

Олимпиада школьников «Покори Воробьёвы горы!»

по химии

Очный тур – 2012 год

МОСКВА

Вариант 20

1. Рассчитайте массу пятидесяти молекул ксенона.

Решение:

$$m = 50 \cdot \frac{M(\text{Xe})}{N_A} = 50 \cdot \frac{131}{6.02 \cdot 10^{23}} = 1.09 \cdot 10^{-20} \text{ г.}$$

Ответ: $1.09 \cdot 10^{-20}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 25 об. % кислорода, 30 об. % этана и газа X. Средняя молярная масса смеси газов равна 36.8 г/моль. Предложите формулу газа X, удовлетворяющую условию задачи.

Решение:

$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.25 \cdot 32 + 0.30 \cdot 30 + 0.45 \cdot M_3 = 36.8$ г/моль,
откуда $M_3 = 44$ г/моль. Газ – CO₂, N₂O или C₃H₈.

Ответ: CO₂, N₂O или C₃H₈.

3. К смеси 35 мл раствора сульфата меди (II) с концентрацией 0.1 моль/л, 75 мл раствора сульфата алюминия с концентрацией 0.15 моль/л и 100 мл раствора сульфата натрия с концентрацией 0.2 моль/л добавили воды до объема 500 мл. Определите молярную концентрацию ионов SO₄²⁻ в полученном растворе.

Решение:

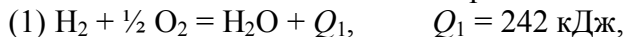
$$C(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{V_1 \cdot C_1 + 3 \cdot V_2 \cdot C_2 + V_3 \cdot C_3}{V} = \frac{35 \cdot 0.1 + 3 \cdot 75 \cdot 0.15 + 100 \cdot 0.2}{500} = 0.1145 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.1145 моль/л.

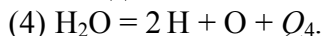
4. Теплота образования газообразной воды из простых веществ при стандартных условиях составляет 242 кДж/моль. Рассчитайте энергию связи O–H в молекуле воды, если энергии связей в молекулах H₂ и O₂ составляет 436 и 498 кДж/моль соответственно.

Решение:

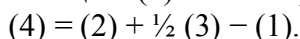
Запишем данные задачи в виде термохимических уравнений:



Необходимо найти теплоту реакции



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



Соответственно, теплота реакции (4) равна

$$Q_4 = Q_2 + \frac{1}{2} Q_3 - Q_1 = -436 + \frac{1}{2} \cdot (-498) - 242 = -925 \text{ кДж.}$$

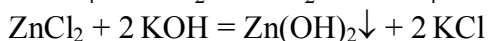
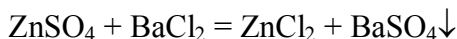
Отсюда энергия связи O–H равна $925 / 2 = 463.5$ кДж/моль.

Ответ: 463.5 кДж/моль.

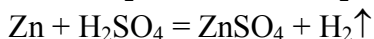
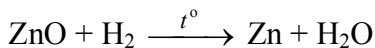
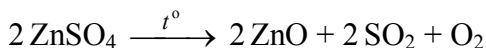
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений: $\text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{ZnSO}_4$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

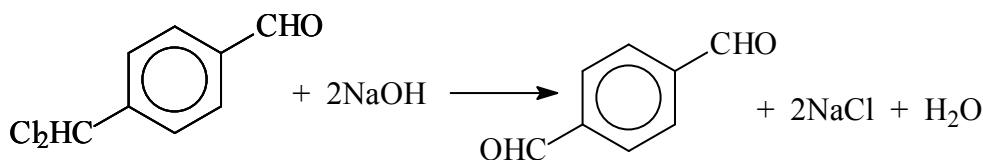
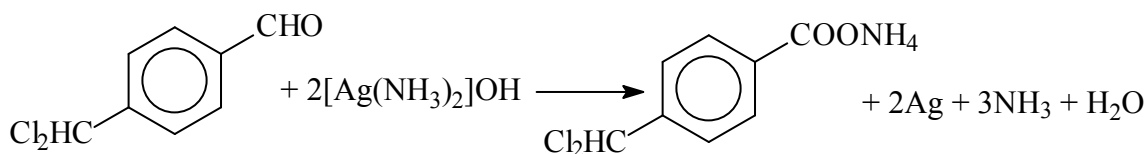
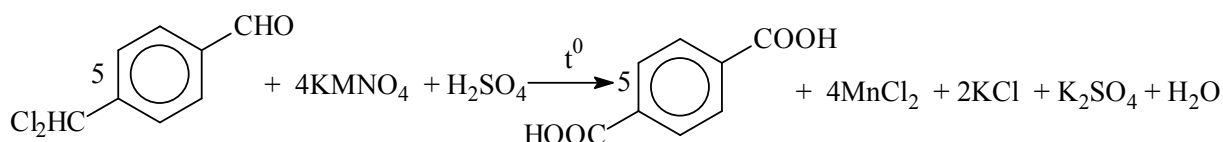


Окислительно-восстановительные:



6. Неизвестное вещество **X** состава $\text{C}_8\text{H}_6\text{OCl}_2$ обесцвечивает горячий подкисленный раствор перманганата калия, превращаясь в терефталевую (1,4-бензолдикарбоновую) кислоту. **X** взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра, под действием водного раствора гидроксида натрия превращается в $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_2$. Установите строение **X** и напишите уравнения упомянутых реакций.

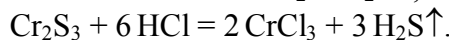
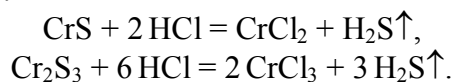
Решение:



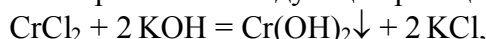
7. Смесь сульфидов хрома (II) и (III) общей массой 7.36 г. растворили в избытке соляной кислоты. К полученному раствору добавили избыток щелочи и получили осадок, массой 3.44 г. Через фильтрат пропустили углекислый газ до прекращения выделения осадка. Найдите массу второго осадка. Напишите уравнения реакций (все опыты проводили в инертной атмосфере).

Решение:

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

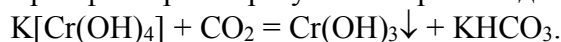


При действии избытка щёлочи протекают следующие реакции:



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 $\nu(\text{CrS}) = \nu(\text{Cr(OH)}_2) = 3.44 / 86 = 0.04$ моль.

Масса $m(\text{Cr}_2\text{S}_3) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{CrS}) = 7.36 - 0.04 \cdot 84 = 4.0$ г, а его количество

$$v(\text{Cr}_2\text{S}_3) = 4.0 / 200 = 0.02 \text{ моль.}$$

$$v(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 2 \cdot v(\text{Cr}_2\text{S}_3) = 0.04 \text{ моль.}$$

$$\text{Масса второго осадка равна: } m(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 0.04 \cdot 103 = 4.12 \text{ г.}$$

Ответ: 4.12 г $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

МОСКВА
Вариант 17

1. Рассчитайте массу тридцати атомов цинка.

Решение:

$$m = 30 \cdot \frac{M(\text{Zn})}{N_A} = 30 \cdot \frac{65.4}{6.02 \cdot 10^{23}} = 3.26 \cdot 10^{-21} \text{ г.}$$

Ответ: $3.26 \cdot 10^{-21}$ г.

2. Газовая смесь состоит из 20 об.% гелия, 55 об.% метана и водорода. Рассчитайте среднюю молярную массу смеси газов.

Решение:

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \varphi_3 \cdot M_3 = 0.20 \cdot 4 + 0.55 \cdot 16 + 0.25 \cdot 2 = 10.1 \text{ г/моль.}$$

Ответ: 10.1 г/моль.

3. Смешали 15 мл раствора ортофосфата натрия (концентрация 0.15 моль/л) с 25 мл раствора ортосиликата натрия (концентрация 0.5 моль/л) и 40 мл раствора бромиды натрия (концентрация 0.1 моль/л) и 400 мл воды. Определите молярную концентрацию ионов Na^+ в полученном растворе.

Решение:

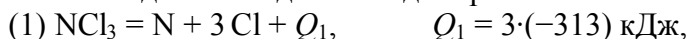
$$C(\text{Na}^+) = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot 3 + V_2 \cdot C_2 \cdot 4 + V_3 \cdot C_3}{V_1 + V_2 + V_3 + 400} = \frac{15 \cdot 0.15 \cdot 3 + 25 \cdot 0.5 \cdot 4 + 40 \cdot 0.1}{15 + 25 + 40 + 400} = 0.126 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.126 моль/л.

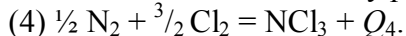
4. Энергия связи N–Cl в молекуле трихлорида азота равна 313 кДж/моль. Рассчитайте теплоту образования NCl_3 из простых веществ при стандартных условиях, если энергии связи в молекулах N_2 и Cl_2 составляют 945 и 242 кДж/моль, соответственно.

Решение:

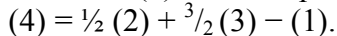
Запишем данные задачи в виде термохимических уравнений:



Необходимо найти теплоту реакции



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



Соответственно, теплота реакции (4) равна

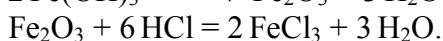
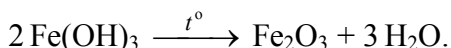
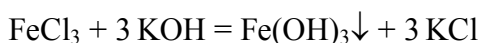
$$Q_4 = \frac{1}{2} Q_2 + \frac{3}{2} Q_3 - Q_1 = \frac{1}{2} \cdot (-945) + \frac{3}{2} \cdot (-242) - 3 \cdot (-313) = 103.5 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 103.5 кДж/моль.

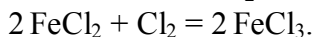
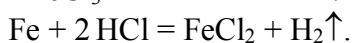
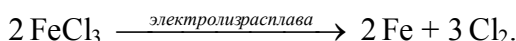
5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений $\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$. Рассмотрите два случая: 1) все реакции – обменные; 2) все реакции – окислительно-восстановительные.

Решение:

Обменные:

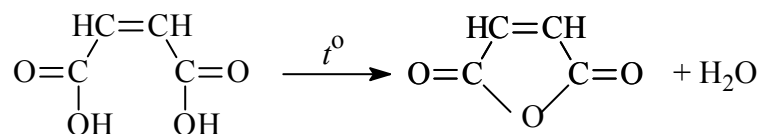
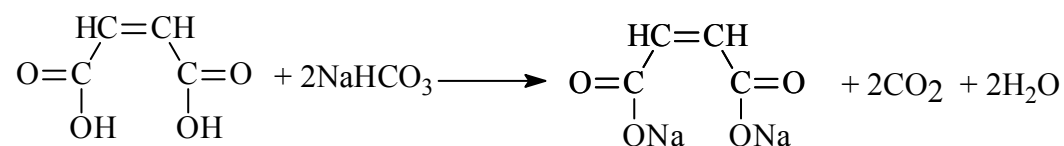
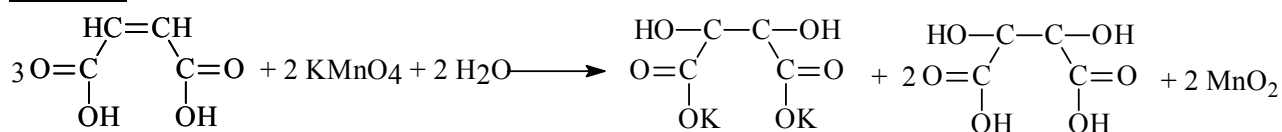


Окислительно-восстановительные:



6. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ обесцвечивает холодный раствор перманганата калия. Реакция X с насыщенным раствором гидрокарбоната натрия сопровождается выделением газа. При нагревании до 100°C X превращается в соединение состава $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций.

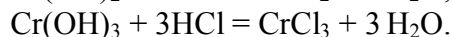
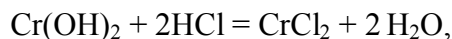
Решение:



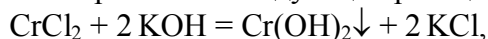
7. Смесь гидроксидов хрома (II) и (III) общей массой 2.92 г. растворили в избытке соляной кислоты. К полученному раствору добавили избыток щелочи и получили осадок, массой 0.86 г. Через фильтрат пропустили углекислый газ до прекращения выделения осадка. Найдите массу второго осадка. Напишите уравнения реакций (все опыты проводили в инертной атмосфере).

Решение:

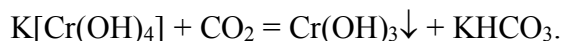
При растворении гидроксидов хрома (II) и (III) в соляной кислоте образуются соответствующие хлориды:



При действии избытка щелочи протекают следующие реакции:



Таким образом, первый осадок массой 0.86 г – это $\text{Cr}(\text{OH})_2$, а в фильтрате содержатся KCl и $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$. При пропускании CO_2 через фильтрат образуется второй осадок – $\text{Cr}(\text{OH})_3$:



Масса второго осадка равна: $m(\text{Cr}(\text{OH})_3) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{Cr}(\text{OH})_2) = 2.92 - 0.86 = 2.06$ г.

Ответ: 2.06 г $\text{Cr}(\text{OH})_3$.