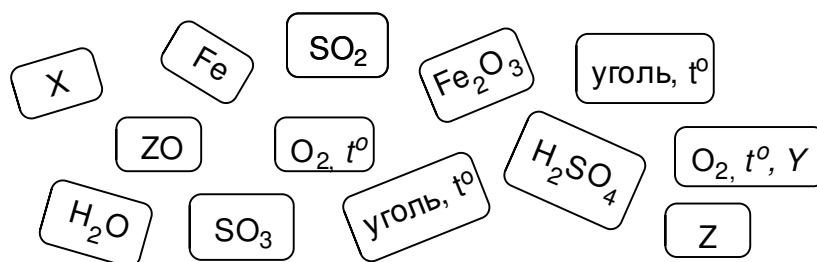


## 1.2 Задания Теоретического тура

### 1.2.1 Задания 9 класса

#### Задача №9-1

Полиция расследовала важное дело: банда преступников незаконно добывала ценный минерал **X** и производила из него три важных продукта: железо, металл **Z** и серную кислоту. При поимке преступники успели сжечь свои записи, остался только разорванный на кусочки лист со списком веществ и реагентов, которые использовали злоумышленники, ниже приведены записи на обрывках:



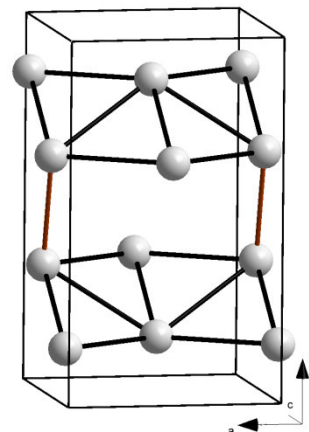
Дополнительно известно, что массовые доли элементов в оксиде **ZO** различаются в 4 раза. Массовые доли серы и **Z** в составе минерала равны. При обжиге ( $O_2, t^\circ$ ) 1.84 г минерала **X** на воздухе (первая стадия переработки) образуется 448 мл (н.у) сернистого газа и 1.6 г твердой смеси двух оксидов, в которой массовые доли веществ равны по 50%. **Y** – катализатор – оксид, содержащий 43.96% по массе кислорода.

1. Рассчитайте массовую долю серы (%) в составе минерала **X**, считая, что при обжиге вся сера переходит в сернистый газ. Установите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, **ZO**, ответ подтвердите расчетом. Приведите название минерала **X**.
2. Напишите уравнения всех реакций, используемых в переработке минерала (всего 5 уравнений).
3. Установлено, что злоумышленники успели переработать 1 т минерала **X**. Рассчитайте массы железа, металла **Z** и 96% серной кислоты (в кг), которые при этом получили преступники, если общий выход переработки составляет 80%.

#### Задача №9-2

Существование этого элемента было научно предсказано Д. И. Менделеевым. При создании периодической системы химических элементов в 1869 г. он оставил вакантные места для неизвестных элементов — аналогов алюминия и кремния (экаалюминий и экасилиций). Д. И. Менделеев, основываясь на свойствах соседних, хорошо изученных элементов, достаточно точно описал важнейшие физические и химические свойства. В частности, в статье, датированной 11 декабря 1870 года, опубликованной в «Журнале Русского химического общества», Д.И. Менделеев указал атомный и удельный веса экаалюминия, а также то, что в металлическом состоянии металл будет легкоплавок.

Этот металл был открыт и выделен 20 сентября 1875 г. в виде простого вещества и изучен французским химиком Полем Эмилем Лекоком де Буабодраном. Д.И. Менделеев, узнав об открытии из опубликованного доклада, обнаружил, что описание



нового элемента почти в точности совпадает с описанием предсказанного им ранее экаалюминия. Об этом он отправил письмо Лекоку де Буабодрану, указав, что плотность нового металла определена неверно и должна быть 5,9-6,0, а не 4,7 г/см<sup>3</sup>. Тщательная проверка показала правоту Д. И. Менделеева, плотность металла 5,91 г/см<sup>3</sup>, а параметры кристаллической решетки  $a = 4,519 \text{ \AA}$ ,  $b = 7,658 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,526 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ ), 8 атомов находятся в гранях, 4 в объеме ячейки.

Несмотря на то, что этот элемент называли экаалюминием, в отличие от алюминия он реагирует с концентрированной азотной кислотой (*реакция 1*), при разбавлении и подщелачивании раствора выпадает его гидроксид (*реакция 2*), отфильтрованный осадок нагретый до 400°C дает метагидроксид (*реакция 3*) с содержанием кислорода 31,15 %, но если перегреть метагидроксид выше 540 °С то образуется оксид экаалюминия (*реакция 4*) при этом навеска 5 г метагидроксида экаалюминия уменьшается на 0,438 г.

1. Какой элемент Д.И. Менделеев предсказал и временно назвал экаалюминием, как математически рассчитать его плотность?
2. Почему алюминий не реагирует с концентрированной азотной кислотой?
3. Определите состав метагидроксида экаалюминия и подтвердите его расчетами.
4. Напишите уравнения реакций 1-4.

### Задача №9-3

Две пластинки одного и того же металла, способного проявлять степень окисления +2, погрузили в растворы солей двухвалентных металлов одинаковых концентраций. Через некоторое время оказалось, что масса пластинки, помещенной в первый раствор (*реакция 1*) увеличилась на 8,8%, а второй (*реакция 2*) – уменьшилась на 5,5%.

Так же известно, что в первом растворе находится соль металла, практически неспособного вытеснять водород из разбавленного раствора серной кислоты (*реакция 3*). Так же соли этого металла входили в состав красок древних картин, которые легко чернели под воздействием сероводорода (*реакция 4*).

1. С помощью какого реактива из домашней аптечки можно легко вернуть белый цвет картинам (*реакция 5*)?
2. Напишите уравнения реакций 1–5.

Про второй металл известно, что его качественно определяют с помощью любимого всеми школьниками перед экзаменами раствора глицина (*реакция 6*). Количественно же этот металл можно определить с помощью двух последовательных реакций: выделения йода из раствора иодида калия (*реакция 7*) и дальнейшего титрования выделившегося йода (*реакция 8*).

3. Напишите уравнения реакций 6–8.

4. Из какого металла изготовлены пластинки? Соли каких металлов находятся в растворах? Ответы мотивируйте расчетами.

Известно, что металл пластинок устойчив в степени +4, в то же время и степень окисления +2 легко достижима в растворе. Оксид (+2) и его гидроксид амфотерны (*реакции 9,10*).

5. Напишите реакции 9–10, определите металл пластинки.
6. В растворах щелочей преобладает ион металла с  $KЧ = 3$ , определите геометрическое строение данного иона.

### Задача №9-4

Для определения содержания воды в различных образцах их обрабатывают тионилхлоридом  $\text{SOCl}_2$ , при этом протекает полный гидролиз последнего (*реакция 1*) за счет воды, содержащейся в образце, с образованием двух газообразных продуктов. Определение этих газообразных продуктов может быть осуществлено различными методами.

Для определения состава кристаллогидрата **A** его навеску массой 2,377 г обработали избытком тионилхлорида. Выделившиеся газы пропустили через избыток раствора, содержащего  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$  (*реакция 2*). При этом выпал белый осадок **B** массой 14,77 г, массовая доля кислорода в котором составляет 27,42%. Если исходную навеску растворить в воде и прибавить к избытку раствора, содержащего  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ , то также выпадает осадок **B** массой 2,334 г.

1. Напишите уравнения реакций 1 и 2.
2. Что собой представляет осадок **B**?
3. Рассчитайте массовую долю воды в **A**.
4. Установите молекулярную формулу вещества **A**.

### Задача №9-5

Вещество **A** в природе является основным компонентом апатитов, в состав этого минерала также входят различные примеси, например, доломит, кальцит и вещество **B**. В промышленности вещество **A** обычно используется для получения минеральных удобрений.

Вещество **B** впервые было получено Хеннингом Брандом в 1669 году. Как и многие алхимики, он искал философский камень, способный превращать металлы в золото, но в итоге впервые со времен античности открыл новый элемент.

Сегодня получить вещество **B** можно при нагревании смеси веществ **A**, **B** и кокса (*реакция 1*) или при нагревании смеси из вещества **A** и кокса (*реакция 2*). Вещество **A** окрашивает пламя в кирпичный цвет, а при добавлении к нему концентрированной азотной кислоты и молибдата аммония образуется яркий желтый осадок (*реакция 3*). Вещество **B** обладает высокой температурой плавления (около  $1700^\circ\text{C}$ ), является химически стойким, однако вступает во взаимодействие с фтором (*реакция 4*) и с плавиковой кислотой (*реакция 5*). В реакциях 1 и 2 образуется газообразный оксид **Г**, который при нагревании с твердым гидроксидом натрия при повышенном давлении дает соль простейшей органической кислоты (*реакция 6*). В качестве дополнительного продукта в реакции 1 образуется вещество **Д**, а в реакции 2 вещество **Е** соответственно. Вещество **Д** также можно получить сплавлением эквимольных количеств веществ **B** и **Е** (*реакция 7*).

1. Определите вещества **A–Г**, напишите реакции 1–7.

В термодинамических расчетах кроме изменения энтальпии  $\Delta H$  также применяются изменение энтропии  $\Delta S$  и энергии Гиббса  $\Delta G$ . Энтропия  $S$  служит мерой вероятности состояния системы, а энергия Гиббса  $G$  позволяет отразить взаимосвязь энтальпии и энтропии следующим уравнением (для изобарно-изотермических процессов):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \text{ где } T - \text{ абсолютная температура.}$$

Реакция может протекать самопроизвольно только в таком направлении, при котором  $\Delta G < 0$ .

Дана таблица с данными  $\Delta H$  и  $\Delta S$  для веществ **A–Е** и кокса.

	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}$ , кДж·моль <sup>-1</sup>	$\Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>
A <sub>(к)</sub>	-4119,1	236
B <sub>(к)</sub>	-903,5	46,86
B <sub>(к)</sub>	0	41,09
Г <sub>(г)</sub>	-110,5	197,54
Д <sub>(к)</sub>	-1579	87,45
Е <sub>(к)</sub>	-635,1	38,1
кокс	0	5,74

2. Рассчитайте  $\Delta H$  и  $\Delta S$  для обеих реакции получения вещества **В** при стандартных условиях. Определите, при какой температуре возможно самопроизвольное протекание реакций получения вещества **В**. Примите, что энтальпия и энтропия не зависят от температуры, а процесс является изобарно-изотермическим.

3. Предположите, какой из способов является более экономически выгодным и почему?