

X1. Один из самых знаменитых опытов в истории химии состоял в следующем. Шведский помощник аптекаря Карл Шееле внёс кусок горящего фосфора в колбу, наполненную воздухом, и закрыл её пробкой. По окончании горения и охлаждении колбы он поместил её горлышком вниз в сосуд с водой и открыл пробку. Вода поднялась в колбу, заполнив её на 1/5 объёма. Так Шееле узнал, что воздух, считавшийся ранее простым веществом, состоит из двух основных компонентов - кислорода и азота. Что изменилось бы в наблюдениях Шееле, если бы вместо фосфора он использовал: а) серу; б) магний; в) раскалённый уголь?

Решение.

1) В случае углерода следует рассматривать два фактора. Во-первых, CO_2 , который получается при сжигании углерода - газ, в отличие от оксидов фосфора. То есть он занимает место, которое занимал кислород, и которое в случае фосфора сразу заполнилось водой. Второй фактор - это значительная растворимость CO_2 в воде, вследствие чего вода всё-таки поднимется в колбу, но меньше, чем на 1/5.

2) Магний реагирует не только с кислородом, но и с азотом, поэтому теоретически вода может заполнить колбу целиком. Однако на практике этого не произойдёт, так как для этого требуется, чтобы в результате сгорания магния в колбе был создан вакуум, что маловероятно. Во всяком случае, колба будет заполнена более чем на 1/5.

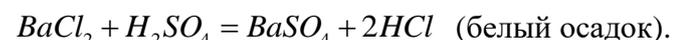
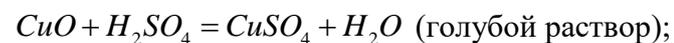
3) В случае серы ситуация аналогична углероду, однако SO_2 растворим меньше, чем CO_2 , поэтому воды в колбе будет ещё меньше.

X2. В четырех пронумерованных пробирках находятся сухие оксид меди (II), сажа, хлорид натрия и хлорид бария. Как, пользуясь минимальным количеством реактивов, определить, в какой из пробирок находится какое вещество? Ответ обоснуйте и подтвердите уравнениями соответствующих химических реакций.

Решение.

CuO и C - черного цвета, $NaCl$ и $BaBr_2$ - белые.

Единственным реактивом может служить, например, разбавленная серная кислота H_2SO_4 :

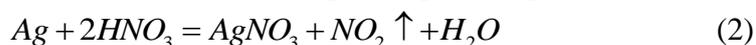


С сажой и $NaCl$ разбавленная серная кислота не взаимодействует.

X3. При растворении 2,8 г сплава меди и серебра в концентрированной азотной кислоте образовалось 5,28 г смеси нитратов. Определить массовые доли металлов в сплаве.

Решение

1) Уравнения реакций:



2) Вводим обозначения: $n(Cu) = x$ моль, $n(Ag) = y$ моль. Тогда

а) $m(Cu) = 64x$, $m(Ag) = 108y$, $m_{смеси} = 64x + 108y = 2,8$;

б) по уравнению (1) $n[Cu(NO_3)_2] = x$, $m[Cu(NO_3)_2] = 188x$;

в) по уравнению (2) $n[AgNO_3] = y$, $m[AgNO_3] = 170y$;

г) $m(смеси) = 188x + 170y = 5,28$

3) Составляем и решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 64x + 108y = 2,8 \\ 188x + 170y = 5,28 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,01 \text{ моль } Cu \\ y = 0,02 \text{ моль } Ag \end{cases}$$

4) Рассчитываем массовые доли компонентов смеси:

а) $m(Cu) = 0,64$ г; $\omega(Cu) = 0,64 / 2,8 \approx 0,2286$ или 22,86%

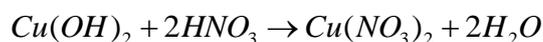
б) $m(Ag) = 2,16$ г; $\omega(Ag) = 2,16 / 2,8 \approx 0,7714$ или 77,14%

X4. Студенистое голубое вещество А нейтрализуется бесцветным веществом Б с образованием голубого раствора вещества В. При выпаривании раствора и прокаливании осадка образуются: газ бурого цвета Г, газ Д (бесцветный, в котором вспыхивает тлеющая лучинка) и твердое вещество Е черного цвета, которое может вступать в реакцию с веществом Б с образованием вещества В. Определите вещества А, Б, В, Г, Д и Е и приведите уравнения соответствующих реакций.

Решение.

Студенистое голубое вещество А – $Cu(OH)_2$

бесцветное вещество Б – HNO_3



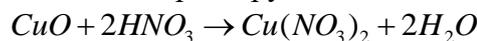
В – $Cu(NO_3)_2$ – раствор этого вещества имеет голубую окраску.

При прокаливании кристаллов этой соли образуются 3 вещества:



CuO – вещество Е черного цвета, NO_2 – газ Г бурого цвета, и O_2 – бесцветный газ Д, в котором вспыхивает тлеющая лучинка.

Вещество Е реагирует с веществом Б с образованием вещества В



X5. Неизвестный алкен массой 7 г присоединяет бромоводород, объём которого одинаков с объёмом метана массой 2 г (н.у.) Найдите молекулярную формулу алкена и напишите структурные формулы его изомеров.

Решение.

По условию задачи $V(HBr) = V(CH_4)$, тогда по закону объёмных отношений газов

$$n(HBr) = n(CH_4) = \frac{2}{16} = 0,125 \text{ моль}$$

Формула алкена C_nH_{2n} , тогда уравнение реакции $C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br$

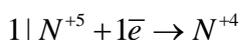
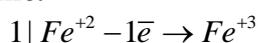
По уравнению реакции $n(C_nH_{2n}) = n(HBr) = 0,125$ моль. Молярная масса алкена $7 / 0,125 = 56$ г/моль.

Определим «n» в формуле C_nH_{2n} : $12n + 2n = 56$. $n = 4$. Молекулярная формула алкена C_4H_8 .

Изомеры: бутен-1, 2-метилпропен-1, цис-бутен-2, транс-бутен-2, циклобутан, метилциклопропан

X6. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель: $Fe_3O_4 + \dots \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO_2 + \dots$

Решение.

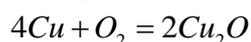
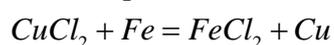
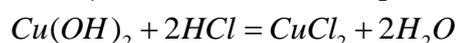
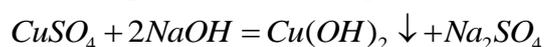
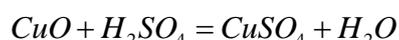
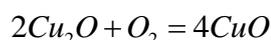


Окислитель – $HNO_3(N^{+5})$, восстановитель – $Fe_3O_4(Fe^{+2})$.



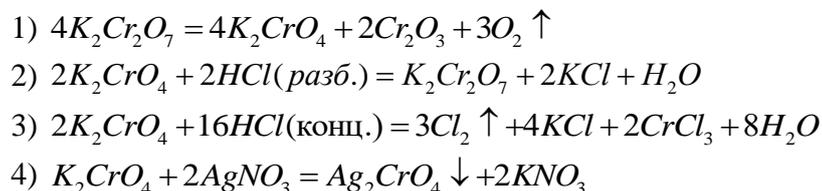
X7. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: $Cu_2O \rightarrow X_1 \rightarrow CuSO_4 \rightarrow X_2 \rightarrow CuCl_2 \rightarrow X_3 \rightarrow Cu_2O$

Решение.



X8. Дихромат калия прокалили при 600°C . К твёрдому остатку добавили воду, а образовавшийся раствор отфильтровали и выпарили. Получили жёлтые кристаллы, которые при действии разбавленной соляной кислоты образуют раствор оранжевого цвета, а при добавлении к ним концентрированной соляной кислоты выделяется зеленоватый газ. Раствор жёлтых кристаллов в воде реагирует с нитратом серебра с образованием ярко-красного осадка. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

Решение.



Жёлтые кристаллы – K_2CrO_4 , оранжевый раствор – $K_2Cr_2O_7$, зеленоватый газ – Cl_2 , ярко-красный осадок – Ag_2CrO_4 .

X9. При пропускании 15,68 л смеси метана, углекислого газа и угарного газа через раствор гидроксида калия, взятого в избытке, объем исходной смеси уменьшился на 8,96 л (н.у.). Для полного сгорания оставшейся смеси потребовалось 6,72 л (н.у.) кислорода. Определите объемные доли компонентов в исходной смеси.

Решение.

С раствором гидроксида калия реагирует только углекислый газ. Следовательно, уменьшение объёма исходной смеси на 8,96 л после пропускания через раствор щёлочи говорит о том, что в этой смеси содержится 8,96 л углекислого газа.

Горение оставшихся компонентов смеси описывается уравнениями реакций:



На обе реакции расходуется 6,72 л кислорода. Пусть CH_4 в смеси x л, тогда на реакцию (1) расходуется $2x$ л кислорода. $V(CO)$ в смеси $(15,68 - 8,96 - x)$ л = $(6,72 - x)$ л, тогда на реакцию (2) расходуется $(6,72 - x)/2$ л кислорода. Составим уравнение, учитывая, что на реакции (1) и (2) потребовалось 6,72 л кислорода:

$$2x + (6,72 - x)/2 = 6,72 \quad x = 2,24 \text{ л} - \text{объём метана.}$$

$$V(CO) = 6,72 - 2,24 = 4,48 \text{ л}$$

$$\varphi(CO_2) = 8,96 / 15,68 = 0,571 \text{ или } 57,1\%$$

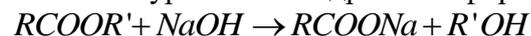
$$\varphi(CH_4) = 2,24 / 15,68 = 0,143 \text{ или } 14,3\%$$

$$\varphi(CO) = 4,48 / 15,68 = 0,286 \text{ или } 28,6\%$$

X10. Сложный эфир массой 30 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 34 г натриевой соли предельной одноосновной кислоты и 16 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.

Решение.

Составим уравнение гидролиза эфира в общем виде, найдем количество вещества едкого натра:



$$m(NaOH) = 34 + 16 - 30 = 20 \text{ г}$$

$$n(NaOH) = m(NaOH) / M(NaOH) = 20 / 40 = 0,5 \text{ моль}$$

Определим молярную массу эфира:

$$\text{Из уравнения следует, что } n(RCOOR') = n(NaOH) = 0,5 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } M(RCOOR') = m(RCOOR') / n(RCOOR') = 30 / 0,5 = 60 \text{ г/моль}$$

Определим молекулярную формулу эфира:

$$M(R + R') = M(RCOOR') - M(COO) = 60 - (12 + 32) = 16 \text{ г/моль, следовательно, ими могут быть}$$

только атом H и метильная группа CH_3 . Формула эфира $HCOOCH_3$