

9 КЛАСС

(продолжительность – 4 часа; общее количество баллов 100)

(во всех расчётах атомные массы элементов округлены до целых чисел (кроме $A(\text{Cl})=35.5$ г/моль))

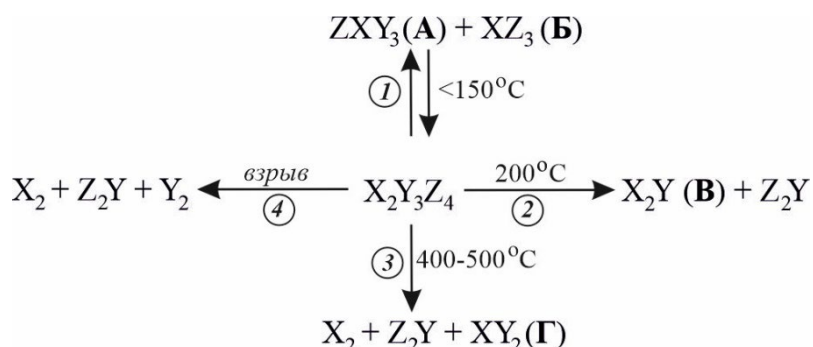
Задача 1

198 г сплава *Аэрон*, содержащего 3 химических элемента (**X**, **Y** и **Z**), разделили на три равные по массе образца. Первый образец обработали избытком концентрированного раствора гидроксида натрия, в результате чего выделилось 73.92 л (н.у.) водорода и образовался *раствор 1*, а масса нерастворившейся части составила 7.68 г (*реакции (1-2)*). Осадок отделили и переплавили. Получили образец чистого металла, который на воздухе с течением времени покрывается зеленоватым налётом основной соли (*реакция 3*). При добавлении к *раствору 1* избытка соляной кислоты выпадает осадок плохо растворимой в воде слабой кислоты **K** (*реакция 4*). Второй образец сплава сожгли в атмосфере хлора (*реакции (5-7)*), в результате чего образовался твёрдый остаток и пары легкокипящей жидкости **Ж** ($M=170$ г/моль), масса которой после конденсации паров, составила 25.5 г. После обработки третьего образца сплава раствором соляной кислоты большая часть сплава перешла в раствор (*реакция 8*), а масса нерастворившейся части составила 11.88 г. Определите неизвестные элементы **X**, **Y** и **Z**, их массовые доли в сплаве, вещества **K** и **Ж**, а также приведите уравнения всех упомянутых выше реакций.

(17 баллов)

Задача 2

Соль $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ впервые получена немецким химиком *И.Р. Глаубером* (1604-1670 гг.) в 1659 г. Впоследствии вещество оказалось очень полезным и нашло широкое применение в качестве эффективного удобрения. Однако существенным недостатком соли $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ является её неустойчивость: при нагревании выше 170°C вещество взрывается. Отношение массы катиона к массе аниона в соли $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ равно 0.29. В 2013 г. был предложен безопасный состав на основе $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ и сульфата железа (II), который не может быть использован для создания взрывчатой смеси из $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$. Авторы этого изобретения специально не запатентовали своё открытие, намеренно сделав его общедоступным, чтобы минимизировать риски, связанные с использованием $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ на практике. На схеме показаны возможные превращения $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ при нагревании в разных режимах.



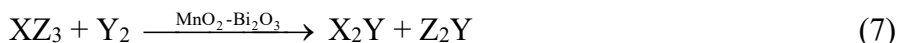
Продукты разложения $\text{X}_2\text{Y}_3\text{Z}_4$ вступают между собой в реакции, образуя ряд интересных соединений.



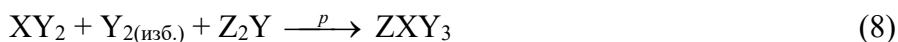
Вещество X_4Z_4 (**Д**) впервые получено, как и другие представители этого класса соединений, в 1890 г. *Т. Курциусом*; X_4Z_4 – бесцветное кристаллическое вещество ионного строения, малорастворимое в воде, содержит около 93% элемента **X** по массе.



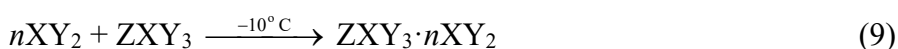
Промышленный способ синтеза вещества NaX_3 (**Е**). NaX_3 – бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, является газообразующим компонентом в большинстве систем подушек безопасности в автомобилях.



Название вещества XZ_3 древнее и дано по названию оазиса в Ливийской пустыне, расположенному на пересечении караванных путей. Дважды в истории за промышленный синтез этого вещества присуждалась Нобелевская премия.



В России с XVIII века вплоть до середины XX века вещество ZXY_3 именовалось *крепкой водой*.



Соединение $\text{ZXY}_3 \cdot n\text{XY}_2$ (**Ж**) является аналогом олеума.

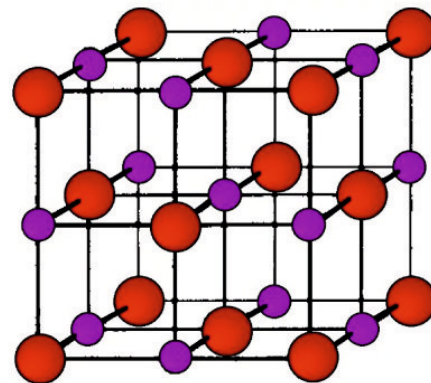
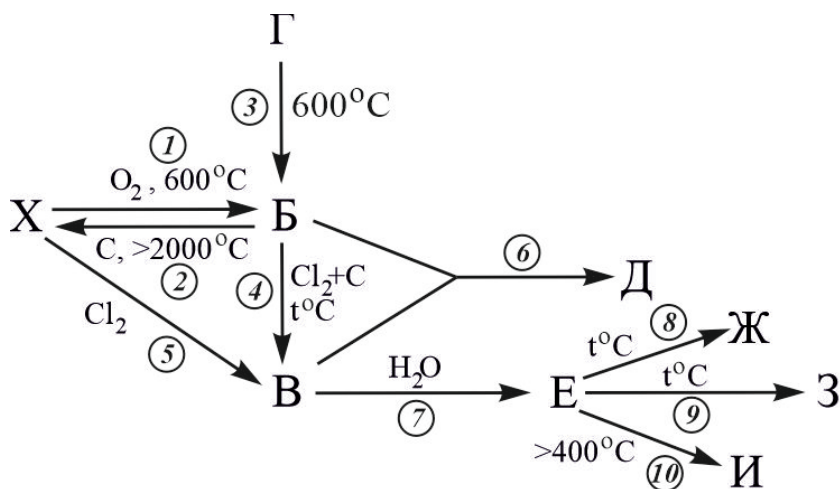
Во всех приведённых выше реакциях отсутствуют стехиометрические коэффициенты.

Определите элементы **X**, **Y**, **Z**; определите вещества $X_2Y_3Z_4$, **A**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж**; напишите уравнения *реакций* (1-9) с учётом коэффициентов. Почему добавление сульфата железа (II) делает вещество $X_2Y_3Z_4$ не взрывоопасным?

(21 балл)

Задача 3

На представленной ниже схеме приведены превращения веществ **X-И** в состав которых входит элемент **X**:



Элементарная ячейка кристаллической решётки вещества **Б**

Соединение **Б** ценится как огнеупорный материал, поскольку является физически и химически стабильным при высоких температурах. Оно обладает полезными свойствами: высокой теплопроводностью и низкой электропроводностью. Кристаллическая структура соединения **Б** приведена на рис. Известно, что плотность **Б** равна 3.58 г/см^3 , а параметры элементарной ячейки $a = 0.4212 \text{ нм}$.

Соединение **В** используется в качестве компонента антиобледенительных растворов. В больших количествах содержится в морской воде.

Соединение **Г** применяют как наполнитель в резиновых смесях, для изготовления теплоизоляционных материалов; массовая доля элемента **X** в нём составляет 30.46%. Оно принадлежит к группе гидроксикарбонатов.

Вещество **Д** известно как *цемент Сореля*. Оно образуется при смешении (в молях) 5 частей вещества **Б** и 1 части вещества **В** с необходимым количеством воды. Массовая доля кислорода в нём составляет 54.44%.

Вещество **Е** встречается в природе в виде минерала *бишофита* и в больших количествах получается при упаривании морских рассолов ($\omega_{\text{Х}} = 11.82\%$).

Вещества **Ж** и **З** образуются при нагревании **Е** как результат необратимого гидролиза в собственной кристаллизационной воде вещества **Е** и относятся к классу основных хлоридов. Сумма числа катионов и анионов в простейших формулах **Ж** и **З** равны 6 и 9, соответственно. Число гидроксильных групп максимально по сравнению с числом атомов хлора. Вещество **И** является продуктом прокаливании **Е** при $t > 400^\circ\text{C}$. Массовая доля кислорода в **И** составляет 11.852%.

Определите элемент **X**, качественный и количественный состав соединений **Б-И** (ответ подтвердите расчетом или логичным рассуждением). Напишите уравнения *реакций* 1-10.

(17 баллов)

Задача 4

Диоксид триуглерода (*1,3-диоксипропадиен*, *субоксид углерода*, *недоокись углерода*, *трикарбодоксид*) имеет формулу C_3O_2 . Это соединение представляет собой бесцветный ядовитый газ (при н.у.) с резким, удушливым запахом, легко полимеризующийся в обычных условиях с образованием продуктов жёлтого, красного или фиолетового цвета состава $(\text{C}_3\text{O}_2)_n$, нерастворимых в воде. Изобразите структурную формулу этого оксида и рассчитайте его теплоту образования если известны следующие данные: энергии атомизации графита и молекулярного кислорода равны 718 кДж/моль и 498 кДж/моль , соответственно, энергия связи $\text{C}=\text{C}$ составляет 522.5 кДж/моль , а энергия связи $\text{C}=\text{O}$ равна 704.0 кДж/моль . Рассчитайте теплоту сгорания C_3O_2 в избытке кислорода, если известно, что теплота образования продукта горения равна 394 кДж/моль .

(16 баллов)

Задача 5

Образец урансодержащего минерала **X** массой 22.1 г, обнаруженного в 1899 г. в осадочных горных породах из округа Монтрозе (США), был полностью растворён в концентрированной серной кислоте. При этом наблюдалось выделение газа **Y**, объёмом 280 мл. (н.у.). Газ **Y** – простое вещество, плотность которого по водороду равна 16. В 1000 мл полученного раствора были обнаружены следующие ионы: $[\text{UO}_2^{2+}] = 0.05$ моль/л; $[\text{K}^+] = 0.05$ моль/л; $[\text{VO}^{2+}] = 0.05$ моль/л. Прокаливание образца минерала той же массы приводит к потере 0.9 г воды. Определите состав минерала **X** и составьте его формулу в виде комбинации оксидов или двойной соли, если известно, что все металлы входят в состав исходного минерала в своих высших степенях окисления. Что представляет собой газ **Y**? Напишите уравнения реакций оксидов, образующих минерал **X** с концентрированной серной кислотой.

(15 баллов)

Задача 6

Химический элемент образует серию оксидов. В таблице приведены цвета и содержание кислорода (масс. %) в каждом оксиде:

оксид	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
цвет	зелён.	корич.	серо-корич.	тёмно-корич.	бурый	тёмно-красн.	тёмно-зелён.
$\omega_{\text{O}}, \%$	22.54	27.95	31.76	30.38	36.78	46.60	50.45

Установите формулы оксидов (**А-Ж**), напишите реакции каждого оксида с концентрированной соляной кислотой в случае, если они протекают.

(14 баллов)