**10 класс**

**Задача 1**

*Из-за сильной цитотоксичности для живых существ угарный газ относится к группе химических загрязнителей и крупнейших загрязнителей воздуха.*

Из материалов Википедии

Оксид иода (V) – порошок белого цвета, используется как реактив на угарный газ. 10 л (н.у.) смеси угарного и углекислого газов, в которой атомное соотношение углерода к кислороду составляет 10/17, пропустили над оксидом иода (V).

На основании условий задачи:

1. Определите объемное содержание угарного газа в исходной смеси.
2. Приведите уравнение протекающей реакции.
3. Объясните, почему оксид иода (V) используется как реактив на угарный газ.

4) Установите массу оксида иода (V), вступившего в реакцию. ***15 баллов***

***Решение:***

1. n(CO) + n(CO2) = 10/22,4 = 0,446 моль. **(*1б*)**

Пусть n(CO) = x, n(CO2) = y; x + y = 0,446.

Тогда количества углерода и кислорода

n(C)CO = x, n(C)CO2 = y;

n(O)CO = x, n(O)CO2 = 2y **(*1б*)**;

n(C)общ = x + y;

n(O)общ = x + 2y. **(*2б*)**

Соотношение атомов равно соотношению количеств:

n(C)/n(O) = 10/17 = (x + y)/(x + 2y). **(*1б*)** Подставляем: x = 0,446 - y.

10/17 = (0,446 - y + y)/(0,446 - y + 2y)

10/17 = 0,446/(0,446 + y); y = 0,312, x = 0,134;

n(CO) = 0,134 моль; n(CO2) = 0,312 моль **(*2б*),**

объемные (они же мольные) доли CO и CO2 соответственно равны;

φ(CO) = 0,134/0,446 = 0,3 (30%); φ(CO2) = 0,312/0,446 = 0,7 (70%) **(*1б*)**

**(*всего 8 б за определение объемных долей, алгоритм их расчета может быть другим*)**

1. I2O5 + 5CO = I2 + 5CO2  **(*2б*)**  (1)
2. При протекании реакции белый оксид иода (V) темнеет, т.к. образуется иод черного-бурого цвета. Потемнение белого порошка свидетельствует о присутствии угарного газа в газовой смеси **(*2б*).**
3. Т.к. n(CO) = 0,134 моль, то согласно уравнению (1), n(I2O5) = 0,134/5 = 0,0268 моль, m(I2O5) = 0,0268\*334 = 8,951 г **(*3б*).** ***Итого 15 баллов***

**Задача 2**

*О, камни, вы храните суть  
Того, что называют мирозданьем*

Л. Вильд

Навеску неизвестного минерала массой 4,44 г прокалили, при этом его масса уменьшилась на 28% и выделилось 0,448 л газа (н.у.) с плотностью по воздуху примерно 1,52. Такую же навеску минерала растворили в серной кислоте, при этом выделился этот же газ в таком же количестве. К образовавшемуся голубому раствору, содержащему только один вид катионов и анионов, добавили избыток раствора сульфида натрия; образовавшийся осадок отфильтровали и высушили без доступа воздуха. Его масса составила 3,84 г. На основании приведенных количественных и качественных данных определите состав минерала (приведите формулу). Опишите ход ваших рассуждений. Как называется минерал? Приведите уравнения всех протекающих реакций. ***24 балла***

***Решение***

Голубой цвет раствора указывает на то, что в нем содержатся катионы меди **(*1б*)**.

Газ, выделившийся при прокаливании минерала, имеет молярную массу Мгаза = DвоздMвозд = 1,5229 = 44 г/моль **(*1б*).** Это соответствует молярной массе углекислого газа **(*1б*).**

При разложении минерала и растворении его в кислоте выделяется углекислый газ, значит, минерал содержит карбонат-ион **(*1б*).**

Определим, является ли углекислый газ единственным летучим продуктом разложения.

(CO2) = 0,448/22,4 = 0,02 моль,

m(CO2) = 0,0244 = 0,88 г **(*1б за расчет массы и количества углекислого газа*)**.

Убыль веса минерала при прокаливании: m = 0,28·4,44 = 1,24 г **(*1б*)**, это не равно массе углекислого газа, следовательно, углекислый газ является не единственным летучим продуктом прокаливания.

Разница масс 1,24-0,88 = 0,36 г **(*1б*),** вероятно, равна массе воды, которая при н.у. не является газом **(*1б за вывод о том, что при прокаливании минерала выделяется вода*).** Количество воды: (H2O) = 0,36/18 = 0,02 моль **(*1б*).**

Т.к. при растворении минерала в серной кислоте получается раствор, содержащий один вид катионов и анионов, очевидно, что это раствор сульфата меди **(*1б*).**

Его реакция с сульфидом натрия:

CuSO4 + Na2S = CuS↓ + Na2SO4 **(*1б*)**

Количество вещества сульфида меди (CuS) = 3,84/96 = 0,04 моль. **(*1б*)**

В состав минерала входят медь, углерод, кислород и водород

В общем виде его формула CuxCyOzHk **(*1б за определение элементов, входящих в состав минерала*)**

Определим его состав. (Cu) = (CuS) = 0,04 моль,

(C) = (CO2) = 0,02 моль,

(H) = 2·(H2O) = 0,04 моль **(*1б за нахождение количеств меди, углерода и водорода*)**; m(Cu) = 0,04·64 = 2,56 г, m(C) = 0,02·12 = 0,24 г, m(H) = 0,04·1 = 0,04 г,

m(O) = m(минерала) – (m(Cu) + m(C) + m(H)) = 4,44 – (2,56 + 0,24 + 0,04) = 1,6 г **(*1б за нахождение массы кислорода*),**

(O) = 1,6/16 = 0,1 моль **(*1б*).**

X:y:z:k = (Cu):(C):(O):(H) = 0,04:0,02:0,1:0,04 = 2:1:5:2,

что соответствует формуле Сu2CO5H2 или Сu2(OH)2CO3. **(*2б за формулу, принимается также Сu(OH)2*·*СuCO3, если формула записана в виде Сu2CO5H2 –* *1 б*).**

Это малахит **(*2 б*. *Если ответ – гидроксокарбонат меди, то 1 балл*)**.

Уравнения реакций разложения минерала и растворения его в кислоте:

Сu2(OH)2CO3   2СuO + H2O + CO2 **(*2б*)**

Сu2(OH)2CO3  + 2H2SO4 = 2CuSO4 + CO2 + 3H2O **(*2б*)**

***Ход решения задачи может быть иным. За верные рассуждения – 6 баллов, за определение формулы минерала расчетом – 11 б, за название – 2 балла, за уравнения реакций – 5 баллов.***

***Итого 24 балла***

**Задача 3**

*Случается не редко нам*

*И труд, и мудрость видеть там,*

*Где стоит только догадаться,*

*За дело просто взяться*

И.А. Крылов

До начала XIX века считалось, что органические вещества синтезируются только в живых организмах под действием жизненной силы*vitale*. В 1828 году Фридрих Велер синтезировал мочевину (карбамид) из цианата аммония, и вскоре были получены также некоторые другие органические вещества из неорганических, что дало мощный толчок развитию органической химии. В числе первых синтезированных органических веществ были вещества **В** и **Г**.

Неорганические вещества **А** и **Б** в определенных условиях реагируют друг с другом с образованием органических веществ **В** и **Г** в соответствие с уравнениями

**А + 2Б = В** (1)

**А + 3Б = Г + Д** (2)

Вещество **В** может быть получено в две стадии из вещества **Г**. При сгорании смеси веществ **А** и **Б** получаются те же продукты, что и при сгорании веществ **В** и **Г**. Один из продуктов сгорания – вещество **Д**, которое образуется также в реакции (2). Второй продукт сгорания – газ **Е**, пропускание которого через известковую воду вызывает ее помутнение. Определите формулы (приведите рассуждения) и назовите веществ **А** – **Е**, приведите уравнения реакций (1) и (2), а также всех описанных в задаче реакций. ***18 баллов***

***Решение:***

1) Так как **В** и **Г** – органические вещества, то при их сгорании образуются углекислый газ и вода. **(*1б*)**

Вещество **Е** – это углекислый газ **CO2**, пропускание которого через известковую воду вызывает ее помутнение **(*1б*)**:

Ca(OН)2 + CO2  = СaCO3 + H2O **(*1б*)** (3)

Тогда второй продукт сгорания – вещество **Д** – вода, которая образуется также в реакции (2).

Так как при сгорании смеси **А** и **Б** образуются углекислый газ и вода, то вещества **А** и **Б** содержат углерод и водород, причем оба вещества горючи. **(*1б*)** Это могут быть **С**, **СО** и **Н2**. **(*1б*)**

Рассмотрим варианты: **С** и **Н2**. Уравнения их взаимодействия:

С + 2Н2  = СН4.Такая реакция возможна.

С + 3Н2  = ?Такой реакции с образованием двух продуктов, один из которых – вода, не существует**. (*1б*)**

**СО** и **Н2**. Уравнения их взаимодействия:

СО + 2Н2 → СН3OH (1) **(*1б*)**

Такая реакция возможна.

СО + 3Н2  → CH4 + H2O (2) **(*1б*)**

Такая реакция возможна, причем один из продуктов - вода, что соответствует условию задачи.

Итак, вещество **А** – это угарный газ **СО**, **Б -** водород **Н2.** Тогда **В** – метанол **СН3OH**, **Г** – метан **CH4**. Вещество **Д** – вода, вещество **Е** – это углекислый газ **CO2**. (***по 0,5 баллов за формулу и 0,5б за название каждого вещества, всего 6 баллов*)**.

Из метана можно получить метанол в две стадии следующим образом:

CH4 + Сl2 → CH3Cl + HCl (4) **(*1б*)**

CH3Cl + KOH (водн.) → CH3OH + KCl (5) **(*1б*)**

Уравнения сгорания **А** и **Б**:

2СO + O2 → 2СO2  (6) **(*1б*)**

2H2 + O2 → 2H2O(7) **(*1б*)**

***Ход рассуждений может быть иным. За правильные рассуждения, приведшие к установлению формул веществ, всего 6 баллов.***

***Итого 18 баллов***

**Задача 4**

*Человек не может обойтись без металлов. Если бы не было металлов, люди влачили бы самую омерзительную и жалкую жизнь среди диких зверей.*

Г. Агрикола, 1556 г

Ниже приведена схема превращений металла **X**. Определите этот элемент (подкрепите ваш вывод рассуждениями) и напишите уравнения всех химических реакций. Где применяется металл **X**? ***23 балла***

XCl2

XCl3

X

to HCl

XC2O4 XCl2

Cl2

XI2  XCl3

HI Br2, KOH

K2XO4

HCl

XCl3

***Решение***

Судя по формулам соединений, для металла характерны с.о. +2, +3 и +6. Т.к. он реагирует с соляной кислотой, то стоит до водорода. Это железо **(*2 б за рассуждения + 2 б за определение железа*).**

Реакции:

1. Fe + 2HСl = FeCl2 + H2 **(*1 б*)**
2. Fe + 2FeCl3 = 3FeCl2 **(*2 б*)**
3. 2FeCl2 + Сl2 = 2FeCl3 **(*1 б*)**
4. 2FeCl3 +3Br2 + 16KOH = 2K2FeO4 + 6KBr + 6KCl + 8H2O **(*3 б*)**
5. 2K2FeO4 + 16HCl = 2FeCl3 + 3Сl2 + 4KCl + 8H2O **(*3 б*)**
6. K2FeO4 + 8HI = FeI2 + 2I2 + 2KI + 4H2O **(*3 б*)**
7. FeI2 + K2C2O4 = FeC2O4 + 2KI **(*2 б*)**
8. FeC2O4  Fe + 2CO2 **(*2 б*)**

Железо – основа тяжелой промышленности, используется в машиностроении **(*2 б*)**.

***Если металл не определен, но написаны в общем виде реакции с его участием, то за каждую реакцию балл снижать вдвое: за реакцию 1 – 0,5 б, за реакцию 2 - 1 б и т.д.***

***Итого 23 балла***

**Задача 5**

Лаборант, наводивший порядок в кабинете химии после снятия карантина, обнаружил 4 банки с белыми порошками. Рядом валялись 4 оторванных этикетки: KOH, K2CO3, Al(NO3)3, CaCl2. Для того, чтобы идентифицировать вещества, он взял пробы из все 4 банок и растворил их в минимальном количестве воды. Затем он провел попарные сливания растворов. Результаты этих опытов лаборант занес в таблицу:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Реактив** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **1** |  | **↓** | **−** | **↓↑** |
| **2** | **↓** |  | **↓** | **−** |
| **3** | **−** | **↓** |  | **↓** р |
| **4** | **↓↑** | **−** | **↓** |  |

**Обозначения:**

в столбцах представлен номер взятого реактива,

в строках – номер добавляемого реактива,

**↓ -** выпадение осадка, **↑ -** выделение газа,p – растворение образовавшегося осадка,

**↓**р – выпадение осадка и растворение его в избытке добавляемого реактива,

**↓↑ -** выпадение осадка и выделение газа,

«–» - видимые изменения отсутствуют.

Определите содержимое банок 1 – 4. Напишите уравнения всех проведенных реакций и объясните фиксируемые в таблице наблюдения. Объясните, почему при сливании растворов 3 и 4 наблюдения зависят от порядка сливания. ***20 баллов***

***Решение:***

Для решения задачи целесообразно составить таблицу, в которой указать видимые изменения (наблюдения), имеющие место при попарном сливании всех растворов, а также прописать все уравнения реакций. Затем необходимо сопоставить собственные наблюдения с описанными в задаче. Это позволит идентифицировать вещества:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Реактив** | K2CO3 | CaCl2 | KOH | Al(NO3)3 |
| K2CO3 |  | **↓** | **−** | **↓↑** |
| CaCl2 | **↓** |  | **↓** | **−** |
| KOH | **−** | **↓** |  | **↓** р |
| Al(NO3)3 | **↓↑** | **−** | **↓** |  |

***Составление таблицы для решения задачи не является обязательным***

Уравнения реакций:

1. CaCl2 + K2CO3  = CaCO3**↓** + 2KCl **(*1б*),** выпадение осадка **(*1б*)** 9
2. 2Al(NO3)3 + 3K2CO3 + 3H2O = 3CO2**↑** + 2Al(OH)3**↓** + 6KNO3 **(*1б*),** выпадение осадка и выделение газа **(*1б*)**
3. CaCl2 + 2KOH = Сa(OH)2**↓** + 2KCl **(*1б*),** выпадение осадка (помутнение, т.к. гидроксид кальция малорастворим) ***(1б)***
4. Al(NO3)3 + 3KOH = Al(OH)3**↓** + 3KNO3 **(*1б*),** выпадение осадка **(*1б*)**
5. Al(OH)3**↓** + KOH = K[Al(OH)4] **(*1б*),** растворение осадка **(*1б*)** . Допустимо образование K3[Al(OH)6]

**Сливание растворов 3 и 4:** Когда к раствору нитрата алюминия постепенно приливают щелочь, сначала происходит впадение осадка гидроксида алюминия (реакция 4), а затем его растворение в избытке щелочи (реакция 5). Если к раствору гидроксида калия приливать раствор нитрата алюминия, то выпавший осадок гидроксида алюминия не будет растворяться в избытке приливаемого реагента (нитрата алюминия), т.к. реакция между ними невозможна. Таким образом, порядок сливания растворов нитрата алюминия и гидроксида калия влияет на наблюдения **(*2б*)**.

Вывод: 1 - K2CO3 **(*2б*)**, 2 - CaCl2 **(*2б*)**, 3 – KOH **(*2б*)**, 4 - Al(NO3)3 **(*2б*)**.

***Итого 20 баллов***