

Олимпиада школьников «Покори Воробьёвы горы!»

по химии

Очный тур – 2012 год

ТОМСК

Вариант 18

1. Рассчитайте массу одиннадцати молекул водорода.

Решение:

$$m = 11 \cdot \frac{M(\text{H}_2)}{N_A} = 11 \cdot \frac{2}{6.02 \cdot 10^{23}} = 3.65 \cdot 10^{-23} \text{ г.}$$

Ответ: $3.65 \cdot 10^{-23}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 25 об. % водорода, 20 об. % гелия и газа X. Средняя молярная масса смеси газов равна 10.1 г/моль. Предложите формулу газа X, удовлетворяющую условию задачи.

Решение:

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.25 \cdot 2 + 0.20 \cdot 4 + 0.55 \cdot M_3 = 19.56 \text{ г/моль,}$$

откуда $M_3 = 16$ г/моль. Газ – CH_4 .

Ответ: CH_4 .

3. Смешали 20 мл раствора хлорида аммония (концентрация 0.1 моль/л) с 30 мл раствора хлорида бария (концентрация 0.25 моль/л) и 45 мл раствора хлорида железа (III) (концентрация 0.05 моль/л) и 400 мл воды. Определите молярную концентрацию ионов Cl^- в полученном растворе.

Решение:

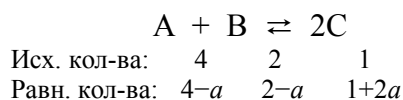
$$C(\text{Cl}^-) = \frac{V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 \cdot 2 + V_3 \cdot C_3 \cdot 3}{V_1 + V_2 + V_3 + 400} = \frac{20 \cdot 0.1 + 30 \cdot 0.25 \cdot 2 + 45 \cdot 0.05 \cdot 3}{20 + 30 + 45 + 400} = 0.048 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.048 моль/л.

4. Смешали 4 моль вещества A с 2 моль вещества B и 1 моль вещества C. После установления равновесия $A + B \rightleftharpoons 2C$ в системе обнаружили 3 моль вещества C. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении по 3 моль веществ A, B и C при той же температуре.

Решение:

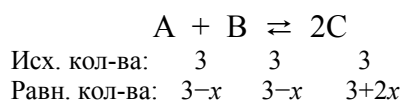
В первом случае:



По условию $\nu(C) = (1 + 2a) = 3$, откуда $a = 1$.

$$\text{Константа равновесия равна: } K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(1+2a)^2}{(4-a) \cdot (2-a)} = \frac{3^2}{3 \cdot 1} = 3.$$

Во втором случае:



$$\text{Константа равновесия равна: } K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(3+2x)^2}{(3-x) \cdot (3-x)} = 3, \text{ откуда } x = 0.588.$$

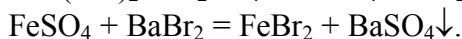
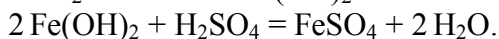
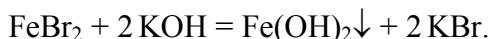
$$\varphi(A) = \frac{(3-x)}{9} = 26.8\%, \quad \varphi(B) = \frac{(3-x)}{9} = 26.8\%, \quad \varphi(C) = \frac{(3+2x)}{9} = 46.4\%.$$

Ответ: $\varphi(A) = 26.8\%$, $\varphi(B) = 26.8\%$, $\varphi(C) = 46.4\%$.

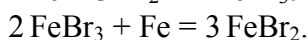
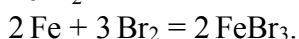
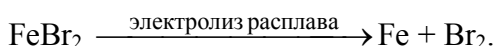
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений: $\text{FeBr}_2 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow \text{FeBr}_2$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

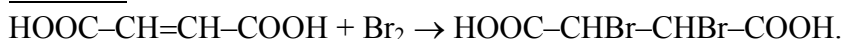


Окислительно-восстановительные:



6. Неизвестное вещество **X** состава $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ устойчиво при нагревании, обесцвечивает бромную воду и холодный раствор перманганата калия. Реакция **X** с насыщенным раствором гидрокарбоната натрия сопровождается выделением газа. Установите строение **X** и напишите уравнения упомянутых реакций.

Решение:

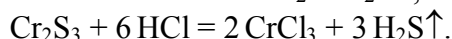
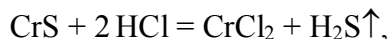


Транс-этилендикарбоновая кислота (фумаровая) устойчива при нагревании.

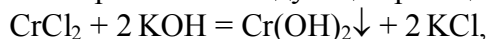
7. Смесь сульфидов хрома (II) и (III) общей массой 3.68 г. растворили в избытке соляной кислоты. К полученному раствору добавили избыток щёлочи и получили осадок, массой 1.72 г. Через фильтр пропустили углекислый газ до прекращения выделения осадка. Найдите массу второго осадка. Напишите уравнения реакций (все опыты проводили в инертной атмосфере).

Решение:

При растворении сульфидов хрома (II) и (III) в соляной кислоте образуются соответствующие хлориды:

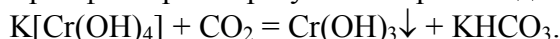


При действии избытка щёлочи протекают следующие реакции:



Таким образом, первый осадок – это Cr(OH)_2 , а в фильтрате содержатся KCl и $\text{K}[\text{Cr(OH)}_4]$.

При пропускании CO_2 через фильтрат образуется второй осадок – Cr(OH)_3 :



Количество CrS равно $\nu(\text{CrS}) = \nu(\text{Cr(OH)}_2) = 1.72 / 86 = 0.02$ моль.

Масса $m(\text{Cr}_2\text{S}_3) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{CrS}) = 3.68 - 0.02 \cdot 84 = 2.0$ г, а его количество $\nu(\text{Cr}_2\text{S}_3) = 2.0 / 200 = 0.01$ моль.

$\nu(\text{Cr(OH)}_3) = 2 \cdot \nu(\text{Cr}_2\text{S}_3) = 0.02$ моль.

Масса второго осадка равна: $m(\text{Cr(OH)}_3) = 0.02 \cdot 103 = 2.06$ г.

Ответ: 2.06 г Cr(OH)_3 .

Вариант 10

1. Рассчитайте массу пятнадцати молекул этилена.

Решение:

$$m = 15 \cdot \frac{M(\text{C}_2\text{H}_4)}{N_A} = 15 \cdot \frac{28}{6.02 \cdot 10^{23}} = 6.98 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

Ответ: $6.98 \cdot 10^{-22}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 10 об. % азота, 55 об. % ацетилен и газа X. Средняя молярная масса смеси газов равна 32.5 г/моль. Предложите формулу газа X, удовлетворяющую условию задачи.

Решение:

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.10 \cdot 28 + 0.55 \cdot 26 + 0.35 \cdot M_3 = 38.8 \text{ г/моль,}$$

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. К смеси 35 мл раствора CuSO_4 с концентрацией 0.1 моль/л, 75 мл раствора $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ с концентрацией 0.15 моль/л и 100 мл раствора Na_2SO_4 с концентрацией 0.2 моль/л добавили воды до объема 500 мл. Определите молярную концентрацию ионов SO_4^{2-} в полученном растворе.

Решение:

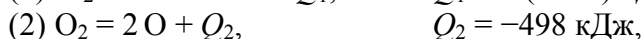
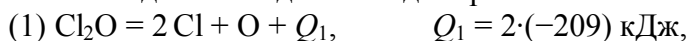
$$C(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{V_1 \cdot C_1 + 3 \cdot V_2 \cdot C_2 + V_3 \cdot C_3}{V} = \frac{35 \cdot 0.1 + 3 \cdot 75 \cdot 0.15 + 100 \cdot 0.2}{500} = 0.1145 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.1145 моль/л.

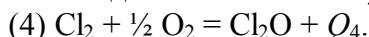
4. Энергия связи O–Cl в молекуле Cl_2O составляет 209 кДж/моль. Рассчитайте теплоту образования оксида хлора (I) из простых веществ при стандартных условиях, если энергии связи в молекулах O_2 и Cl_2 составляют, соответственно 498 и 242 кДж/моль.

Решение:

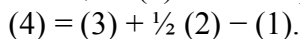
Запишем данные задачи в виде термохимических уравнений:



Необходимо найти теплоту реакции



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



Соответственно, теплота реакции (4) равна

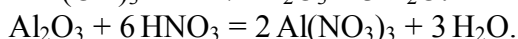
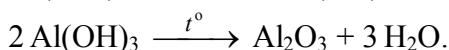
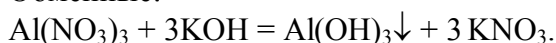
$$Q_4 = Q_3 + \frac{1}{2} Q_2 - Q_1 = -242 + \frac{1}{2} \cdot (-498) - 2 \cdot (-209) = -73 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -73 кДж/моль.

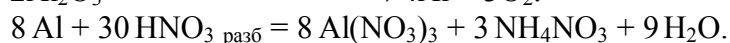
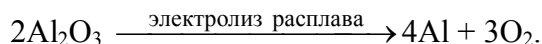
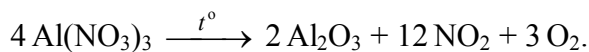
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений: $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

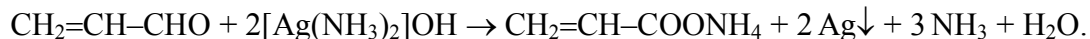
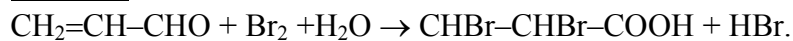


Окислительно-восстановительные:



6. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ обесцвечивает бромную воду и холодный раствор перманганата калия, дает реакцию серебряного зеркала. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций.

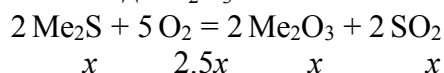
Решение:



7. Сульфид металла Me_2S массой 34.4 г (металл проявляет в своих соединениях степени окисления +1 и +3) поместили в замкнутый реактор, содержащий 0.6 моль кислорода, и подожгли. После окончания процесса давление газов при неизменной температуре уменьшилось в 2 раза по сравнению с начальным. Установите формулу исходного сульфида. Образовавшийся в результате сгорания газ пропущен через избыток тетрагидроксохромита натрия. Рассчитайте массу выпавшего при этом осадка.

Решение:

При сгорании Me_2S образуется оксид Me_2O_3 :



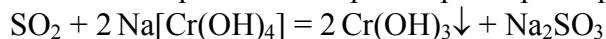
Пусть $\nu(\text{Me}_2\text{S}) = x$ моль, тогда после реакции в газовой смеси останется $(0.6 - 2.5x)$ моль O_2 и образуется x моль SO_2 . Давление уменьшилось в 2 раза за счёт уменьшения количества газов:

$$\frac{p_1}{p_2} = 2 = \frac{0.6}{0.6 - 2.5x + x},$$

откуда $x = 0.2$. Молярная масса сульфида $M(\text{Me}_2\text{S}) = 34.4 / 0.2 = 172$ г/моль.

Тогда молярная масса металла $M(\text{Me}) = (172 - 32) / 2 = 70$ г/моль. Это галлий, Ga.

При пропускании 0.2 моль SO_2 через избыток раствора тетрагидроксохромита натрия



образовалось 0.4 моль $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Масса осадка равна $m(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 0.4 \cdot 103 = 41.2$ г.

Ответ: Ga_2S , 41.2 г $\text{Cr}(\text{OH})_3$.