

Олимпиада школьников «Покори Воробьёвы горы!»

по химии

Очный тур – 2012 год

РОСТОВ

Вариант 11

1. Рассчитайте массу семи атомов фосфора.

Решение:

$$m = 7 \cdot \frac{M(\text{P})}{N_A} = 7 \cdot \frac{31}{6.02 \cdot 10^{23}} = 3.60 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

Ответ: $3.60 \cdot 10^{-22}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 15 об. % азота, 5 об. % оксида углерода (II) и неона. Рассчитайте среднюю молярную массу смеси газов.

Решение:

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.15 \cdot 28 + 0.05 \cdot 28 + 0.80 \cdot 20 = 21.6 \text{ г/моль.}$$

Ответ: 21.6 г/моль.

3. Смешали 10 мл раствора K_3PO_4 (концентрация 0.2 моль/л) с 40 мл раствора K_2SiO_3 (концентрация 0.1 моль/л) и 50 мл раствора KCl (концентрация 0.2 моль/л) и 400 мл воды. Определите молярную концентрацию ионов K^+ в полученном растворе.

Решение:

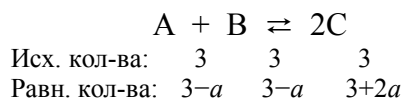
$$C(\text{K}^+) = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot 3 + V_2 \cdot C_2 \cdot 2 + V_3 \cdot C_3}{V_1 + V_2 + V_3 + 400} = \frac{10 \cdot 0.2 \cdot 3 + 40 \cdot 0.1 \cdot 2 + 50 \cdot 0.2}{10 + 40 + 50 + 400} = 0.048 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.048 моль/л.

4. Смешали по 3 моль веществ А, В и С. После установления равновесия $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ в системе обнаружили 4.5 моль вещества С. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении веществ А, В и С в мольном соотношении 2 : 3 : 1 при той же температуре.

Решение:

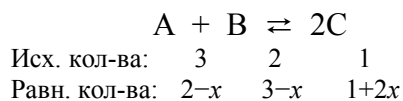
В первом случае:



По условию $\nu(\text{C}) = (3 + 2a) = 4.5$, откуда $a = 0.75$.

$$\text{Константа равновесия равна: } K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{(3+2a)^2}{(3-a) \cdot (3-a)} = \frac{4.5^2}{2.25 \cdot 2.25} = 4.0.$$

Во втором случае:



$$\text{Константа равновесия равна: } K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{(1+2x)^2}{(2-x) \cdot (3-x)} = 4.0, \text{ откуда } x = 0.958.$$

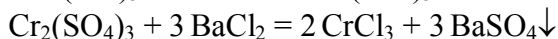
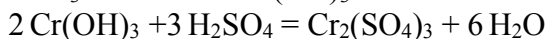
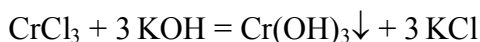
$$\varphi(\text{A}) = \frac{(2-x)}{6} = 17.4 \%, \quad \varphi(\text{B}) = \frac{(3-x)}{6} = 34.0 \%, \quad \varphi(\text{C}) = \frac{(1+2x)}{6} = 48.6 \%.$$

Ответ: $\varphi(\text{A}) = 17.4 \%$, $\varphi(\text{B}) = 34.0 \%$, $\varphi(\text{C}) = 48.6 \%$.

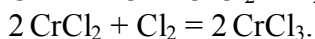
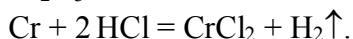
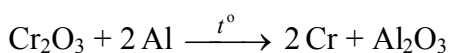
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений: $\text{CrCl}_3 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{CrCl}_3$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

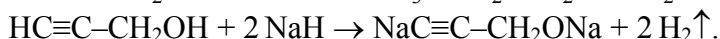
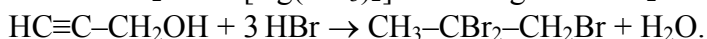
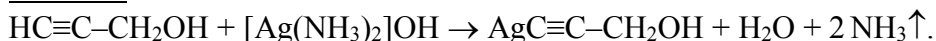


Окислительно-восстановительные:



6. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра. X реагирует также с бромоводородом, давая $\text{C}_3\text{H}_5\text{Br}_3$, а с гидридом натрия дает $\text{C}_3\text{H}_2\text{ONa}_2$. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций.

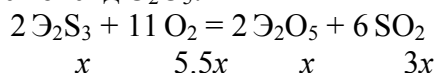
Решение:



7. Сульфид неметалла $\text{Э}_2\text{S}_3$ массой 31.6 г (неметалл проявляет в своих соединениях степени окисления +3 и +5) поместили в замкнутый реактор, содержащий 1.5 моль кислорода, и подожгли. После окончания процесса давление газов при неизменной температуре уменьшилось в 1.5 раза по сравнению с начальным. Установите формулу твердого оксида, образовавшегося при сгорании, а также формулу и количество вещества, полученного при последующем растворении этого оксида в избытке раствора гидроксида натрия.

Решение:

При сгорании $\text{Э}_2\text{S}_3$ образуется оксид $\text{Э}_2\text{O}_5$:



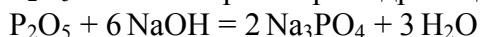
Пусть $\nu(\text{Э}_2\text{S}) = x$ моль, тогда после реакции в газовой смеси останется $(1.5 - 5.5x)$ моль O_2 и образуется $3x$ моль SO_2 . Давление уменьшилось в 1.5 раза из-за уменьшения количества газов:

$$\frac{p_1}{p_2} = 1.5 = \frac{1.5}{1.5 - 5.5x + 3x},$$

откуда $x = 0.2$. Молярная масса сульфида $M(\text{Э}_2\text{S}) = 31.6 / 0.2 = 158$ г/моль.

Тогда молярная масса элемента $M(\text{Э}) = (158 - 3 \cdot 32) / 2 = 31$ г/моль. Это фосфор, P.

При растворении 0.2 моль P_2O_5 в избытке раствора гидроксида натрия



образовалось 0.4 моль Na_3PO_4 .

Ответ: P_2O_5 , 0.4 моль Na_3PO_4 .

РОСТОВ

Вариант 2.

1. Рассчитайте массу шести молекул аммиака.

Решение:

$$m = 6 \cdot \frac{M(\text{NH}_3)}{N_A} = 6 \cdot \frac{17}{6.02 \cdot 10^{23}} = 1.69 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

Ответ: $1.69 \cdot 10^{-22}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 40 об. % оксида азота (IV), 50 об. % кислорода и газа X. Средняя молярная масса смеси газов равна 38.8 г/моль. Предложите формулу газа X, удовлетворяющую условию задачи.

Решение:

$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.40 \cdot 46 + 0.50 \cdot 32 + 0.1 \cdot M_3 = 38.8$ г/моль,
откуда $M_3 = 44$ г/моль. Газ – CO_2 , N_2O или C_3H_8 .

Ответ: CO_2 , N_2O или C_3H_8 .

3. Смешали 25 мл раствора NaCl с концентрацией 0.2 моль/л, 40 мл раствора Na_2CO_3 с концентрацией 0.2 моль/л, 50 мл раствора Na_3PO_4 с концентрацией 0.05 моль/л и 600 мл воды. Определите молярную концентрацию ионов Na^+ в полученном растворе.

Решение:

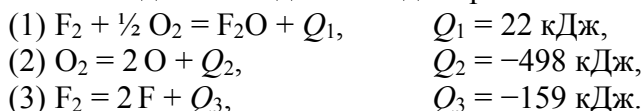
$$C(\text{Na}^+) = \frac{V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 \cdot 2 + V_3 \cdot C_3 \cdot 3}{V_1 + V_2 + V_3 + 400} = \frac{25 \cdot 0.2 + 40 \cdot 0.2 \cdot 2 + 50 \cdot 0.05 \cdot 3}{25 + 40 + 50 + 600} = 0.04 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.04 моль/л.

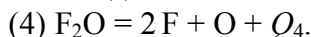
4. Теплота образования F_2O из простых веществ при стандартных условиях составляет 22 кДж/моль. Рассчитайте энергию связи O–F в молекуле фторида кислорода, если энергии связей в молекулах O_2 и F_2 составляет соответственно 498 и 159 кДж/моль.

Решение:

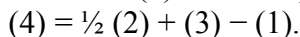
Запишем данные задачи в виде термохимических уравнений:



Необходимо найти теплоту реакции



Реакцию (4) можно представить как комбинацию трёх первых реакций, а именно:



Соответственно, теплота реакции (4) равна

$$Q_4 = \frac{1}{2} Q_2 + Q_3 - Q_1 = \frac{1}{2} \cdot (-498) - 159 - 22 = -430 \text{ кДж.}$$

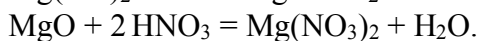
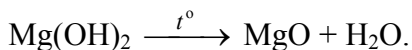
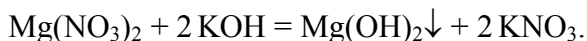
Отсюда энергия связи O–F равна $430 / 2 = 215$ кДж/моль.

Ответ: 215 кДж/моль.

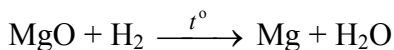
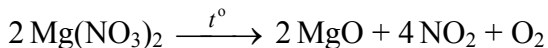
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

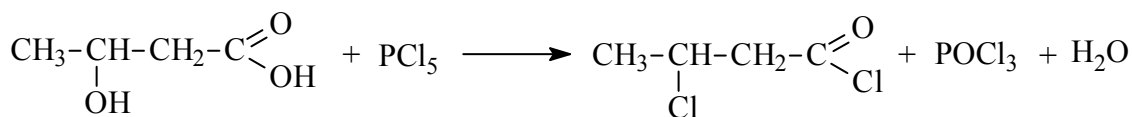
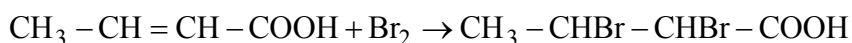
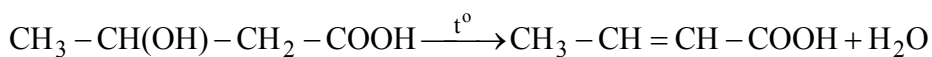
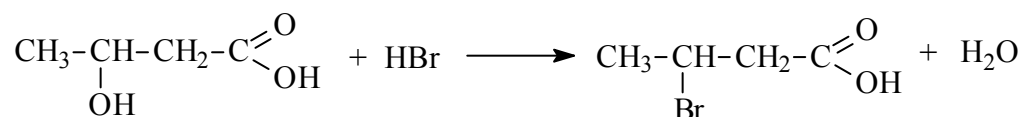


Окислительно-восстановительные:



6. Известное вещество X состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$ реагирует с бромоводородом с образованием $\text{C}_4\text{H}_7\text{BrO}_2$, а с хлоридом фосфора (V) с образованием $\text{C}_4\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}$. При нагревании X образуется соединение состава $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$, которое обесцвечивает раствор брома в тетрахлориде углерода. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций.

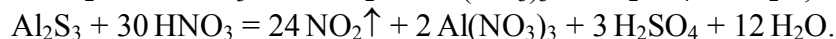
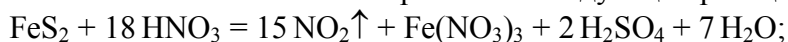
Решение:



7. К 42 г смеси пирита (FeS_2) и сульфида алюминия при нагревании добавили 605.5 мл 60 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.37 г/мл). Выделилось 148.7 л бурого газа (27 °С, 105.6 кПа). Раствор обработали избытком водного раствора гидроксида натрия. Рассчитайте массу образовавшегося осадка и массовые доли веществ в исходной смеси.

Решение:

При растворении смеси в азотной кислоте протекают следующие реакции:



Пусть $\nu(\text{FeS}_2) = x$ моль, $\nu(\text{Al}_2\text{S}_3) = y$ моль. Тогда масса смеси равна $120x + 150y = 42$.

Количество NO_2 равно

$$\nu(\text{NO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{105.6 \cdot 148.7}{8.31 \cdot 300} = 6.3 \text{ моль}.$$

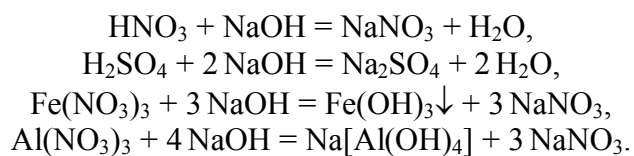
Количество HNO_3 равно

$$\nu(\text{HNO}_3) = \frac{605.5 \cdot 1.37 \cdot 0.6}{63} = 7.9 \text{ моль}.$$

Если предположить, что HNO_3 в избытке, то количество NO_2 определяется количеством сульфидов: $\nu(\text{NO}_2) = 15x + 24y = 6.3$.

Решая полученную систему двух уравнений, находим: $x = 0.1$, $y = 0.2$. Для растворения такого количества смеси требуется $18 \cdot 0.1 + 30 \cdot 0.2 = 7.8$ моль HNO_3 , так что 7.9 моль HNO_3 – действительно избыток.

При обработке полученного раствора избытком щёлочи протекают следующие реакции:



В осадке – только $\text{Fe}(\text{OH})_3$. $\nu(\text{Fe}(\text{OH})_3) = \nu(\text{FeS}_2) = 0.1$ моль. $m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0.1 \cdot 107 = 10.7$ г.

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$\omega(\text{FeS}_2) = 0.1 \cdot 120 / 42 = 28.6 \%$, $\omega(\text{Al}_2\text{S}_3) = 71.4 \%$.

Ответ: 10.7 г $\text{Fe}(\text{OH})_3$. $\omega(\text{FeS}_2) = 28.6 \%$, $\omega(\text{Al}_2\text{S}_3) = 71.4 \%$.