

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:

$$1) \quad n(\text{CO}) + n(\text{CO}_2) = 10/22,4 = 0,446 \text{ моль. (1б)}$$

$$\text{Пусть } n(\text{CO}) = x, \quad n(\text{CO}_2) = y; \quad x + y = 0,446.$$

Тогда количества углерода и кислорода

$$n(\text{C})\text{CO} = x, \quad n(\text{C})\text{CO}_2 = y;$$

$$n(\text{O})\text{CO} = x, \quad n(\text{O})\text{CO}_2 = 2y \text{ (1б)};$$

$$n(\text{C})\text{общ} = x + y;$$

$$n(\text{O})\text{общ} = x + 2y. \text{ (2б)}$$

Соотношение атомов равно соотношению количеств:

$$n(\text{C})/n(\text{O}) = 10/17 = (x + y)/(x + 2y). \text{ (1б) Подставляем: } x = 0,446 - y.$$

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

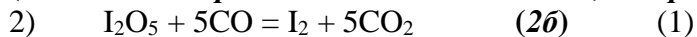
$$10/17 = 0,446/(0,446 + y); \quad y = 0,312, \quad x = 0,134;$$

$$n(\text{CO}) = 0,134 \text{ моль; } n(\text{CO}_2) = 0,312 \text{ моль (2б),}$$

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

$$\varphi(\text{CO}) = 0,134/0,446 = 0,3 \text{ (30%); } \varphi(\text{CO}_2) = 0,312/0,446 = 0,7 \text{ (70%) (1б)}$$

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



3) 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).

4) Т.к. $n(\text{CO}) = 0,134$ моль, то согласно уравнению (1), $n(\text{I}_2\text{O}_5) = 0,134/5 = 0,0268$ моль, $m(\text{I}_2\text{O}_5) = 0,0268 \cdot 334 = 8,951$ 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 $M_{\text{газа}} = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{возд}} = 1,52 \cdot 29 = 44 \text{ г/моль}$ (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.

$$v(\text{CO}_2) = 0,448/22,4 = 0,02 \text{ моль,}$$

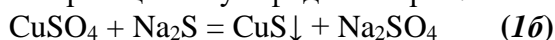
$$m(\text{CO}_2) = 0,02 \cdot 44 = 0,88 \text{ г (1б за расчет массы и количества углекислого газа).}$$

Убыль веса минерала при прокаливании: $m = 0,28 \cdot 4,44 = 1,24 \text{ г}$ (1б), это не равно массе углекислого газа, следовательно, углекислый газ является не единственным летучим продуктом прокалывания.

Разница масс $1,24 - 0,88 = 0,36 \text{ г}$ (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: $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,36/18 = 0,02 \text{ моль}$ (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:



$$\text{Количество вещества сульфида меди } v(\text{CuS}) = 3,84/96 = 0,04 \text{ моль. (1б)}$$

В состав минерала входят медь, углерод, кислород и водород

В общем виде его формула $\text{Cu}_x\text{Cu}_y\text{O}_z\text{H}_k$ (1б за определение элементов, входящих в состав минерала)

Определим его состав. $v(\text{Cu}) = v(\text{CuS}) = 0,04 \text{ моль,}$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = 0,02 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}) = 2 \cdot v(\text{H}_2\text{O}) = 0,04 \text{ моль (1б за нахождение количеств меди, углерода и водорода);}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,04 \cdot 64 = 2,56 \text{ г, } m(\text{C}) = 0,02 \cdot 12 = 0,24 \text{ г, } m(\text{H}) = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ г,}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{минерала}) - (m(\text{Cu}) + m(\text{C}) + m(\text{H})) = 4,44 - (2,56 + 0,24 + 0,04) = 1,6 \text{ г (1б за нахождение массы кислорода),}$$

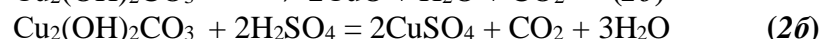
$$v(\text{O}) = 1,6/16 = 0,1 \text{ моль (1б).}$$

$$X:y:z:k = v(\text{Cu}):v(\text{C}):v(\text{O}):v(\text{H}) = 0,04:0,02:0,1:0,04 = 2:1:5:2,$$

что соответствует формуле $\text{Cu}_2\text{CO}_5\text{H}_2$ или $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. (2б за формулу, принимается также $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$, если формула записана в виде $\text{Cu}_2\text{CO}_5\text{H}_2 - 1 \text{ б}$).

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

Уравнения реакций разложения минерала и растворения его в кислоте:



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 мочевины (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 соответствии с уравнениями



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)**:



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 **C**, **CO** и **H₂**. **(1б)**

Рассмотрим варианты: **C** и **H₂**. Уравнения их взаимодействия:

$\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$. Такая реакция возможна.

$\text{C} + 3\text{H}_2 = ?$ Такой реакции с образованием двух продуктов, один из которых – вода, не существует. **(1б)**

CO и **H₂**. Уравнения их взаимодействия:



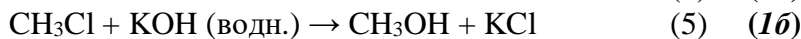
Такая реакция возможна.



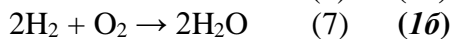
Такая реакция возможна, причем один из продуктов - вода, что соответствует условию задачи.

Итак, вещество **А** – это угарный газ **CO**, **Б** - водород **H₂**. Тогда **В** – метанол **CH₃OH**, **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:



Уравнения сгорания **А** и **Б**:



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

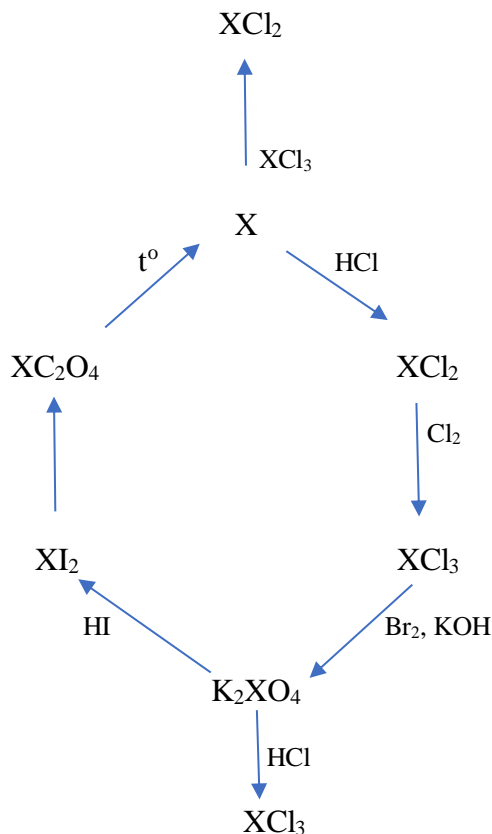
Итого 18 баллов

Задача 4

Человек не может обойтись без металлов. Если бы не было металлов, люди владели бы самой омерзительной и жалкой жизнью 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**



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) $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ (1 б)
- 2) $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$ (2 б)
- 3) $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ (1 б)
- 4) $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Br}_2 + 16\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 6\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ (3 б)
- 5) $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ (3 б)
- 6) $\text{K}_2\text{FeO}_4 + 8\text{HI} = \text{FeI}_2 + 2\text{I}_2 + 2\text{KI} + 4\text{H}_2\text{O}$ (3 б)
- 7) $\text{FeI}_2 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{FeC}_2\text{O}_4 + 2\text{KI}$ (2 б)
- 8) $\text{FeC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe} + 2\text{CO}_2$ (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, р – 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	K ₂ CO ₃	CaCl ₂	KOH	Al(NO ₃) ₃
K ₂ CO ₃		↓	–	↓↑
CaCl ₂	↓		↓	–
KOH	–	↓		↓р
Al(NO ₃) ₃	↓↑	–	↓	

Составление таблицы для решения задачи не является обязательным

Уравнения реакций:

- 1) $\text{CaCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{KCl}$ (1б), выпадение осадка (1б) 9
- 2) $2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{CO}_2\uparrow + 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 6\text{KNO}_3$ (1б), выпадение осадка и выделение газа (1б)
- 3) $\text{CaCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Ca}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KCl}$ (1б), выпадение осадка (помутнение, т.к. гидроксид кальция малорастворим) (1б)
- 4) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{KOH} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KNO}_3$ (1б), выпадение осадка (1б)
- 5) $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{KOH} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (1б), растворение осадка (1б) . Допустимо образование $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

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