

9 класс

1. В колбу, снабженную газоотводной трубкой, помещен 25% раствор вещества X, имеющего резкий характерный запах. В еще одну такую же колбу поместили концентрированный раствор соляной кислоты. Концы обеих газоотводных трубок опустили в пустую третью колбу, в результате наблюдали образование в ней «белого дыма» (реакция 1).

Если к 100г исходного раствора вещества X прилить раствор хлорида магния, то образуется белый осадок Y (реакция 2).

При взаимодействии второго продукта описанной выше реакции с раствором нитрата серебра образуется белое творожистое вещество Z (реакция 3).

1. Определите вещества X, Y, Z, обоснуйте свой ответ.
2. Напишите уравнения 1-3.
3. Определите массу осадков X и Y. Определите массовую долю элементов в веществе X. Округлите ответ до целых значений.

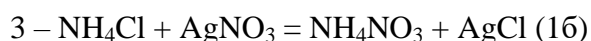
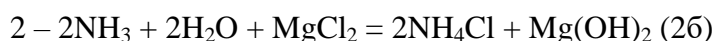
(15 баллов)

Решение

1. X – NH₃ – вещество с резким характерным запахом, взаимодействие с парами хлороводора приводит к образованию «дыма» хлорида аммония в мелкокристаллическом состоянии. (2б)

Y – Mg(OH)₂ – гидроксид магния, образуется при взаимодействии растворимой соли магния с раствором аммиака, обладающего основными свойствами. (1б)

Z – AgCl - белый творожистый осадок, качественная реакция на хлорид ионы. (2б)



3. Масса вещества NH₃ находится по формуле $m_{\text{в-ва}} = m_{\text{р-ра}} \cdot w_{\text{в-ва}} / 100\%$:

$$m(\text{NH}_3) = 100\text{г} \cdot 25\% / 100\% = 25\text{г}$$

Количество вещества NH₃ находится по формуле $\nu = m/M$:

$$\nu(\text{NH}_3) = 25\text{г} / 17\text{г/моль} = 1,47 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Mg(OH)}_2) = 1/2 \nu(\text{NH}_3) = 1,47 \text{ моль} / 2 = 0,735 \text{ моль}$$

$$m(\text{Mg(OH)}_2) = M \cdot \nu = 58 \text{ г/моль} \cdot 0,735 \text{ моль} = 42,63 \text{ г} = 43\text{г}. \quad (2\text{б})$$

Аналогично $\nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = \nu(\text{NH}_3) = 1,47 \text{ моль}$

$$\nu(\text{AgCl}) = \nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,47 \text{ моль}$$

$$m(\text{AgCl}) = M \cdot \nu = 143,5 \text{ г/моль} \cdot 1,47 \text{ моль} = 211 \text{ г}. \quad (2\text{б})$$

$$M(\text{NH}_3) = 17\text{г/моль}; w_{\text{элемента}} = (M_{\text{элемента}} / M_{\text{вещества}}) \cdot 100\%$$

$$w(\text{N}) = (14\text{г/моль} / 17\text{г/моль}) \cdot 100\% = 82\%;$$

$$w(\text{H}) = (3\text{г/моль} / 17\text{г/моль}) * 100\% = 18\%$$

$$\text{или } w(\text{H}) = 100\% - 82\% = 18\% (16)$$

2. В состав подушек безопасности входит смесь реагентов **А**, **Б** и **В**. При аварии эти вещества взаимодействуют и за 40 миллисекунд образуется газ **Х**, который из себя представляет простое соединение. Плотность газа **Х** при нормальных условиях составляет 1,146 г/л. **А** - бинарное соединение, в состав которого входит элемент, из которого состоит газ **Х** и щелочной металл. Массовая доля анионной части в веществе **А** составляет 64,6%. Вещество **Б** в быту называют индийской селитрой, а массовая доля катиона составляет 38,7%. Вещество **В** - бинарное соединение, которое является основным компонентом таких минералов как кварц, тридимит, коэсит.

Вычислите вещества **А**, **Б**, **В**, **Х**, напишите к какому классу соединений относится вещество **А** и напишите реакцию образования газа **Х**.

(15 баллов)

Решение

1. (2 балла)

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad (1)$$

$$M = \frac{RT}{P} = \frac{1,146 \cdot 8,314 \cdot 298}{101,325} = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Х газ} - \text{N}_2$$

2. (3 балла)

Соединение **А** можно представить в виде R_xN_y , где **R** – щелочной металл.

$$\omega(Nx) = \frac{14 \cdot y}{14 \cdot y + R \cdot x} = 0,646 \quad (2)$$

$$R = 7,672 \frac{y}{x} \quad (3)$$

Подбирая соотношение y/x , выяснилось, что соотношение $y/x=3$ удовлетворяет уравнению (3):

$$R = 7,672 \frac{y}{x} = 7,672 \cdot 3 = 23 \text{ г/моль. Соответственно R – натрий, а соединение А – NaN}_3.$$

3. (3 балла)

Соединение **Б** – нитрат $R(NO_3)_x$, в котором массовая доля катиона составляет 38,7%.

$$\omega(R) = \frac{R}{R+62x} = 0,387 \quad (4)$$

$R = 39,1x$. При $x=1$, $M(R)=39,1$ г/моль, соответственно **R** - калий. Соединение **Б** – KNO_3 .

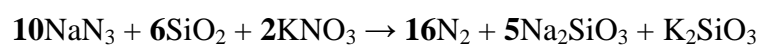
4. (3 балла)

Соединение **С** – оксид кремния(IV) - SiO_2 .

5. (2 балла)

Соединение А относится к **азидам**.

6. (2 балла)



3. При растворении смеси сульфида цинка и сульфида алюминия в воде выделилось 10 л (н.у.) газа. При обработке этой же смеси разбавленной серной кислотой выделится 25 л (н.у.) газа. Найти массовые доли сульфида цинка и сульфида алюминия в исходной смеси.

(10 баллов)

Решение

1. $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$ (1), ZnS – не растворяется в воде **2 балла**

2. $\text{ZnS} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{разб.} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ (2) **1 балл**

$\text{Al}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4\text{разб.} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$ (3) **1 балл**

3. По первому уравнению:

$$v_1(\text{H}_2\text{S}) = V(\text{H}_2\text{S})/V_m = 10\text{л}/22,4\text{л/моль} = 0,45 \text{ моль } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

$$v(\text{Al}_2\text{S}_3) = v_1(\text{H}_2\text{S})/3 = 0,15 \text{ моль } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) = v(\text{Al}_2\text{S}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,15 \text{ моль} \cdot 150,16 \text{ г/моль} = 22,52 \text{ г } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

4. По второму уравнению:

$$v_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{S}) = V(\text{H}_2\text{S})/V_m = 25\text{л}/22,4\text{л/моль} = 1,12 \text{ моль } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

$$v_2(\text{H}_2\text{S}) = v_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{S}) - v_1(\text{H}_2\text{S}) = 1,12 - 0,45 = 0,67 \text{ моль } \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$v(\text{ZnS}) = v_2(\text{H}_2\text{S}) = 0,67 \text{ моль } \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$m(\text{ZnS}) = v(\text{ZnS}) \cdot M(\text{ZnS}) = 0,67 \text{ моль} \cdot 97,47 \text{ г/моль} = 65,30 \text{ г } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

$$5. m_{\text{смеси}} = m(\text{Al}_2\text{S}_3) + m(\text{ZnS}) = 22,52 + 65,30 = 87,82 \text{ г } \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

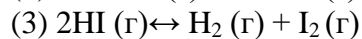
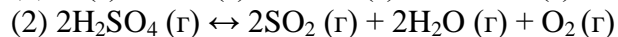
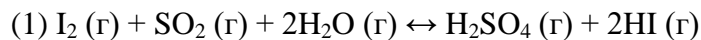
$$\omega(\text{Al}_2\text{S}_3) = m(\text{Al}_2\text{S}_3)/m_{\text{смеси}} \cdot 100\% = 22,52\text{г} / 87,82\text{г} \cdot 100\% = 25,64\% \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

$$\omega(\text{ZnS}) = m(\text{ZnS})/m_{\text{смеси}} \cdot 100\% = 65,30\text{г} / 87,82\text{г} \cdot 100\% = 74,36\% \mathbf{0,5 \text{ балл}}$$

Ответ: 25,64% и 74,36%

4. Ежедневные колебания в потреблении и производстве энергии из возобновляемых источников приводят к необходимости хранения энергии. Энергия может храниться химически, используя цикл серы и йода. Цикл также был предложен как средство получения водородного топлива более эффективно, чем путем электролиза.

При высокой температуре цикл серо-йод включает три газофазных равновесия:



А) Используйте данные таблицы и уравнения, чтобы ответить на следующие вопросы для реакции (3).

(а) Рассчитайте стандартное изменение энтальпии при 298 К, $\Delta_r H$.

(б) Рассчитайте стандартное изменение энтропии при 298 К, $\Delta_r S$.

(в) Рассчитайте стандартное изменение энергии Гиббса при 298 К, $\Delta_r G$.

(г) Рассчитайте константу равновесия К при 298 К.

(д) Рассчитайте константу равновесия К при 723 К.

Предположим, что $\Delta_r H$ и $\Delta_r S$ не зависят от температуры.

| Соединение | HI (г) | H ₂ (г) | I ₂ (г) | H ₂ O (г) |
|-------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|
| $\Delta_f H$, кДж/моль | 26,5 | | 62,4 | -242 |
| S, Дж/К·моль | 207 | 131 | 261 | 189 |

Б) Предполагая, что все продукты реакции (1) расходуются в реакциях (2) и (3) написать общее уравнение серо-йодного цикла.

В) Стандартное изменение энтальпии реакции при 298 К для реакции (2) составляет +439 кДж/моль. Используйте значение $\Delta_f H$ (298 К) для H₂O (г) в таблице, чтобы рассчитать стандартное изменение энтальпии реакции при 298 К для реакции (1).

Г) Сколько энергии на один моль атомов серы при 298 К сохраняется за один оборот вокруг серо-йодного цикла?

(10 баллов)

Решение:

А) (а) $\Delta_f H = \Delta_f H (\text{I}_2) - 2 \Delta_f H (\text{HI}) = 62,4 - 2 \cdot 26,5 = 9,4$ кДж/моль (1 балл)

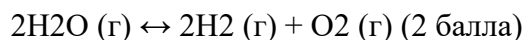
(б) $\Delta_r S = 131 + 261 - 2 \cdot 207 = -22$ Дж/К·моль (1 балл)

(в) $\Delta G_{298} = 9,4 - (298 \cdot (-0,022)) = 15,956$ кДж/моль (1 балл)

(г) $K = \exp(15956 / (8,314 \cdot 298)) = 1,6 \cdot 10^3$ (1 балл)

(д) $\Delta G_{723} = 9,4 - (723 \cdot (-0,022)) = 25,3$ кДж/моль (1 балл)

Б) Это упрощается до следующей реакции:



В) $2 \Delta_f H(1) + \Delta_f H(2) + 2 \Delta_f H(3) = -2 \Delta_f H(\text{H}_2\text{O})$

$$2 \Delta_f H(1) + 439 + 2 \cdot 9,4 = 484$$

$$\Delta_f H(1) = 13 \text{ кДж/моль} \quad (2 \text{ балла})$$

Г) 242 кДж (1 балл).

Итого: 10 баллов