

Решение интернет тура химической олимпиады КГМУ-2018

Задание 1. Чему равна средняя молярная масса смеси водорода и азота с равными массовыми долями? Определите массу 50 л этой смеси при температуре 25°C и нормальном давлении. (5 баллов)

Решение.

Пусть смесь содержит x г H_2 и x г N_2 , тогда масса смеси $m = 2x$, а количество вещества в ней составляет $\nu = \frac{x}{2} + \frac{x}{28}$. Средняя молярная масса смеси равна

$$M = \frac{m}{\nu} = \frac{2x}{\frac{x}{2} + \frac{x}{28}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 28}{2 + 28} = 3.73 \text{ г/моль.}$$

Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, $m = \frac{pVM}{RT} = \frac{101.3 \cdot 50 \cdot 3.73}{8.31 \cdot 298} = 7.65 \text{ г.}$

Ответ: 3.73 г/моль, 7.65 г.

Определение молярной массы – 3 балла

Расчет массы – 2 балла

Итого 5 баллов

Задание 2. В соединении PYX_3 массовая доля фосфора составляет 30.39%, а в соединении $-PY_3X_4$ – 18.90%. Установите формулы веществ. (6 баллов)

Решение.

Чтобы определить неизвестные элементы, выразим массовые доли фосфора в двух соединениях.

В веществе PYX_3 $\omega(P) = 0.3039 = \frac{31}{3M_X + M_Y + 31}$, в веществе PY_3X_4 $\omega(P) = 0.1890 = \frac{31}{4M_X + 3M_Y + 31}$.

Решая эти два уравнения, получаем $M_X = 16$ г/моль (X – кислород), $M_Y = 23$ г/моль (Y – натрий).

Ответ: $NaPO_3$ и Na_3PO_4 .

Массовые доли фосфора в соединениях – 4 балла

Решение системы уравнений – 2 балла

Итого 6 баллов

Задание 3.

Рассчитайте тепловой эффект (ΔH°_r) реакции $CH_4(g) + Cl_2(g) = CH_3Cl(g) + HCl(g)$ при 25°C, если известны теплоты сгорания метана ($\Delta H^\circ_c(CH_4) = -890,6$ кДж/моль), хлорметана ($\Delta H^\circ_c(CH_3Cl) = -689,8$ кДж/моль), водорода ($\Delta H^\circ_c(H_2) = -285,8$ кДж/моль) и теплота образования HCl ($\Delta H^\circ_f(HCl) = -92,3$ кДж/моль). Выделяется или поглощается теплота в результате протекания данной реакции?

Решение

1. Записываем реакции сгорания метана, хлорметана, водорода и реакцию образования хлороводорода:

1) $CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g)$; $\Delta H^\circ_c(CH_4) = -890,6$ кДж/моль

2) $CH_3Cl(g) + 1,5O_2(g) = CO_2(g) + H_2O(g) + HCl$; $\Delta H^\circ_c(CH_3Cl) = -689,8$ кДж/моль

3) $H_2 + 0,5O_2 = H_2O$; $\Delta H^\circ_c(H_2) = -285,8$ кДж/моль

4) $0,5H_2 + 0,5Cl_2 = HCl$; $\Delta H^\circ_f(HCl) = -92,3$ кДж/моль

2. Используя закон Гесса, комбинируем тепловой эффект заданной реакции



из тепловых эффектов четырех представленных:

$$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_c(CH_4) + \Delta H^\circ_f(HCl) \cdot 2 - \Delta H^\circ_c(CH_3Cl) - \Delta H^\circ_c(H_2) = -890,6 + (-92,3) \cdot 2 - (-689,8) - (-285,8) = -99,6 \text{ кДж/моль}$$

Ответ. $\Delta H^{\circ}_r = -99,6$ кДж/моль
Теплота выделяется

9 баллов
1 балл

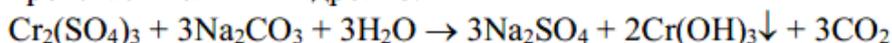
Всего 10 баллов

Задание 4.

К 7%-ному раствору сульфата хрома (III) постепенно добавили равную массу раствора карбоната натрия. Смесь, образовавшуюся после реакции, отфильтровали и получили раствор, содержащий две соли с одинаковыми анионами и равными массовыми долями. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном фильтрате и массовую долю карбоната натрия в исходном растворе.

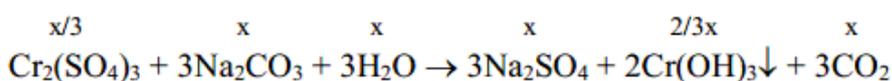
Решение

При взаимодействии сульфата хрома (III) и карбоната натрия в растворе протекает полный гидролиз:



Соли с одинаковыми анионами, которые могут содержаться в растворе: сульфат хрома (III) и сульфат натрия. Сульфат хрома (III) находился в избытке по отношению к карбонату натрия.

Пусть x – количество карбоната натрия, вступившего в реакцию, тогда количества веществ, вступивших и образовавшихся в данной реакции будут следующими:



Так как в конечном растворе $\omega(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4)$, то и $m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4)$.

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142x \text{ г}$$

$$M(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 392 \text{ г/моль}$$

Пусть y – масса исходного раствора $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$.

$$m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,07y - x/3 \cdot 392$$

$$142x = 0,07y - x/3 \cdot 392$$

$$0,07y = 142x + x/3 \cdot 392 = 272,67x$$

$$y = 3895,24x$$

$$\begin{aligned} \text{Масса фильтрата равна: } 2y - m(\text{Cr}(\text{OH})_3) - m(\text{CO}_2) &= 2y - 2/3x \cdot 103 - x \cdot 44 = \\ 2y - 112,67x &= 2 \cdot 3895,24x - 112,67x = 7677,81x. \end{aligned}$$

$$\omega(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = (m(\text{Na}_2\text{SO}_4)/m_{\text{фильтрата}}) \cdot 100\% = (142x/7677,81x) \cdot 100\% = 1,84\%;$$

Находим массовую долю карбоната натрия в исходном растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (m(\text{Na}_2\text{CO}_3)/y) \cdot 100\% = (106x/3895,24x) \cdot 100\% = 2,72\%.$$

Разбалловка.

Составление уравнения полного гидролиза

4 балла

Определение массовых долей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и Na_2SO_4

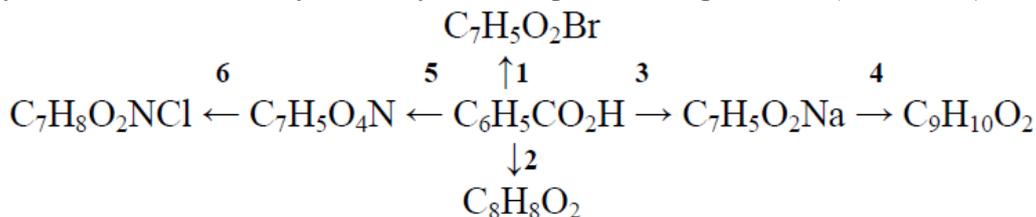
3 балла

Определение массовой доли Na_2CO_3

3 балла

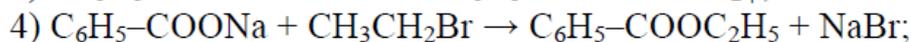
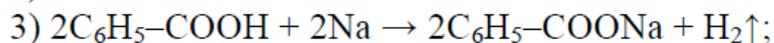
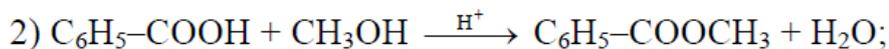
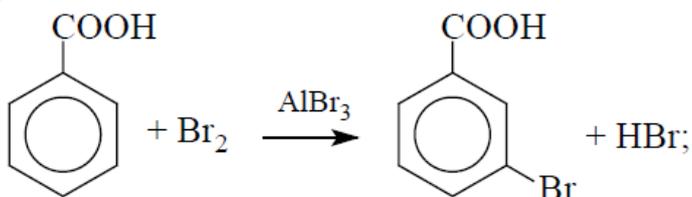
Всего 10 баллов

Задание 7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений. Дайте название полученным веществам, укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

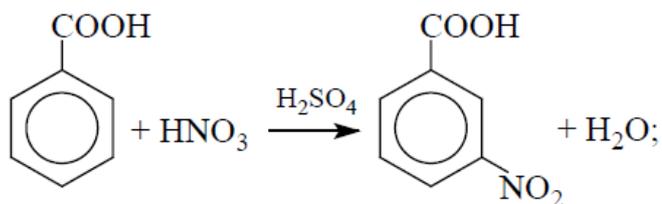


Решение.

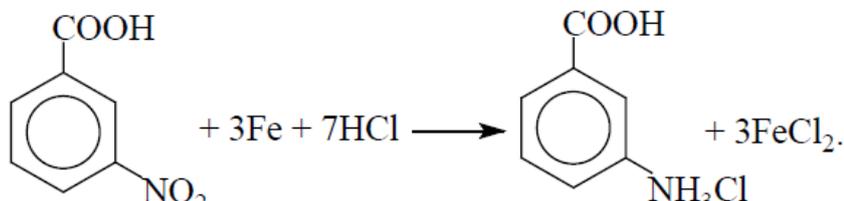
1)



5)



6)



За реакцию - 1 балл

За название вещества - 1 балл

Итого 12 баллов

Задание 8.

К 80 мл некоторого газообразного углеводорода, взятого при температуре 0°C, добавили 500 мл кислорода и подожгли. После окончания реакции и приведения газов к первоначальным условиям объем их составил 340 мл, а после пропускания через раствор гидроксида калия - 100 мл. Оставшийся газ поддерживал горение. Установите формулу исходного углеводорода.

Решение.

1. Поскольку оставшийся после реакции газ поддерживал горение, то это кислород, и, следовательно, в исходной смеси он <i>был взят в избытке</i> .	1 б
2. Составим уравнение протекающей реакции горения: $\text{C}_x\text{H}_y + (x+y/4)\text{O}_2 = x\text{CO}_2 + y/2\text{H}_2\text{O}$	2 б
3. После окончания реакции и охлаждения состав конечной газовой смеси: CO_2 и O_2 .	1 б
4. Образовавшийся CO_2 поглощается гидроксидом калия в соответствии с уравнением реакции: $\text{CO}_2 + 2\text{KOH}_{(\text{изб.})} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 б

5. Поскольку весь CO_2 поглотился щелочью, то объем образовавшегося в реакции CO_2 составляет: $340 - 100 = 240$ мл.	1 б
6. По уравнению реакции горения найдем коэффициент перед CO_2 : $\frac{80}{1} = \frac{240}{x} \Rightarrow x = 3$	2 б
7. Объем израсходованного в реакции кислорода составляет: $500 \text{ мл} - 100 \text{ мл} = 400 \text{ мл}$.	1 б
8. По уравнению реакции горения найдем коэффициент перед O_2 : $\frac{80}{1} = \frac{400}{z} \Rightarrow z = 5$ Т.к. по уравнению реакции $z = x + y/4$, то можно найти y : $5 = 3 + y/4 \Rightarrow y = 8$.	2 б
9. Исходное вещество имеет состав C_3H_8 – пропан.	1 б
Итого:	10 б