмагнийбромида и бромметаном, образуется газ **C**, который не взаимодействует с аммиачным раствором хлорида меди(I).

а) Определите молекулярные и структурные формулы газов **A**, **B** и **C**.

б) Напишите уравнения описанных реакций, расставьте коэффициенты.

в) Рассчитайте массы (в граммах) полученных осадков **X₁** и **X₂**.

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.

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

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).

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

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).

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

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.

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

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?

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).

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.

е) Попробуйте заполнить пустующие клеточки в таблице недостающими числами.