

Министерство образования и науки УР
АОУ ДПО УР «Институт развития образования»
Муниципальный этап ВСОШ по химии 2023-2024 учебный год
г. Ижевск
10 класс

Максимальное количество баллов – 90

Решение задачи № 1

1. При $T = 900^\circ\text{C}$ происходит разложение карбоната бария:



Константа равновесия этого процесса определяется парциальным давлением углекислого газа, поскольку концентрации твердых веществ в записи константы равновесия отсутствуют: $K_1 = p(\text{CO}_2)$, следовательно $K_1 = 3 \cdot 10^{-4}$ атм.

..... **1 балл**

2. Рассчитаем начальное количество карбоната бария:

$$n(\text{BaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,01}{197} = 5,076 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество вещества углекислого газа при равновесии:

$$PV = nRT, \quad n_{\text{CO}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot 101,325 \cdot 0,05}{8,314 \cdot 1173} = 1,558 \cdot 10^{-7} \text{ моль} \dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Количество оксида бария, образовавшееся в ампуле, равно количеству углекислого газа (реакция 1), количество оставшегося карбоната бария равно исходному количеству соли за вычетом разложившегося карбоната (равного количеству CO_2):

$$n(\text{BaCO}_3) = 5,076 \cdot 10^{-5} - 1,558 \cdot 10^{-7} = 5,060 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$n(\text{BaO}) = 1,558 \cdot 10^{-7} \text{ моль} \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балла}}$$

тогда массы твердых компонентов равны:

$$m(\text{BaCO}_3) = 5,06 \cdot 10^{-5} \cdot 197 = 9,968 \text{ мг} \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балла}}$$

$$m(\text{BaO}) = 1,558 \cdot 10^{-7} \cdot 153 = 0,024 \text{ мг} \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балла}}$$

$$\text{Процентный состав смеси: } 99,76\% \text{ и } 0,24\% \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балла}}$$

3. После промывания теплой водой из смеси уходит оксид кальция:



Количество оксида бария равно количеству гидроксида бария, а количество OH^- -ионов равно удвоенному количеству оксида бария, т.е.

$$n(\text{OH}^-) = 2n(\text{BaO}) = 2 \cdot 1,558 \cdot 10^{-7} = 3,116 \cdot 10^{-7} \text{ моль} \dots\dots\dots \mathbf{0,5 \text{ балла}}$$

Это количество гидроксид-ионов оказалось в растворе объемом 10 мл (можно пренебречь увеличением объема раствора за счет добавления 0,024 мг оксида бария). Тогда молярная концентрация гидроксид-ионов будет равна

$$C(\text{OH}^-) = \frac{n}{V} = \frac{3,116 \cdot 10^{-7}}{0,01} = 3,116 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

$$\text{Тогда } p\text{OH} = -\lg C(\text{OH}^-) = -\lg(3,116 \cdot 10^{-5}) = 5 - 0,49 = 4,51$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 4,51 = 9,49 \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

4. Нейтрализация раствора описывается уравнением



Составляем пропорцию, соотнося количество моль вещества с теплотой реакции:

$$3,116 \cdot 10^{-7} \text{ моль } \text{H}_2\text{O} \quad \text{соответствуют} \quad 0,0177 \text{ Дж тепла}$$

$$1 \text{ моль } \text{H}_2\text{O} \quad \text{соответствуют} \quad x \text{ Дж тепла}$$

$$Q = 56,8 \text{ кДж/моль} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

5. Поскольку процесс эндотермический, то увеличение T будет приводить к смещению равновесия вправо, в сторону образования углекислого газа, поэтому его давление будет расти, и константа равновесия, соответственно, тоже. **1 балл**

6. Поскольку температура осталась прежней, то константа равновесия разложения карбоната бария (реакция 1) не изменилась (константа равновесия зависит только от температуры). Таким образом, парциальное давление (и количество) углекислого газа будет таким же, как и в отсутствии графита. Добавление в систему углерода приводит к появлению дополнительного количества угарного газа



Поэтому общее давление будет складываться из парциальных давлений CO_2 и CO и будет выше первоначального. **1 балла**

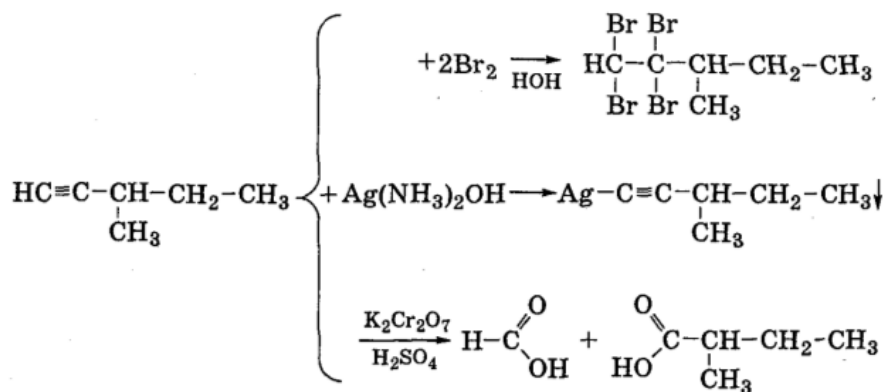
Итого за задачу.....15 баллов

Решение задачи № 2

Углеводород X – 3-метилпентин-1, это очевидно следует из состава исходного углеводорода и одного из продуктов окисления:

$$\text{один из них} - \text{C}_5 \text{ (2-метилбутановая кислота)} + \text{C}_1 = \text{C}_6 \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$

Формулы продуктов описанных в условии реакций можно представить общей схемой (НСООН в условиях реакции может окислиться дальше и CO_2 считать верным ответом):



.....по **2 балла** за каждый из **четырёх** продуктов
Всего 8 баллов

Углеводород X_1 по условию также имеет состав C_6H_{10} , не являясь алкином. При этом он:

- **не может** содержать две двойных связи (являться диеном), т.к. обе двойных связи должны гидрироваться в относительно близких условиях **2 балла**
- **не может** содержать два предельных цикла, т.к. из циклов только циклопропановый может медленно реагировать с бромной водой, но при этом он не окисляется перманганатом калия **2 балла**
- **может** по условию содержать предельный цикл и двойную связь..... **1 балла**

Итого за задачу.....15 баллов

Решение задачи № 3

Указанная в условии задачи массовая доля элемента соответствует второму по распространенности в земной коре элементу – кремнию. **1 балл**

Превращение Э → А: $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2 \uparrow$ **1 балл**

Превращение А → В: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ **1 балл**

Проверим предположение, рассчитав массовую долю кремния в метакремниевой кислоте:

$$\omega(\text{Si}) = \frac{M(\text{Si}) \times 100\%}{M(\text{H}_2\text{SiO}_3)} = \frac{28,09 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 100\%}{78,11 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 35,96\% \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Превращение В → С: $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **1 балл**

$$\omega(\text{Si в SiO}_2) = \frac{M(\text{Si}) \times 100\%}{M(\text{SiO}_2)} = \frac{28,09 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 100\%}{60,09 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 46,75\% \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Превращение С → D: $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ **1,5 балла**

Превращение D → Э (получение кремния Берцелиусом):

$$\text{SiF}_4 + 4\text{K} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Si} + 4\text{KF} \dots\dots\dots \mathbf{1,5 \text{ балла}}$$

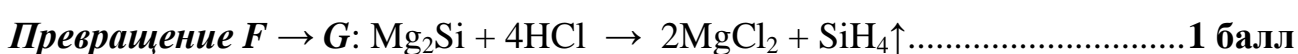
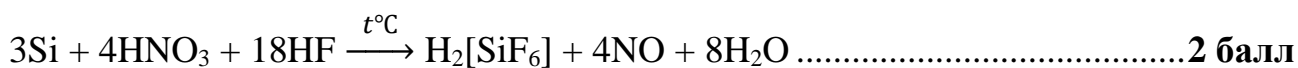
Превращение Э → E: Взаимодействие кремния со смесью концентрированной азотной и фтороводородной кислотой напоминает растворение золота в

царской воде, поэтому можно предположить, что продуктом будет комплексное соединение кремния с фтороводородом, в котором кремний проявит координационное число 6 (как элемент третьего периода в высшей степени окисления имеет 9 вакантных электронных орбиталей):..... **1 балл**

$$M(E) = \frac{M(\text{Si}) \times 100\%}{\omega(\text{Si})} = \frac{28,09 \text{ г/моль} \times 100\%}{19,49\%} = 144,13 \text{ г/моль}$$

$M(\text{остатка}) = (144,13 - 28,09 - 6 \times 19,00) \text{ г/моль} = 2,04 \text{ г/моль}$. Такая молярная масса соответствует двум атомам водорода H

..... **1 балл**



На образование силана указывает большая массовая доля кремния в соединении:

$$M(G) = \frac{M(\text{Si}) \times 100\%}{\omega(\text{Si})} = \frac{28,09 \text{ г/моль} \times 100\%}{87,43\%} = 32,13 \text{ г/моль}$$

Полученное значение молярной массы действительно соответствует силану: $M(\text{SiH}_4) = (28,09 - 4 \times 1,01) \text{ г/моль} = 32,13 \text{ г/моль}$.

..... **1 балл**



Превращение H → I: Учитывая большое значение массовой доли кремния в I, можно предположить, что взаимодействие хлорсилана с натрием аналогично реакции хлорметана с натрием (реакция Вюрца). Определим состав вещества I, приписав ему состав Si_xH_y :

$$x : y = \frac{\omega(\text{Si})}{M(\text{Si})} : \frac{\omega(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{90,26\%}{28,09} : \frac{9,74\%}{1,01} = 3,213 : 9,644 = 1 : 3$$

Простейшая формула вещества I SiH_3 , истинная формула – Si_2H_6 **1 балл**



Итого за задачу.....20 баллов

Решение задачи № 4.

A – $\text{HC}\equiv\text{CH} \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$
 продукт анодной реакции..... **1 балл**

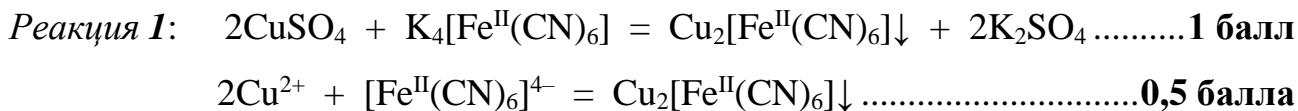
B – $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \dots\dots\dots \mathbf{3 \text{ балла}}$

C – $\text{NaC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$

D – $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$

- Е – $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$3 балла
образуется в форме *цис*-изомера2 балла
- Ф – $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$3 балла
образуется преимущественно в форме *транс*-изомера2 балла
- Итого за задачу.....20 баллов**

Решение задачи № 5



Реакция 2: Определим состав осадка, принимая во внимание тот факт, что в составе гексацианоферрат(II)-иона 6 атомов углерода, массовая доля которых составляет 25,01%

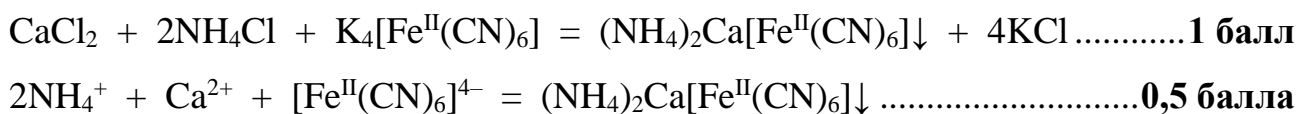
$$M = \frac{M(\text{C}) \times 6 \times 100\%}{\omega(\text{C})} = \frac{12,01 \text{ г/моль} \times 6 \times 100\%}{25,01\%} = 288,12 \text{ г/моль}$$

.....0,5 балла

Рассчитаем молярную массу катиона в составе координационного соединения: $M(\text{Kt}) = (288,12 - 55,85 - 6 \times (12,01 + 14,00)) = 76,21 \text{ г/моль}$. Такая молярная масса меньше массы двух катионов кальция. Исходя из условий проведения реакции можно предположить, что во внешней координационной сфере образующегося комплексного соединения помимо катионов кальция могут быть катионы аммония:

$$M(\text{Ca}^{2+}) + 2M(\text{NH}_4^+) = 40,08 + 2 \times (14,00 + 4 \times 1,01) = 76,10 \text{ г/моль},$$

что совпадает с рассчитанной ранее молярной массой катиона1 балл



Определим состав турнбулевой сини и берлинской лазури.

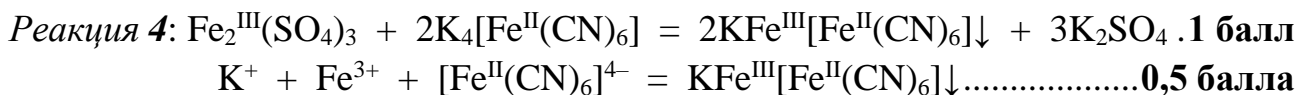
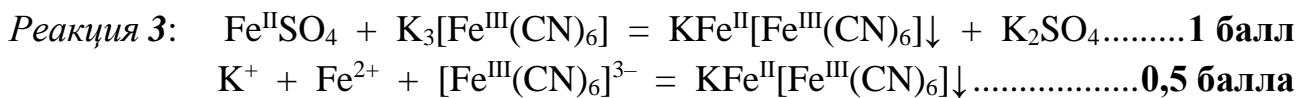
$$M = \frac{M(\text{C}) \times 6 \times 100\%}{\omega(\text{C})} = \frac{12,01 \text{ г/моль} \times 6 \times 100\%}{23,48\%} = 306,90 \text{ г/моль}$$

.....0,5 балла

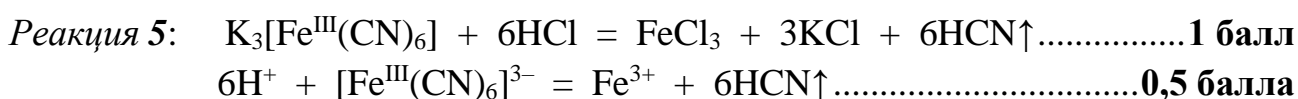
Рассчитаем молярную массу ионов, образующих внешнюю координационную сферу соединения, учитывая, что проводимые реакции являются качественными на ионы железа, т.е. во внешней координационной сфере должен быть как минимум один ион железа:

$$M = (306,90 - 55,85 \times 2 - 6 \times (12,01 + 14,00)) = 39,14 \text{ г/моль}$$

Полученное значение соответствует относительной атомной массе катиона калия, следовательно состав соединения можно представить формулой $KFe[Fe(CN)_6]$ **1 балл**



Соляная кислота, как сильный электролит, будет вытеснять из красной кровяной соли циановодород – бесцветную, очень летучую, легкоподвижную, чрезвычайно ядовитую жидкость, имеющую неприятный запах.



Проверим наше предложение, рассчитав массовую долю углерода в HCN:

$$\omega(C) = \frac{M(C) \times 100\%}{M(HCN)} = \frac{12,01 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 100\%}{27,02 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 44,45\%$$

Полученное значение совпадает с указанным в условии задачи **0,5 балла**

При действии концентрированной серной кислоты на красную кровяную соль газообразными продуктами могут быть оксиды углерода CO и CO₂. Рассчитаем массовую долю кислорода в каждом из них:

$$\omega(O \text{ в } CO) = \frac{M(O) \times 100\%}{M(CO)} = \frac{16,00 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 100\%}{28,01 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 57,12\%$$

$$\omega(O \text{ в } CO_2) = \frac{M(O) \times 100\%}{M(CO_2)} = \frac{16,00 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 100\%}{44,01 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 36,36\%$$

Указанное значение массовой доли кислорода соответствует монооксиду углерода **1 балл**

Определим состав соли железа, предположив, что это сульфат состава $Fe_p(SO_4)_q$:

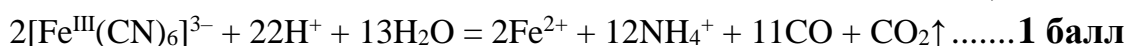
$$p : q = \frac{\omega(Fe)}{M(Fe)} : \frac{\omega(SO_4)}{M(SO_4)} = \frac{36,77\%}{55,85} : \frac{63,23\%}{96,06} = 0,658 : 0,658 = 1 : 1$$

Согласно расчетам, образующаяся соль – сульфат железа(II) **0,5 балла**

Реакция 6:



..... **1,5 балла**



Реакция 7: $2\text{K}_3[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6] + \text{PbO} + 2\text{KOH} = 2\text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6] + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
.....**1,5 балла**

$2[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-} + 22\text{H}^+ + 13\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + 12\text{NH}_4^+ + 11\text{CO} + \text{CO}_2\uparrow$ **1 балл**

Реакция 8: $\text{W} + 6\text{K}_3[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6] + 8\text{KOH} = 6\text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6] + \text{K}_2\text{WO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
.....**1,5 балла**

$\text{W} + 6[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-} + 8\text{OH}^- = 6[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{WO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ **1 балл**

Итого за задачу.....20 баллов