

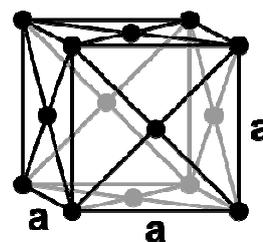
Задания 10 класса

Задача №10-1

В центральную лабораторию Следственного Комитета поступила партия поддельных ювелирных украшений, имеющих характерный желтый цвет, на которых была поставлена отметка «Золото 585 пробы» (такой сплав должен содержать 58,5% золота по массе).

Для анализа было взято одно из изделий. Вначале его растворили в разбавленной серной кислоте, при этом выделилось 336 мл (н.у.) газа **X** (*реакция 1*) и образовался бесцветный раствор, содержащий только одну соль.

Добавление к этому раствору гидроксида натрия привело сначала к выпадению аморфного белого осадка (*реакция 2*), который легко растворился в избытке щелочи (*реакция 3*). При прокаливании аморфного осадка было получено 510 мг твердого остатка (*реакция 4*).



Известно, что металл, входящий в состав осадка, имеет гранецентрированную кубическую решетку с параметром $a = 0,405$ нм (см. рисунок) и плотность $2,7 \text{ г/см}^3$.

Остаток окрашивания, не растворившийся в разбавленной серной кислоте, поместили в концентрированную серную кислоту и нагрели, при этом выделилось 112 мл (н.у.) резко пахнущего газа **Y** (*реакция 5*), который в 32 раза тяжелее **X** и образовался окрашенный раствор, также содержащий только одну соль. Добавление к полученному раствору избытка гидроксида натрия привело к выпадению голубого аморфного осадка (*реакция 6*), который легко разлагался при нагревании с образованием черного остатка массой 400 мг (*реакция 7*).

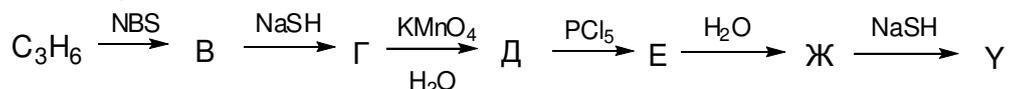
Оставшийся после действия разбавленной и концентрированной серной кислоты остаток, растворили в смеси азотной и соляной кислот (*реакция 8*). При осторожном упаривании под вакуумом полученного раствора было получено 439,19 мг твердого вещества **Z** в виде желто-оранжевых кристаллов, содержащих 34,47% хлора по массе. При более сильном нагревании **Z** был получен металлический порошок массой 210 мг (*реакция 9*).

1. Установите вещества **X**, **Y** и **Z**. Ответ подтвердите расчетом
2. Напишите уравнения реакций 1–9.
3. Определите количественный состав сплава (массовые доли в %) и массу ювелирного изделия, взятого для анализа.

Задача №10-2

Растворимые соединения тяжелого металла **X** являются очень токсичными, например, соединение **A**, которое можно получить при растворении **X** в горячей концентрированной азотной кислоте. Одной из важнейших биогенных форм **X** является органическое производное **B**, которое часто находят в мясе рыб и других морских животных. Массовые доли **X** в веществах **A** и **B** равны, соответственно, 61,85 и 87,01%.

Одним из наиболее известных антидотов при отравлении соединениями **X** является унитиол – органическое соединение, натриевая соль кислоты **Y**, которую можно получить из пропилена по следующей схеме:



где NBS – N-бромсукцинимид.

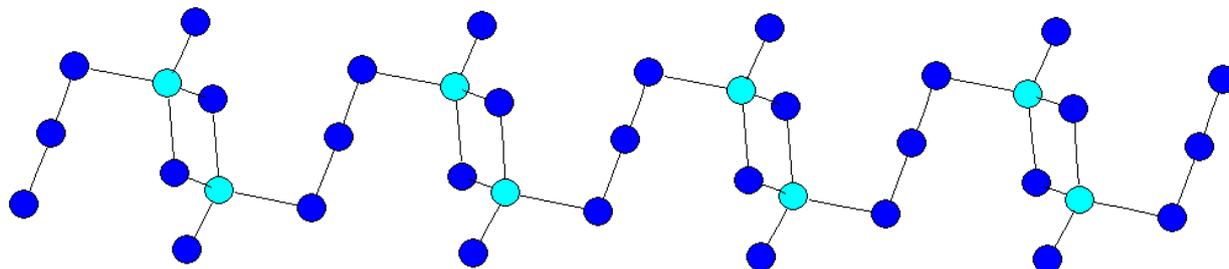
При сжигании 18,8 г кислоты **Y** образуется 7,2 г воды и выделяется эквимольная смесь углекислого и сернистого газов, при пропускании которой через баритовую воду образовался осадок массой 124,2 г.

1. Установите металл **X**, соединения **A** и **B**. Напишите уравнение реакции взаимодействия **X** с концентрированной азотной кислотой.
2. Установите брутто-формулу кислоты **Y**. Ответ подтвердите необходимыми расчетами и уравнениями реакций с баритовой водой.
3. Приведите структурные формулы веществ **B–Ж** и кислоты **Y**.
4. Приведите уравнение реакции взаимодействия **Y** и **A**, используя структурные формулы органических веществ.

Задача №10-3

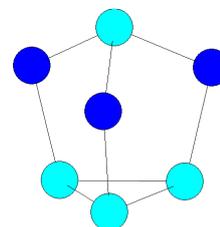
Один из сульфидов элемента **X** имеет цепочечное строение (см. рисунок, сера – темные кружки) и содержит 4 простейшие формульные единицы в одной элементарной ячейке, имеющей объем 886.62 \AA^3 . Плотность этого сульфида составляет 2.1456 г/см^3 .

1. Определите простейшую формулу сульфида и элемент **X**.



При взаимодействии с серой простого вещества **X** образуются сульфиды X_4S_{10} , X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 , X_4S_4 и X_4S_3 . Все сульфиды при нагревании превращаются в X_4S_3 , строение молекулы которого приведено на рисунке ниже.

Строение молекулы X_4S_{10} аналогично X_4O_{10} . Во всех сульфидах сера присутствует только в виде сульфид-анионов, состав молекулы совпадает с формулой, а структура молекулы построена на основе “тетраэдра” из атомов **X** (как и в X_4S_{10} и X_4S_3).



2. Приведите графические формулы сульфидов X_4S_9 , X_4S_7 , X_4S_6 , X_4S_5 и X_4S_4 используя следующую информацию:

X_4S_9 – связи $X-X$ отсутствуют;

X_4S_7 – одна связь $X-X$, X в двух разных степенях окисления;

X_4S_6 – одна связь $X-X$, X в трех разных степенях окисления, в том числе в высшей;

X_4S_5 – две связи $X-X$, X в четырех разных степенях окисления;

X_4S_4 – две связи $X-X$, X в одной степени окисления.

Высший сульфид X_4S_{10} полностью гидролизует в воде (реакция 1), окисляется горячей азотной кислотой (реакция 2), взаимодействует с растворами щелочей с образованием тиооксосолей, содержащих **X** в составе тетраэдрического аниона (реакция 3), взаимодействует с высшим хлоридом **X** (реакция 4), а также с аммиаком (реакция 5).

3. Напишите уравнения упомянутых химических реакций.

Задача №10-4

Лаборант Вася нашел в лаборатории банку без этикетки, в которой был красивый красно-оранжевый порошок вещества **X**. Вася решил установить его состав, для чего взял пять пробирок и поместил в каждую из них по одному шпателю **X**. В пробирку №1 он добавил немного дистиллированной воды, в четыре другие пробирки – концентрированные кислоты: соляную (пробирка №2), серную (пробирка №3), азотную (пробирка №4) и уксусную (пробирка №5), после чего он нагрел содержимое всех пробирок. В первой пробирке никаких изменений не произошло, порошок не растворился. В пробирке №2 начал выделяться желто-зеленый газ **A** (реакция 1), в пробирке №3 – бесцветный газ **B** (реакция 2), который оказался в 2,22 раза легче газа **A**. В пробирках №4 (реакция 3) и №5 (реакция 4) никаких газов не выделялось. После окончания реакций в пробирках №2 и №5 были получены прозрачные растворы, в пробирке №3 выпал белый осадок вещества **B**, а в пробирке №4 – черный (темно-коричневый) осадок **Г**.

Вася отфильтровал осадок Г и прокалил его (реакция 5), при этом он превратился в исходный порошок Х с потерей массы 4,46%. Раствор в пробирке №2 он разбавил водой – выпал белый осадок, который при нагревании вновь растворился. В пробирку №3 Вася добавил избыток концентрированного раствора гидроксида натрия – после нагревания осадок В полностью растворился (реакция 6)! Далее Вася пропустил через эту пробирку углекислый газ – выпал белый осадок Д (реакция 7), который после отделения и прокаливания в инертной атмосфере (реакция 8) превратился в красное вещество Е. При длительном прокаливании на воздухе (реакция 9) Е превратилось в исходный порошок Х.

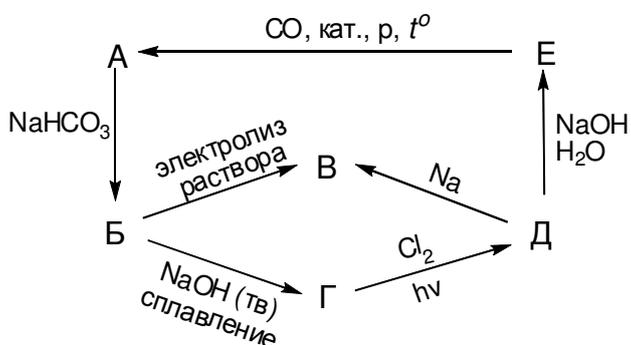
1. Определите вещества Х и А–Е, если о известно, что вещество Х является бинарным с массовой долей одного из элементов 9,343%.
2. Напишите уравнения реакций 1–9.
3. Какое тривиальное название имеет вещество Х? Назовите возможные области его применения.
4. Почему при разбавлении содержимого пробирки №2 водой выпал осадок, но при нагревании он исчез? Если нужно, приведите уравнения реакций.

Задача №10-5

На кухне была найдена банка без этикетки, в которой находилась бесцветная жидкость с резким запахом, представляющая собой водный раствор вещества А. К 10 г раствора добавили избыток пищевой соды, при этом наблюдалось характерное шипение (реакция 1), выделилось 336 мл бесцветного газа (при н.у.) и образовался бесцветный раствор, при кристаллизации которого можно получить вещество Б, содержащее 16,91 мас.% натрия, 17,65 мас.% углерода и 6,62 мас.% водорода.

При осторожном нагревании 680 мг вещества Б до 150°C (реакция 2) образуется 410 мг твердого остатка. При электролизе водного раствора Б (реакция 3) на аноде выделялся газ В, а при сплавлении Б с твердым гидроксидом натрия (реакция 4) выделился газ Г, который в 1,875 раз легче, чем В. При фотохимическом хлорировании газа Г (реакция 5) может быть получено монохлорпроизводное Д, которое в реакции с натрием (реакция 6) приводит к газу В. Обработка Д водным раствором щелочи (реакция 7) приводит к веществу Е. Каталитическое карбонилирование вещества Е в газовой фазе при 200°C (реакция 8, обратимая) является основным современным промышленным способом получения вещества А.

Основные описанные превращения приведены на схеме:



Дополнительно известно, что константы равновесия реакции 8, выраженные через количества веществ (моль) при 200°C и 430°C равны, соответственно, 318850 и 10. Данные константы связаны с изменением стандартной энергии Гиббса выражением: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$.

1. Установите формулы веществ А–Е, ответы подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций 1–8.

3. Вычислите массовую долю *A* в растворе, найденном на кухне.
4. Для реакции 8 рассчитайте равновесный состав реакционной смеси при 430°C в мольных процентах и степень превращения вещества *E* (%), если исходные вещества были взяты в мольном соотношении 1:1.
5. Для реакции 8 рассчитайте изменение энтальпии (кДж/моль), считая, что она не зависит от температуры.

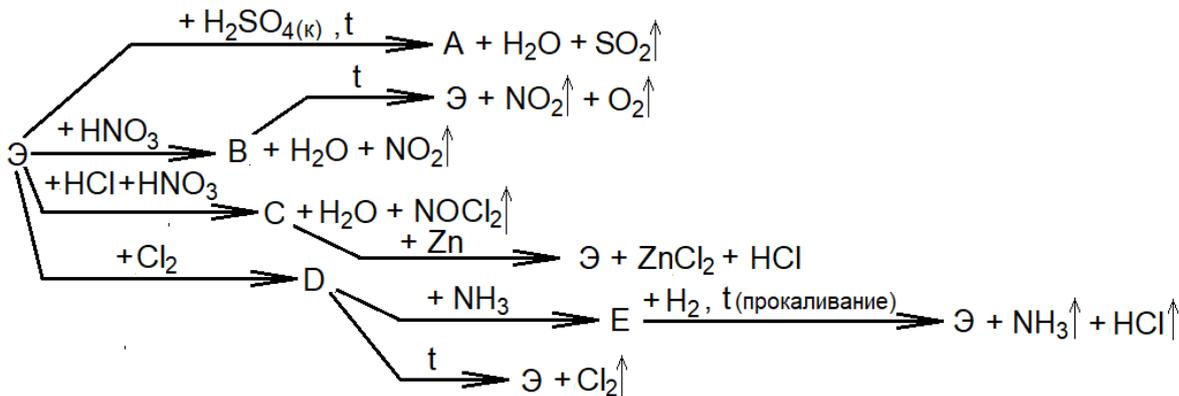
Задания 11 класса

Задача №11-1

Уильям Хайд Волластон (1766–1828), открывший этот элемент, был не только выдающимся английским химиком, но и любителем астрономии. В записях его исследований новый металл впервые упоминается в июле 1802 г. И ученый называет его церерий, в честь открытой в 1801 г итальянским астрономом Джузеппе Пиацци малой планеты Цереры. Однако уже в апреле 1803 года Волластон даёт металлу новое название в честь открытого в 1802 г немцем Генрихом Ольберсом астероида.

Этот пластичный металл серебристо-белого цвета, напоминающий серебро, в 1803 году так и называли "новое серебро", также довольно трудно отличить от самородной платины, но он значительно легче и мягче ее. Он является одним из самых редких металлов, его массовая доля в земной коре $1 \cdot 10^{-6}$ %, что всего лишь в два раза больше содержания золота. Крайне редко он встречается и в самородном виде, при этом может содержать примеси других металлов: платины, золота, серебра и иридия. Довольно часто сам является примесью в самородном золоте или платине. Его молярный объем 8,854 см³/моль, а плотность – 12,02 г/см³. Металл способен активно поглощать водород, который удаляется из металла при нагревании в вакууме выше 100°C. В промышленности он используется для производства катализаторов, мембран глубокой очистки водорода, ювелирных сплавов, контактов электротехнических изделий.

Основные химические свойства описанного металла можно представить схемой:



1. Определите элемент Э и напишите уравнения в соответствии с приведенной схемой
2. В честь какого астероида было дано современное название элемента?

Задача №11-2

Растворимые соединения тяжелого металла *X* являются очень токсичными, например, соединение *A*, которое можно получить при растворении *X* в горячей концентрированной азотной кислоте. Одной из важнейших биогенных форм *X* является органическое производное *B*, которое часто находят в мясе рыб и других морских животных. Массовые доли *X* в веществах *A* и *B* равны, соответственно, 61,85 и 87,01%.