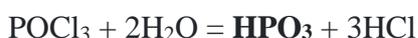
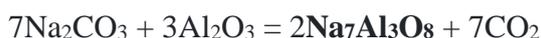
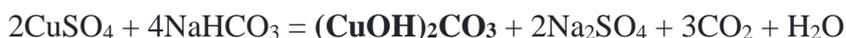
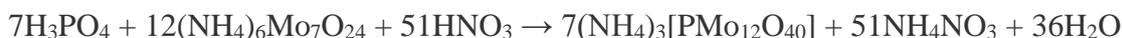


9 класс
Решения и критерии оценивания:

Задача 1



Критерии оценивания:

1. Верное заполнение каждого пропуска **по 3 балла**
2. Верно определены ОВР **по 1 баллу**

При указании в качестве ответа трех реакций, две из которых являются окислительно-восстановительными – 1 балл, при указании в качестве ответа четырех реакций, две из которых являются окислительно-восстановительными – 0 баллов.

Итого 20 баллов

Задача 2

Очевидно, что недостающий элемент – кислород, поскольку вещество **Ы** кристаллическое и, скорее всего, это соль.

Рассчитаем массовую долю кислорода:

$$\omega(\text{O}) = 100 - 10,88 - 2,93 - 13,39 - 5,86 = 67,64 \%$$

Определим соотношение атомов:

$$\begin{aligned} \text{Cr}: \text{N}: \text{S}: \text{H}: \text{O} &= \frac{10,88}{52} : \frac{2,93}{14} : \frac{13,39}{32} : \frac{5,86}{1} : \frac{67,64}{16} = 0,21: 0,21: 0,42: 5,9: 4,2 = \\ &= 1: 1: 2: 28: 20 \end{aligned}$$

Тогда брутто-формула $\text{CrNS}_2\text{H}_{28}\text{O}_{20}$.

Для записи рациональной формулы определим степени окисления элементов:

$\text{Cr}^{+3}\text{N}^{-3}\text{S}^{+6}\text{H}^{+1}_{28}\text{O}^{-2}_{20}$, скорее всего сера входит в состав сульфат-иона, а азот в ион аммония. Тогда получается: $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2\text{H}_{24}\text{O}_{12}$.

Легко заметить, что оставшиеся водороды и кислороды соотносятся как два к одному, то есть, вероятно, входят в состав молекул воды: $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – хорошо известный пример квасцов на основе хрома.

Название по ИЮПАК – додекагидрат сульфата хрома-аммония, тривиальное название – хром-аммонийные квасцы.

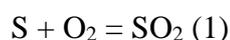
Критерии оценивания:

1. Определение недостающего элемента	2 балла
2. Определение брутто формулы Ы	10 баллов
3. Определение рациональной формулы Ы	6 баллов
4. Одно из указанных названий	2 балла
Итого	20 баллов

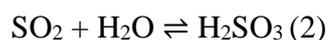
Задача 3

Поскольку кислота может проходить через медные трубы лишь в разбавленном состоянии, то это значит, что в концентрированном состоянии она их разрушает, реагируя с медью. В условиях указано, что кислота образована одним из элементов первых трех периодов, то есть это может быть либо H_2SO_4 , либо HNO_3 (хлорная кислота не подходит по условию). Но так как исходное вещество — твердое, то оно может быть только серой.

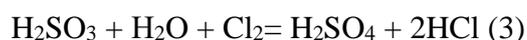
Если сера проходит через огонь, она, естественно, сгорает до SO_2 :



Растворение SO_2 в воде приводит к образованию сернистой кислоты:



При хлорировании же сернистой кислоты протекает следующая реакция:



Серной кислоте, которая при этом образуется в концентрированном состоянии, да еще при повышенной температуре, медные трубы и впрямь не преодолеть, так как будет протекать следующая реакция:

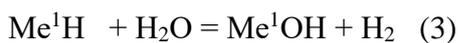
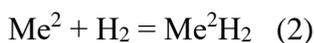
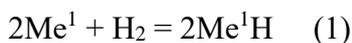


Критерии оценивания:

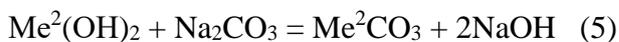
- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1. Определение неизвестного вещества | 4 балла |
| 2. Уравнение реакций 1-3 | по 4 балла |
| 3. Уравнение реакции 4 | 4 балла |
- (В пунктах 2 и 3 за неверные или отсутствующие коэффициенты ставится половина баллов от максимального)
- Итого** **20 баллов**

Задача 4

Уравнения описанных процессов:



Нерастворимыми карбонатами являются соли щелочно-земельных металлов, поэтому:



По уравнению (6):

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Me}^2\text{CO}_3)$$

По условию задачи:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

Отсюда:

$$(\text{Me}^2\text{CO}_3) = \frac{m}{n} = \frac{7,38 \text{ г}}{0,05 \text{ моль}} = 147,6 \text{ г/моль}$$

$$(\text{Me}^2) = 87,6 \text{ г/моль}$$

Щелочно-земельный металл – Sr.

Поскольку

$$n(\text{SrCO}_3) = n(\text{Sr})$$

$$m(\text{Sr}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 87,6 \text{ г/моль} = 4,38 \text{ г}$$

Тогда:

$$m(Me^1) = 8,98 \text{ г} - 4,38 \text{ г} = 4,6 \text{ г}$$

По уравнению (4):

$$n(H_2) = 2n(SrH_2)$$

По условию задачи:

$$n(H_2) = 0,1 \text{ моль}$$

Суммарное количество вещества выделившегося газа:

$$n(H_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{103,96 \text{ кПа} \cdot 6,95 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 290 \text{ К}} = 0,3 \text{ моль}$$

Следовательно, Me^1 выделил:

$$n(H_2) = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

Отсюда по уравнению (3):

$$n(Me^1H) = n(H_2) = 0,2 \text{ моль}$$

По уравнению (1):

$$n(Me^1H) = n(Me^1)$$

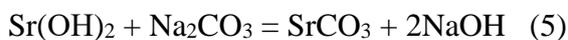
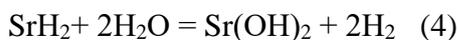
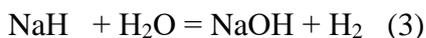
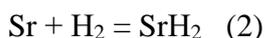
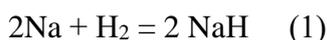
По условию:

$$n(Me^1) = 0,2 \text{ моль}$$

Отсюда:

$$M(Me^1) = \frac{4,6 \text{ г}}{0,2 \text{ моль}} = 23 \text{ г/моль}$$

Щелочной металл – Na.



Критерии оценивания:

1. Определение неизвестных металлов **по 5,5 балла**
2. Уравнение реакций 1-6 **по 1,5 балла**

(В пункте 2 за неверные или отсутствующие коэффициенты ставить половину баллов)

Итого

20 баллов

Задача 5

Молярная масса элемента - X, тогда

$$M_{\text{сульфата}} = n \cdot X + 64 + 32, \text{ где } n - \text{ это валентность X}$$

$$M_{\text{кристаллогидрата}} = n \cdot X + 64 + 32 + 7 \cdot 18$$

$$\nu_{\text{кристаллогидрата}} = \frac{m_{\text{кристаллогидрата}}}{M_{\text{кристаллогидрата}}} = \nu_{\text{сульфата}}$$

$$m_{\text{сульфата}} = \nu_{\text{сульфата}} \cdot M_{\text{сульфата}} = \frac{m_{\text{кристаллогидрата}}}{M_{\text{кристаллогидрата}}} \cdot M_{\text{сульфата}}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{m_{\text{сульфата}}}{m_{\text{кристаллогидрата}} + m_{\text{воды}}} = \\ &= \frac{m_{\text{кристаллогидрата}}}{M_{\text{кристаллогидрата}} \cdot (m_{\text{кристаллогидрата}} + m_{\text{воды}})} \cdot M_{\text{сульфата}} \end{aligned}$$

Для начала нужно понять, что искомое вещество содержит кристаллизационную воду, а массовая доля дана для чистого сульфата, поэтому нужно сделать пересчет. Подставив $M_{\text{сульфата}}$ и $M_{\text{кристаллогидрата}}$ получим уравнение с одним неизвестным, получим, что $X = 28 \cdot n$, где n - валентность, при $n = 2$ это железо, что отлично подходит под условие задачи. Воспользуемся методом стаканчиков:



$$0 \cdot m_{\text{воды}} + 0,21 \cdot m_{\text{конц.раствора}} = m_{\text{нов.раствора}} \cdot 0,15$$

$$m_{\text{воды}} + m_{\text{конц.раствора}} = m_{\text{нов.раствора}}$$

$$m_{\text{нов.раствора}} = \rho \cdot V$$

Первые два уравнение - мат. баланс по суммарной массе вещества (2) и по массе растворенного вещества (1). Решив эту систему уравнения, получаем ответ: $V_{\text{вода}} =$

$$m_{\text{воды}} \cdot \rho_{\text{воды}} = 31,43 \text{ мл } m_{\text{конц.раствора}} = 78,57 \text{ г}$$

$$m_{\text{ост}} = m_0 - \nu_{\text{сульфата}} \cdot M_{\text{сульфата}} = m_0 - \frac{m_{\text{кристаллогидрата}}}{M_{\text{кристаллогидрата}}} \cdot M_{\text{сульфата}}$$

Причем $m_0 = \omega \cdot m_{\text{раствора}}$

Подставив все в уравнение получим, что:

$$m_{\text{ост}} = 0,15 * 100 - 5,56 * \frac{152}{278} = 11,96 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{новая}} = \frac{m_{\text{ост}}}{m_{\text{раствора}} - m_{\text{осадка}}} * 100\% = \frac{11,96}{100 - 5,56} = 12,7\%$$

Критерии оценивания

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. За рассуждение по поводу молярных масс веществ | 1 балл |
| За выражение для массы | 2 балла |
| За выражение для массовой доли | 3 балла |
| За численный ответ | 2 балла |
| 2. За каждое уравнение мат. баланса | по 3 балла (6 в сумме) |
| За численный ответ | 1 балл |
| 3. За верную идею решения | 4 балла |
| За численный ответ | 1 балл |

(Примечание: если ученик использовал другой подход/путь решения, который привел к правильному ответу, такое решение следует оценивать полным баллом за каждый пункт)

Итого **20 баллов**

Задача 6

Подставляем значения в уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{К})} \cdot (25 + 273,15) \text{ К}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 2478819,1 \text{ Па} = 2,479 \text{ МПа}$$

Подставляем значения в уравнение Дитеричи:

$$p = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \frac{a \nu^2}{V^3}$$

$$p = \frac{\nu RT}{V - \nu b} - \frac{a \nu^2}{V^3} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{К})} (25 + 273,15) \text{ К}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 1 \text{ моль} \cdot 2,37 \cdot 10^{-5}} - \frac{3,457 \cdot 10^{-3} \cdot (1 \text{ моль})^2}{(1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3)^3} = 2538647,5 \text{ Па} = 2,539 \text{ МПа}$$

Подставляем значения в уравнение Ван-дер-Ваальса:

$$\left(p + \frac{av^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{v} - b\right) = RT$$

$$p = \frac{RT}{\left(\frac{V}{v} - b\right)} - \frac{av^2}{V^2} = \frac{8,314 \frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot (25^\circ\text{C} + 273,15) \text{ К}}}{\frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{1 \text{ моль}} - 2,37 \cdot 10^{-5}} - \frac{3,457 \cdot 10^{-3} \cdot (1 \text{ моль})^2}{(1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3)^2}$$

$$= 2535536,2 = 2,536 \text{ МПа}$$

Уравнение Ван-дер-Ваальса визуально напоминает уравнение Менделеева-Клапейрона. На самом деле это оно и есть, просто с поправками на взаимодействие молекул. Левая часть уравнения должна быть той же размерности, что и в уравнении состояния идеального газа. Также стоит заметить, что вычитать и складывать мы можем только величины одинаковой размерности: было бы странно если бы мы из массы мы вычитали силу тока, правда? Отсюда следует, что слагаемое $\frac{av^2}{V^2}$ имеет размерность давления [Па], значит слагаемое a имеет размерность [Па·(м³)²/моль²], слагаемое b – размерность молярного объёма [м³/моль].

Для более наглядного объяснения давайте примем большой объём за бесконечность и подставим в уравнение Ван-дер-Ваальса:

$$\left(p + \frac{av^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{v} - b\right) = RT$$

$$\left(p + \frac{av^2}{\infty^2}\right)\left(\frac{\infty}{v} - b\right) = RT$$

Если мы сравнительно небольшое число разделим на бесконечность, то получим очень маленькое число, настолько маленькое, что его условно можно принять за 0, также если из бесконечно большого числа вычитать что-то измеримое, то бесконечно большое число “не почувствует” математической операции и останется таким же бесконечно большим. Перепишем уравнение с учётом вышеуказанных фактов и вернём букву V на место:

$$(p + 0)\left(\frac{V}{v} - 0\right) = RT$$

$$p \frac{V}{v} = RT$$

$$pV = vRT$$

Таким образом, при больших объёмах значения поправочных коэффициентов на взаимодействие частиц теряют смысл, ведь при больших объёмах частицы взаимодействовать не будут. Самым оптимальным уравнением является уравнение состояние идеального газа (Менделеева-Клапейрона).

Критерии оценивания:

- | | |
|--|---------------------|
| 1. Расчет давления по трем уравнениям | по 3 балла |
| 2. Верные размерности коэффициентов | по 3,5 балла |
| 3. Верный и мотивированный выбор уравнения | 4 балла |
| Итого | 20 баллов |