

LXVIII МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

2011/2012 уч. год

10 класс

ЗАДАНИЯ

1. Какие из перечисленных веществ могут реагировать с газообразным хлором? Если реакция возможна, напишите ее уравнение и укажите условия протекания.

а) Fe, б) O₂, в) CaBr₂, г) KOH, д) C₂H₆, е) C₆H₆ ж) HF

2. При взаимодействии 2,61 г оксида неизвестного металла с избытком бромистоводородной кислоты было получено 6,45 г бромида металла и 4,8 г брома. Определите формулу исходного оксида. Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнение реакции.

3. Один литр газообразной смеси двух непредельных углеводородов при полном гидрировании может присоединить 1,8 литра водорода. При сгорании одного литра исходной смеси образуется 2,2 литра углекислого газа. Определите качественный и количественный состав смеси. Все объемы измерены при одинаковых условиях. Рассчитайте плотность исходной смеси по водороду.

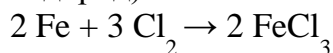
4. В трех одинаковых склянках объемом 1 литр находятся смеси газов (1 : 1 по объему) при н.у. Известно, что всего различных газов взято три, и в каждой склянке смесь двух из этих трех газов. Если опустить тлеющую лучинку в склянку 1, то она погаснет, в склянке 2 загорится, а при попытке опустить лучинку в склянку 3 происходит взрыв. Определите, какие газы находятся в каждой из склянок, если известно, что при пропускании содержимого склянки 1 или 2 через избыток раствора гидроксида кальция выпадает осадок массой 2,23 г, при этом плотность непоглощенного газа оказывается равной плотности исходной смеси.

5. Алкин **А** взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка. При реакции этого алкина с водой в присутствии соли ртути образуется вещество **Б**. Окисление вещества **Б** перманганатом калия при нагревании приводит к выделению углекислого газа и к образованию смеси пропионовой и уксусной кислот. Изобразите возможную структурную формулу исходного алкина и напишите уравнения упомянутых реакций.

6. При нагревании 5,52 г неорганического вещества **А** выделяется 0,672 л газа (н.у.) и остается твердое вещество **Б** массой 4,32 г. При пропускании газа через раствор гидроксида калия его объем уменьшается в три раза, а масса раствора KOH увеличивается на 0,88 г. Полученное вещество **Б** не растворяется в обычных кислотах, но растворяется в концентрированной азотной кислоте, при этом образуется соединение **В** и выделяется газ, который полностью поглощается раствором KOH, при этом масса раствора KOH увеличивается на 1,84 г. Вещество **В** в твердом виде разлагается при нагревании, давая снова вещество **Б**. Определите вещества **А–В** и напишите уравнения всех упомянутых реакций. Ответ подтвердите расчетами

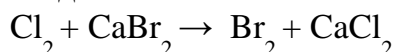
РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ

1. а) Так как хлор является сильным окислителем, при взаимодействии с железом хлор окисляет его до степени окисления +3 (а не +2, как соляная кислота, где окислителем служит водород):



б) $\text{Cl}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ реакция не идет.

в) Хлор является более сильным окислителем, чем бром, и «вытесняет» бром из его соединений:

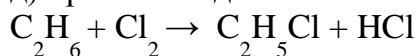


г) при пропускании в холодный раствор щелочи хлор диспропорционирует:

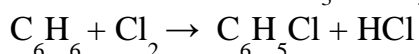


в горячем растворе реакция идет по-другому: $3 \text{Cl}_2 + 6 \text{KOH} \rightarrow 5 \text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

д) при взаимодействии алканов с хлором на свету идет реакция радикального замещения:



е) Взаимодействие с бензолом может идти двумя путями. В присутствии катализаторов — кислот Льюиса (FeCl_3 , AlCl_3) идет электрофильное замещение:



На свету же бензол присоединяет три молекулы хлора, образуя гексахлорциклогексан (инсектицид гексахлоран): $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$

ж) $\text{Cl}_2 + \text{HF} \rightarrow$ реакции нет.

2. Так как выделяется бром, произошла окислительно-восстановительная реакция.

4,8 г брома соответствует 0,03 моль.

Предположим формула бромида MBr_2 и его количество тоже 0,03 моль.

Тогда его молярная масса $6,45 : 0,03 = 215$, а молярная масса металла $215 - 160 = 55$.

Это соответствует марганцу. Тогда исходный оксид должен быть MnO_2 , и его должно быть

$(55 + 32) \times 0,03 = 2,62$, что соответствует условию.

Проверка для других вариантов окисления, например, оксид - MO_2 , бромид MBr_3 или оксид

M_2O_3 , а бромид MBr_2 или MBr , не приводит к существующим металлам и соединениям.

Таким образом, оксид — MnO_2 .



3. В смеси, очевидно, присутствует углеводород, присоединяющий 1 моль водорода на 1 моль (с одной двойной связью) и углеводород, присоединяющий 2 моля водорода на 1 моль (с тройной связью или двумя двойными связями).

Пусть 1 литр смеси содержит X и Y литров двух углеводородов.

тогда объем водорода, который они присоединяют, составит $X + 2Y$.

$$X + Y = 1$$

$$X + 2Y = 1,8.$$

Отсюда $Y = 0,8$, $X = 0,2$.

Сжигание:

Пусть первый углеводород содержит n атомов C , при сжигании 1 литра образуется n литров CO_2 , а при сжигании 0,2 литра этого углеводорода образуется 0,2 n литров CO_2 .

Аналогично при сжигании 0,8 литров второго углеводорода (содержащего m атомов С) получается 0,8 m литров CO_2

$$0,2 n + 0,8 m = 2,2 .$$

Отсюда $n + 4 m = 11$, где m и n — целые числа.

$m = 1$ не подходит, так как углеводород должен иметь кратную связь. $m = 3$ и больше тоже не подходит, при этом n окажется отрицательным числом.

Таким образом, $m = 2$. Тогда $n = 3$.

Углеводороды — ацетилен и пропен.

Плотность смеси по водороду

$$(0,2 \cdot 42 + 0,8 \cdot 26) / 2 = 14,6$$

4 При пропускании газов через раствор гидроксида кальция поглотилось 0,5 л газа (н.у.), что соответствует 0,023 моль. Осадок в растворе гидроксида кальция, по всей вероятности — карбонат кальция. Тогда его количество 0,023 моль, что подтверждает предположение. Следовательно один из газов CO_2 .

Оставшиеся два газа должны иметь ту же молярную массу (так как при поглощении плотность не изменилась)

Можно предположить, что это N_2O и пропан

Таким образом,

Склянка 1 содержит $\text{CO}_2 + \text{C}_3\text{H}_8$ (лучина гаснет, так как не источника кислорода)

Склянка 2 содержит $\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}$ (лучина продолжает гореть за счет N_2O)

Склянка 3 содержит $\text{N}_2\text{O} + \text{C}_3\text{H}_8$ (происходит взрыв)

5. Образование осадка означает, что у алкина есть концевая тройная связь.

Реакция с водой приводит к образованию кетона.

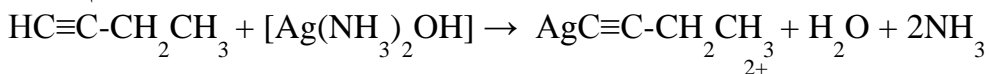
При окислении кетона разрыв связи происходит с обеих сторон от карбонильной группы с образованием всех возможных продуктов.

Приведенная смесь продуктов указывает на метилэтилкетон

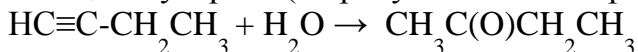
Вещество **Б** - метилэтилкетон

Вещество **А** - бутин-1

Реакции:



Реакция Кучерова (в присутствии солей ртути Hg^{2+}):



Окисление кетона



6. Предположим, что газ, поглощающийся KOH - это CO_2 .

Его количество $0,672 \times 2/3 \rightarrow 0,02$ моль

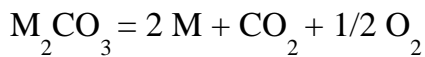
$0,88 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 0,02$ моль, значит это действительно CO_2 .

Масса второго газа $5,52 - 4,32 - 0,88 = 0,32$ (г). Его количество: $0,672 \times 1/3 \rightarrow 0,01$ моль

Таким образом, молярная масса этого газа 32, и это кислород.

Если исходная соль — карбонат одновалентного металла M_2CO_3 , то его молярная масса

$$5,52 : 0,02 = 276.$$



Молярная масса металла $(276 - 44 - 16) : 2 = 108$.

Металл - серебро.

4,32 г соответствуют 0,04 моль серебра, а 1,84 г соответствуют 0,04 моль диоксида азота, что подтверждает решение.

Таким образом, вещество **А** - карбонат серебра, вещество **Б** - серебро, вещество **В** - нитрат серебра.

Реакции:

