

9 класс

Задание 1.

1. Для нахождения массовой доли карбоната натрия пересчитаем массу кристаллогидрата на массу соли:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 14.3 \cdot 106 / 286 = 5.3 \text{ г}$$

Масса раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{NaCl}) = 200 + 14.3 + 14.2 + 23.4 = 251.9 \text{ г}$$

Тогда массовая доля карбоната натрия:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m(\text{р-ра}) \cdot 100\% = 5.3 / 251.9 \cdot 100\% = \mathbf{2.1\% \text{ (2 балла)}}$$

$$2. n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) / M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 14.2 / 142 = 0.1 \text{ моль}$$

$$V(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра}) / \rho = 251.9 / 1.13 = 222.9 \text{ мл} = 0.223 \text{ л}$$

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) / V(\text{р-ра}) = 0.1 / 0.223 = \mathbf{0.449 \text{ М (2 балла)}}$$

$$3. C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) / V(\text{р-ра}) = 0.05 / 0.223 = 0.224 \text{ М}$$

$$C_{\text{н}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = z \cdot C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0.224 = \mathbf{0.448 \text{ н (2 балла)}}$$

$$4. m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} = 0.2 \text{ кг}$$

$$C_{\text{м}}(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) / m(\text{H}_2\text{O}) = 0.4 / 0.2 = \mathbf{2 \text{ моль/кг (2 балла)}}$$

5. Так как нормальная концентрация больше молярной концентрации в z раз, то числа, которые при делении дают целое число являются нормальной и молярной концентраций. Так как $17.76 / 5.92 = 3$, то:

$$C(\text{X}) = \mathbf{5.92 \text{ М (1 балл)}}$$

$$C_{\text{н}}(\text{X}) = \mathbf{17.76 \text{ н (1 балл)}}$$

Так как массовая доля обычно выражается в процентах, то она будет равна самому большому числу: $\omega(\text{X}) = \mathbf{45\% \text{ (1 балл)}}$

$$\text{Тогда: } C_{\text{м}}(\text{X}) = \mathbf{8.35 \text{ моль/кг (1 балл)}}$$

6. Нам известна масса вещества, найдем из массовой доли массу раствора.

$$\text{Массовая доля в долях: } \omega(\text{X}) = 45\% = 0.45$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{X}) / \omega(\text{X}) = 180 / 0.45 = \mathbf{400 \text{ г (1 балл)}}$$

Из молярной концентрации найдем моли X:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{X}) = 400 - 180 = 220 \text{ г} = 0.22 \text{ кг}$$

$$n(\text{X}) = C_{\text{м}}(\text{X}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) = 8.35 \cdot 0.22 = 1.837 \text{ моль}$$

Из молярной концентрации найдем объем раствора:

$$V(\text{р-ра}) = n(\text{X}) / C(\text{X}) = 1.837 / 5.92 = 0.3103 \text{ л} = \mathbf{310.3 \text{ мл (2 балла)}}$$

$$\rho(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра}) / V(\text{р-ра}) = 400 / 310.3 = \mathbf{1.29 \text{ г/мл (2 балла)}}$$

$$M(\text{X}) = m(\text{X}) / n(\text{X}) = 180 / 1.837 = \mathbf{98 \text{ г/моль (2 балла)}}$$

Так как раствор X имеет кислую реакцию, логично предположить, что X – это кислота. Так как z равен $C_{\text{н}}(\text{X}) / C(\text{X}) = 17.76 / 5.92 = 3$, следовательно, кислота

трехосновная. Трехосновная кислота с молярной массой 98 г/моль – фосфорная, H_3PO_4 (2 балла).

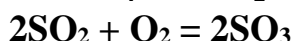
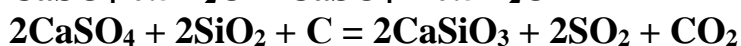
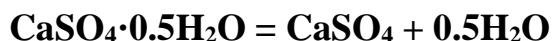
Всего максимум 21 балл.

Задание 2.

1. **X**, **Y** и **Z** – сульфатные или сульфидные минералы, так как их можно использовать для получения серной кислоты. Поскольку практически любой синтез серной кислоты включает окисление SO_2 до SO_3 , предположим, что **H** – SO_3 (2 балла), **Q** – SO_2 (2 балла). Смесь, содержащая 1 часть **R** и 2 части SO_2 , имеет среднюю молярную массу около $29 \cdot 2 \approx 58$ г/моль. Так как $58 \approx 2/3 \cdot 64 + 1/3 \cdot M(\text{R})$, $M(\text{R}) \approx 46$ г/моль, причем реальная молярная масса несколько меньше этой величины. Поиск среди газов с близкими молярными массами наводит на CO_2 , который может образоваться при восстановлении чего-либо углеродом – это простое вещество, обозначенное в задаче буквой **U** (**U** – **C**, 2 балла). Основной компонент песка – SiO_2 – **S** (2 балла).

Учитывая, что разложение минералов **X** и **Y** протекает обратимо и при небольших температурах, разумно предположить, что они являются гидратами. В ходе превращения **X** в **Z** потеря массы составляет 20.9 %. Предполагая, что в ходе разложения выделяется 1 молекула воды, получим $M(\text{X}) = 18/0.209 = 86$ г/моль, $M(\text{Z}) = 68$ г/моль. Так как в ходе обработки **Z** используется восстановитель, эта соль не может быть сульфидом и должна быть сульфатом. Подобрать сульфат с такой молярной массой невозможно, поэтому рассмотрим вариант с двумя молекулами воды. В этом случае $M(\text{X}) = 172$ г/моль, $M(\text{Z}) = 136$ г/моль. Последнее число соответствует молярной массе CaSO_4 – малорастворимому сульфату (минерал ангидрит) (**Z** – CaSO_4 , 2 балла). Тогда **X** – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (2 балла), а расчёт по потере массы даёт для **Y** формулу $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ (2 балла) (алебастр).

2. Уравнения реакций (по 2 балла за уравнение):

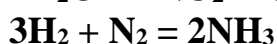
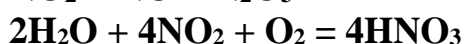
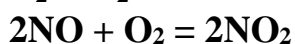
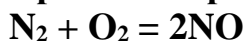


Всего максимум 26 баллов

Задание 3.

1. **X** – азот **N**. **I** – N_2 , **II** – NO , **III** – NH_3 , **IV** – NO_2 , **V** – HNO_3 , **VI** – N_2H_4 , **VII*** – NH_4NO_3 , **VII** – N_2O , **VIII** – $[\text{NH}_3\text{OH}]\text{HSO}_4$ (допускается запись, не отражающая строение), **IX** – N_2O_3 . (по 1 баллу за элемент и каждое вещество)

Уравнения реакций (по 1 баллу за уравнение):



2. В соединении VII* степени окисления азота в ионе аммония и нитрат-ионе равны **-3 и +5**, соответственно; можно также считать, что средняя степень окисления равна **+1 (1 балл за любой из двух вариантов ответа)**.

3. Степени окисления серы и хрома в указанных соединения равны **+6 (по 1 баллу)**. Формальное рассмотрение (при допущении, что с.о. кислорода -2) даёт степени окисления +7 и +10, соответственно. Такая ситуация объясняется тем, что в обоих соединениях **часть атомов кислорода пероксидная и имеет с.о. -1 (1 балл)**.

Всего максимум 24 баллов

Задание 4.

1. Общая формула оксидов – M_2O_n . Выразим массовую долю кислорода через n :

$$\omega(\text{O}) = \frac{16n}{2M + 16n} = 0.186$$

Решением которого будет $M = 35n$. При $n = 2$ молярная масса близка к массе галлия, однако для него нехарактерна степень окисления +2. При $n = 4$ молярная масса соответствует церию, который действительно образует оксид в с.о. +4 и, как следует из приведённых уравнений, также имеет оксид Ce_2O_3 (Y). Тогда **M – Ce (2 балла), X – CeO₂ (2 балла), Y – Ce₂O₃ (2 балла)**.

2. Если умножить коэффициенты в первой реакции на +2, а затем сложить её со второй реакцией, то соединения X и Y сократятся и останется уравнение вида: **2CO + O₂ = 2CO₂ (1 балл)**

Для получения её теплового эффекта необходимо повторить те же действия с теплотами первой и второй реакций:

$Q = -85.4 \cdot 2 + 736.8 = 566$ кДж/моль; на 1 моль CO эффект составит 283 кДж (2 балла)

3. **2NH₃ + 3N₂O = 4N₂ + 3H₂O (1 балл)**

$Q_1 = 3 \cdot 241.8 - 2 \cdot 46.2 - 3 \cdot (-82.0) = 879.0$ кДж/моль (**439.5 кДж на моль аммиака, 2 балла**)

$4\text{NH}_3 + 6\text{NO} = 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

$Q_2 = 6 \cdot 241.8 - 4 \cdot 46.2 - 6 \cdot (-90.2) = 1807.2$ кДж/моль (**451.8 кДж на моль аммиака, 2 балла**)

$8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 = 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

$Q_3 = 12 \cdot 241.8 - 8 \cdot 46.2 - 6 \cdot (-33.5) = 2733.0$ кДж/моль (**341.6 кДж на моль аммиака, 2 балла**)

$6\text{NO}_x + 4x\text{NH}_3 = (3+2x)\text{N}_2 + 6x\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)

4. NO_x можно представить как смесь $(2-x)\text{NO}$ и $(x-1)\text{NO}_2$, где $(2-x)$ и $(x-1)$ – мольные доли газов в смеси. Тепловой эффект на 1 моль NO равен 301.2 кДж, а на 1 моль NO_2 455.5 кДж. Тогда эффект на 1 моль NO_x будет равен $301.2(2-x) + 455.5(x-1) = (146.9 + 154.3x)$ кДж на моль NO_x . Для приведённой выше реакции он составит $6 \cdot (146.9 + 154.3x) = \mathbf{881.4 + 925.8x}$ кДж (**3 балла**).

Всего максимум 22 балла