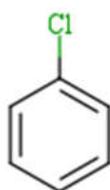


11 класс

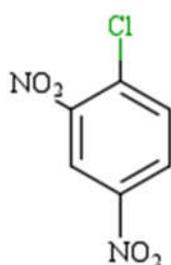
Задание 1.

1.

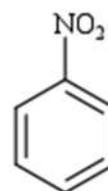
A



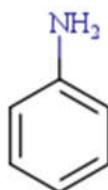
B



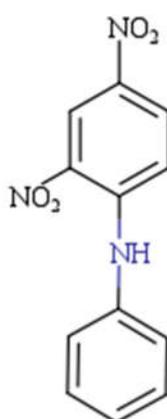
C



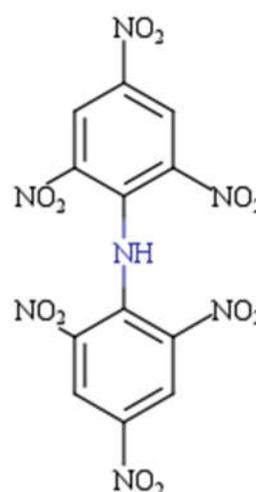
D



E



X



За каждую верную структуру 2 балла.



2.

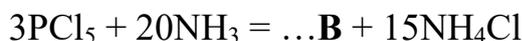
(1 балл)

Всего максимум 13 баллов.

Задание 2.

1. Соль С, обратимо разлагающаяся при нагревании на два газообразных вещества, вероятно, является солью аммония, а именно хлоридом NH_4Cl (2

балла). В этом случае жидкий **A** – жидкий аммиак NH_3 (**2 балла**). Его масса может быть определена как разность масс продуктов PCl_5 : $m(\text{A}) = 5,349 + 1,086 - 4,165 = 2,270$ г, а количество вещества **A** равно $2,270/17 = 0,134$ моль. Количество хлорида аммония составляет $5,349/53,5 = 0,1$ моль, а количество пентахлорида фосфора – $4,165/208,5 = 0,02$ моль. Соотношение количеств известных реагентов и продуктов позволяет составить следующее уравнение реакции:

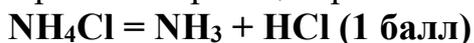


Тогда формула **B** – P_3N_5 . (**2 балла**)

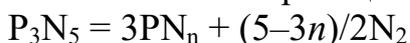
Уравнение реакции синтеза:



Уравнение реакции разложения:



2. Если записать реакцию разложения **B** в виде:



То видно, что отношение оставшейся массы к начальной составляет:

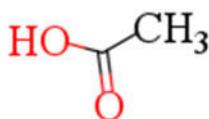
$$3 \cdot (31 + 14n)/(31 \cdot 3 + 14 \cdot 5) = 0,77$$

Откуда $n = 0,77$. (**2 балла**)

Всего максимум 10 баллов.

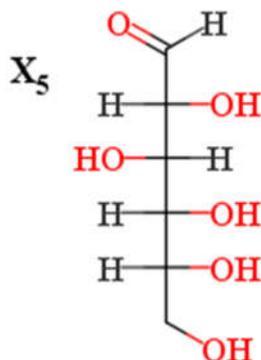
Задание 3.

1. По первой реакции можно догадаться, что X_1 , видимо, **кислород O_2** (**1 балл**), так как только при сжигании из алкана получится вода. Тогда запишем известные части: $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 5\text{O}_2 = 4\text{A} + 2\text{H}_2\text{O}$, тогда на 4 молекулы **A** приходится $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_8$, а на одну $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (**1 балл**). **A** – **уксусная или этановая кислота (1 балл)**. (Другие вещества с такой же брутто-формулой, например, HCOOCH_3 или $\text{CH}_2\text{OH-CHO}$, не могут быть получены по реакциям 1-6 и не засчитываются).



(1 балл за структурную формулу)

2. $\text{X}_1 \text{ O}_2$

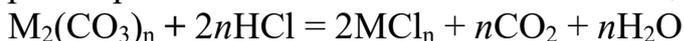


За каждую верную структуру 1,5 балла.

Всего максимум 12 баллов.

Задание 4.

1. Так как родохрозит и азурит, согласно условию задачи, являются карбонатами, логично предположить, что выделяющийся во всех случаях газ – CO_2 . Если предположить, что родохрозит имеет формулу $\text{M}_2(\text{CO}_3)_n$, где М неизвестный металл, а n его валентность, то уравнение, описывающее его растворение в соляной кислоте имеет следующий вид:



В таком случае должно выполняться условие $\nu(\text{HCl})/\nu(\text{CO}_2) = 2$. В данном случае:

$$\nu(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 1 \text{ моль / л} \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ л} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = pV / RT = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 1,0641 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{К)} \cdot 298 \text{ К}} = 4,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Таким образом, условие $\nu(\text{HCl})/\nu(\text{CO}_2) = 2$ выполняется. Попробуем найти металл. Из реакции следует, что количество минерала в $2n$ раз меньше, чем кислоты. Тогда $\nu(\text{M}_2(\text{CO}_3)_n) = 8,7 \cdot 10^{-3} / 2n = 0,500 / (2A_r(\text{M}) + 60n)$. Решая это уравнение получим $M = 27,47n$. При $n = 2$ получаем, что неизвестный металл – **марганец, а родохрозит - MnCO_3 (2 балла).**



2. Для определения формулы азурита проделаем те же шаги, что и для родохозита. Должно выполняться условие $\nu(\text{HCl})/\nu(\text{CO}_2) = 2$. Определим количества веществ HCl и CO_2 :

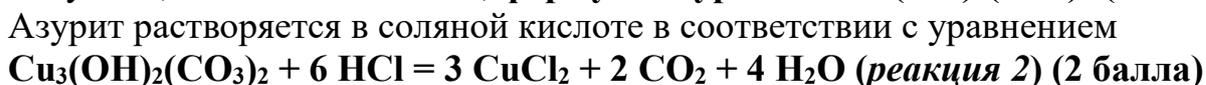
$$\nu(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 1 \text{ моль / л} \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ л} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = pV / RT = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 7,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж / (моль} \cdot \text{К)} \cdot 298 \text{ К}} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Получаем, что $\nu(\text{HCl})/\nu(\text{CO}_2) = 3$, следовательно, азурит не соответствует формуле $\text{M}_2(\text{CO}_3)_n$. Таким образом, по-видимому в минерале содержится что-то, что реагирует с кислотой без выделения газа. Часто карбонатные минералы встречаются в виде основных карбонатов, которые можно представить в виде $x\text{M}_2(\text{CO}_3)_n \cdot y\text{M}(\text{OH})_n$. Предположим самый простой случай, где $x = y = 1$. Запишем уравнение реакции:



Отсюда видно, что соотношение кислоты к газу 3 к 1. Подходит. Теперь можно найти молярную массу. Если $n=1$, то масса будет рассчитываться как $2,9 \cdot 10^{-3} / n = 0,5 / (3A_r(\text{M}) + 17n + 60n)$. Отсюда находим $A_r(\text{M}) = 31,8n$. При $n=2$ получаем, что это медь. Итак, **формула азурита – $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ (2 балла).**



3. Сперва определим количество вещества CO_2 :

$$v(\text{CO}_2) = pV / RT = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 1,64 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 298 \text{ К}} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Пусть масса MnCO_3 – x г, тогда масса $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ – $(1-x)$ г. Тогда количество выделяющегося CO_2 можно представить в виде

$$v(\text{CO}_2) = \frac{x}{M(\text{MnCO}_3)} + \frac{2 \cdot (1-x)}{M(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2)}$$

Решаем составленное уравнение:

$$\frac{x}{114,94} + \frac{2 \cdot (1-x)}{344,65} = 6,7 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 0,31$$

Таким образом, $\omega(\text{MnCO}_3) = 31\%$, $\omega(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2) = 69\%$. (2 балла)

Всего максимум 10 баллов

Задание 5.

1. Способностью растворять стёкла обладает плавиковая кислота – водный раствор фтороводорода. **X – HF (2 балла)**.

2. Фтороводород получают взаимодействием фторида кальция – плавикового шпата – с серной кислотой (**реакция 1**):



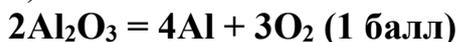
Водный раствор HF растворяет диоксид кремния по реакции (**реакция 2**):



Криолит – Na_3AlF_6 – может быть получен в результате **реакции 3**:



Алюминий получают электролизом раствора его оксида в криолите (**реакция 4**):



3. Средняя молярная масса может быть рассчитана по формуле:

$$M_{\text{ср}} = 20 \cdot 0,88 + 40 \cdot 0,07 + 120 \cdot 0,05 = 26,4 \text{ г/моль (1 балл)}$$

Плотность газа можно найти с использованием преобразованного уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\rho = \frac{pM}{RT} = \frac{200 \cdot 26,4}{8,314 \cdot 333} = 1,907 \text{ г/л (1 балл)}$$

4. Исходя из того, что объемная доля для газов равна мольной доле, рассчитаем парциальные давления каждой формы:

$$p(\text{X}) = 0,88 \cdot 200 \text{ кПа} / 10^5 \text{ Па} = 1,76 \text{ бар (1 балл)}$$

$$p(\text{X}_2) = 0,07 \cdot 200 \text{ кПа} / 10^5 \text{ Па} = 0,14 \text{ бар (1 балл)}$$

$$p(\text{X}_6) = 0,05 \cdot 200 \text{ кПа} / 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ бар (1 балл)}$$

Отсюда найдем константы:

$$K \text{ (димеризации)} = p(\text{X}_2) / [p(\text{X})]^2 = 0,14 / 1,76^2 = 0,045 \text{ (1 балл)}$$

$$K \text{ (гексамеризации)} = p(\text{X}_6) / [p(\text{X})]^6 = 0,1 / 1,76^6 = 0,0034 \text{ (1 балл)}$$

$$\Delta G^\circ \text{ (димеризации)} = -8,314 \cdot 333 \cdot \ln(0,045) = 8,6 \text{ кДж/моль (0,5 балла)}$$

$$\Delta G^\circ \text{ (гексамеризации)} = -8,314 \cdot 333 \cdot \ln(0,0034) = 15,8 \text{ кДж/моль (0,5 балла)}$$

Всего максимум 14 баллов.