

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Юный химик обнаружил в лаборатории две баночки без надписей с порошками желтого цвета **A** и **B** и решил провести их исследование. Он выяснил, что порошок **A** хорошо растворяется в воде с образованием желтого раствора **1**, который после добавления к нему раствора серной кислоты превращается в оранжевый раствор **2** (*реакция 1*). При внесении порошка **A** в пламя спиртовки химик наблюдал фиолетовое окрашивание.

При попытке растворить порошок **B** юный химик выяснил, что данное вещество не смачивается водой и не растворяется даже при нагревании. При длительном кипячении в концентрированном растворе гидроксида натрия порошок **B** переходит в раствор (*реакция 2*), при добавлении к которому серной кислоты выделяется смесь неприятно пахнущих газов **X** и **Y** (*реакции 3 и 4*) с плотностью по водороду 22. При пропускании данной газовой смеси через оранжевый раствор **2** (*реакции 5 и 6*) выпадает осадок **B** и образуется зеленый раствор **3**. Если же порошок **B** растворить при нагревании в концентрированной серной кислоте (*реакция 7*), то выделяется только газ **X**.

1. Определите желтые порошки **A** и **B**, ответ аргументируйте.
2. Напишите уравнения реакций 1–7.
3. Определите газы **X** и **Y**, рассчитайте молярные доли этих газов в газовой смеси.
4. Предложите способ превращения зеленого раствора **3** в желтый раствор **1** в одну стадию, запишите соответствующее уравнение реакции.
5. Рассчитайте массовые доли всех веществ в растворе, полученном при полном растворении 9,6 г порошка **B** в 50 мл 40 % раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,43$ г/мл).

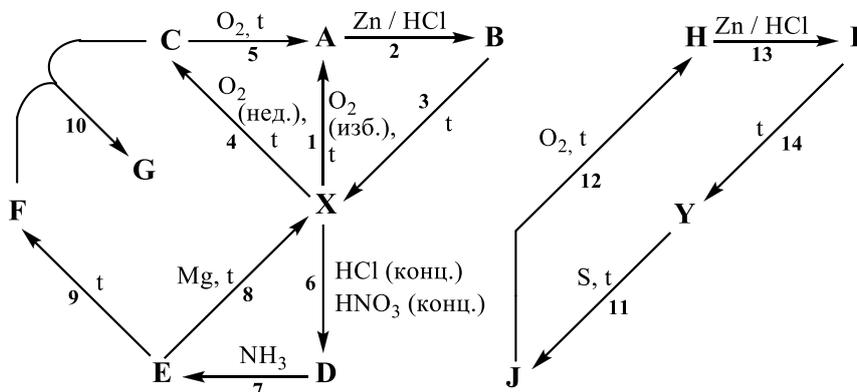
Задача №9-2

Простое вещество **X** было известно еще до нашей эры. Происхождение его названия объясняется различно. Согласно одной из легенд, некий монах обнаружил слабительное действие соединения **Z** (сульфидный минерал элемента **X**, содержит 28,24 % серы) на свиньях и порекомендовал его своим братьям, но результат оказался плачевным – после приема средства все монахи умерли. В русском языке вещество **X** имеет совсем другое название, происхождение которого связывают с мазями, поскольку соединение **Z** в виде блестящего черного порошка – так называемой «глазной мази» – в древние века использовали для гримирования глаз.

Простое вещество **Y** (сосед **X** в ПСЭ) также известно с давних времен – многие его соединения неоднократно упоминаются в трудах средневековых алхимиков. Вещество **Y**

схоже по своим химическим свойствам с **X**, но является еще более токсичным, в связи с чем раньше применялось для истребления грызунов, что отчасти связывают с происхождением его названия.

Ниже приведена схема превращений веществ **X** и **Y**:



Известно, что все вещества, кроме **D** и **G**, – бинарные; вещества **B** и **I** – газы с неприятным «чесночным» запахом; массовые доли **X** и кислорода в **G** равны 65,15 % и 6,41 %, соответственно; соединение **J** имеет такое же строение, как и соединение **Z**.

Соединение **H** – так называемый «белый **Y**» – раньше было излюбленным соединением отравителей, пока в 1836 году не открыли способ его обнаружения в отравленных жертвах. В основе этого метода лежат реакции **13** и **14**, которые используются в криминалистике и по сей день. Однако, неопытный криминалист может перепутать результат, поскольку при отравлении соединениями **X** он получит такой же внешний эффект от реакций.

1. Расшифруйте вещества **X**, **Y** и **Z**. Каким образом название **X** связано с монахами?
2. Напишите уравнения реакций **1–14**, определите вещества **A–J**.
3. Как называется предложенный способ обнаружения **Y**? Как неопытному криминалисту различить отравления соединениями **X** и **Y**?

Задача №9-3

Навеску металла массой 5,400 г растворили (реакция 1) в избытке разбавленной 1:1 азотной кислоты. При этом выделился газ, представляющий собой индивидуальное вещество, его объём при н.у. составил 463 мл. Полученный раствор охладили до 0°C, при этом выпал осадок массой 12,50 г. Осадок отфильтровали и прокалили при 600°C до постоянной массы (реакция 2), в результате чего получили твердый осадок массой 3,418 г, который смешали с избытком углерода и прокалили при 600°C (реакция 3). Действие избытка соляной кислоты на полученную после прокаливания твердую смесь (реакция 4) привело к выделению газа объёмом 725 мл (измерен при 295 К и 142 кПа).

1. Установите, какой металл использовался в описанном эксперименте.
2. Каков состав осадка, выпавшего после охлаждения полученного раствора?
3. Приведите уравнения реакций **1–4**.
4. Прокаливание смеси твердого остатка с углеродом не при 600°C, а при 1000°C приводит к появлению красивого фиолетового пламени над тиглем. Чем может быть вызвано это явление?

Задача №9-4

После открытия явления сверхпроводимости перед химиками встала задача синтеза соединений, которые сохраняют свою сверхпроводимость при температурах, близких к комнатной, – высокотемпературных сверхпроводников.

Одним из таких соединений является иттрий-барий-медная керамика, состав которой можно условно выразить формулой $YBa_2Cu_3O_x$. В действительности наблюдаются структуры с составом от $YBa_2Cu_3O_6$ до $YBa_2Cu_3O_7$ в зависимости от состава используемой шихты и условий синтеза.

1. Приведите формулу иттрий-барий-медной керамики, в составе которой все атомы меди имеют степень окисления +2.

2. Какую степень окисления имеет медь в керамике состава $YBa_2Cu_3O_7$?

Для определения величины x в одном из синтезированных образцов иттрий-барий-медной керамики провели два опыта.

В первом опыте образец формулы $YBa_2Cu_3O_7$ массой 1,686 г растворили при нагревании в разбавленном растворе кислоты.

3. Раствор какой из кислот – серной, соляной, фосфорной или азотной лучше взять для этого? Поясните свой ответ.

4. Считая, что образец имеет состав $YBa_2Cu_3O_7$, приведите краткое ионное уравнение его растворения в разбавленном растворе кислоты.

Полученный раствор прокипятили, охладили, перенесли количественно в мерную колбу и разбавили водой до 500 мл. К аликвоте приготовленного раствора объемом 25,00 мл прибавили избыток раствора KI и оттитровали 0,03095 М раствором тиосульфата натрия. Объем титранта составил 12,3 мл.

5. Для чего следует прокипятить раствор перед добавлением йодида калия?

6. Приведите уравнения реакций, протекающих в ходе этого анализа.

Во втором опыте образец массой 0,1054 г растворили в разбавленной кислоте, содержащей избыток йодид-ионов, а затем оттитровали 0,03095 М раствором тиосульфата натрия. Объем титранта составил 19,28 мл.

7. Приведите уравнения реакций, протекающих при растворении образца $YBa_2Cu_3O_7$ в разбавленном растворе кислоты, содержащем йодид-ионы. Поясните, зачем в растворе необходим избыток йодид-ионов.

8. По результатам проведенного анализа установите формулу исследованного образца керамики.

Задача №9-5

Сгорающий в 16,8 л (при н. у.) кислорода 1 моль элемента **A** даёт 837,5 кДж тепловой энергии, а 1 моль элемента **B**, в аналогичном процессе, присоединяет 11,2 л (при н. у.) кислорода давая 607,0 кДж тепла. Образующиеся оксиды содержат 52,94 % **A** и 36,00 % **B**, при сплавлении между собой дают соединение состава BA_2O_4 , при кипячении в концентрированной хлороводородной кислоте дают соответствующие соли, с насыщенным раствором гидроксида натрия – комплексные соединения.

1. Определите, приведя расчеты, о каких элементах идёт речь, подтвердите описываемые реакции уравнениями, укажите проявляемые при этих реакциях свойства оксидов и рассчитайте массовые доли элементов в сплаве, при сгорании 50 граммов которого выделяется 2097,315 кДж тепла.