

«Будущие исследователи – будущее науки» 2014-15

Химия. Финальный тур.

9 класс

Задача 9-1

К смеси SO_2 и CO_2 , соотношение объемов которых 1:4, добавили неизвестный газ. Его объем был таким же, что и объем начальной смеси. После добавления этого газа средняя молярная масса смеси уменьшилась на 10 ± 0.2 г/моль.

1. Определите интервал, в котором находится значение молярной массы неизвестного газа.
2. Приведите не менее двух газов, отвечающих условию задачи.
3. Приведите уравнения реакций каждого из предложенных вами газов с O_2 , H_2 и укажите условия проведения этих реакций.

Решение

- 1) Молярная масса исходной смеси:

$$M_{\text{ср1}} = \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2)$$

$$M_{\text{ср1}} = 0.8 \cdot 44 + 0.2 \cdot 64 = 48 \text{ г/моль}$$

После разбавления молярная масса смеси изменяется в интервале от $48 - 10.2 = 37.8$ г/моль до $48 - 9.8 = 38.2$ г/моль.

При этом молярная масса определяется следующим соотношением:

$$M_{\text{ср2}} = \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) + \varphi(\text{X}) \cdot M(\text{X})$$

$$M_{\text{ср2}} = 0.4 \cdot 44 + 0.1 \cdot 64 + 0.5 \cdot M(\text{X}) = 24 + 0.5 \cdot M(\text{X})$$

Из этого соотношения найдем, в каком интервале изменяется молярная масса неизвестного газа:

$$(38.2 - 24) / 0.5 = 28.4 \text{ г/моль}$$

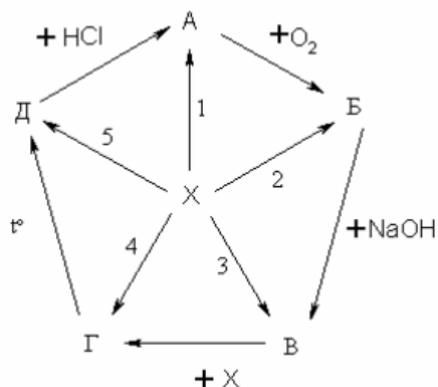
$$(37.8 - 24) / 0.5 = 27.6 \text{ г/моль}$$

Таким образом, молярная масса неизвестного газа изменяется в интервале от 27.6 г/моль до 28.4 г/моль.

- 2) Пример газов: азот N_2 , угарный газ CO , этилен C_2H_4
- 3) $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$ (катализатор Pt какой-либо другой, нагревание или электрический разряд);
 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ (катализатор Pt, нагревание, давление);
 $\text{CO} + \text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (нагревание);
 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ (горение, реакция начинается при поджигании CO);
 $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 = 2\text{C}_2\text{H}_6$.

Задача 9-2

Молодой алхимик Альтер исследовал химические свойства простого вещества X желтого цвета. Его целью было создание уникального метода получения любого вещества, которое содержит элемент X, на основе пяти соединений, которые также можно было бы взаимно превращать. После десятков лет, проведенных над решением этой задачи, опытному, но уже старому алхимику таки удалось систематизировать свои работы. Но Альтер желал, чтобы его дело было продолжено и не рассказал своим ученикам об этих соединениях, а вместо этого дал им схему, на которой были приведены взаимопревращения и некоторые сведения об этих веществах.



Известно, что вещества А, Б и Д – бинарные. Массовая доля кислорода в соединении Б составляет 50%. Количество атомов элемента Х в формульной единице соединения Д в 2.5 раза больше количества атомов другого элемента, а массовая доля Х в этом соединении составляет 77.7%. Вещество Г является солью, массовая доля кислорода в котором равна 30.38%. Каждое из преобразований 1-5 происходит в одну стадию.

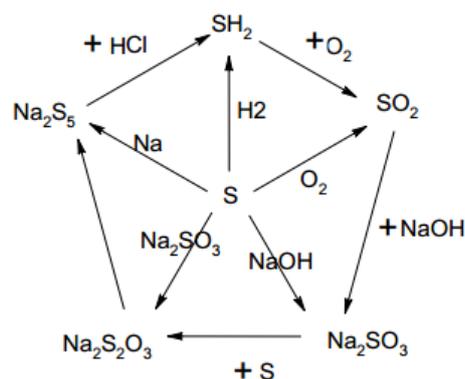
1. Расшифруйте вещества X, А, Б, В, Г и Д.
2. Предложите вещества для превращений 1-5.
3. Напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задаче.

Решение

1). X– S; А– H₂S; Б– SO₂; В– Na₂SO₃; Г– Na₂S₂O₃; Д– Na₂S₅

2).

- 1: H₂
- 2: O₂
- 3: NaOH
- 4: Na₂SO₃
- 5: Na



- 3). $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{S} + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{S}$
 $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
 $3\text{S} + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{Na}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$
 $4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Na}_2\text{S}_5 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
 $\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
 $\text{Na}_2\text{S}_5 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + 2\text{NaCl} + 4\text{S}$
 $5\text{S} + 2\text{Na} = \text{Na}_2\text{S}_5$

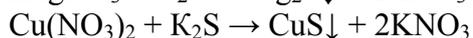
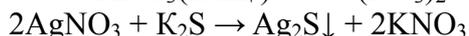
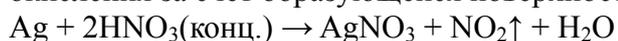
Задача 9-3

Драгоценную монету массой 16.00г не удалось растворить в соляной кислоте. В царской водке она растворилась лишь частично. Но в концентрированной азотной кислоте при нагревании монета растворилась целиком с образованием раствора синего цвета и выделением газа темной окраски. Полученный раствор перелили в мерную колбу, довели водой объем ровно до 1 л. Затем отобрали 200мл полученного раствора и к нему прибавляли сульфид калия до прекращения выпадения черного осадка массой 3.759г.

Определите качественный и количественный состав монеты, которая является сплавом 2 металлов. Атомные массы металлов берите с точностью до десятых после запятой. Что называется царской водкой? Почему один из металлов в ней не растворяется? Составьте уравнения реакций растворения металлов в азотной кислоте, осаждения сульфидов металлов.

Решение

Царская водка — смесь концентрированных HNO_3 и HCl . Синяя окраска раствора свидетельствует о наличии в монете меди. Медь растворяется в царской водке. Второй металл не растворяется в царской водке, это — серебро, которое предохраняется от окисления за счет образующейся поверхностной пленки не растворимого AgCl .



Примем за x массовую долю Cu и за $(1-x)$ массовую долю Ag в сплаве.

Тогда количества Cu и Ag будут: $n(\text{Cu})=16x/63.5$ моль. $n(\text{Ag})=16(1-x)/108$ моль.

Найдем количество и массы сульфидов металлов с учетом, что лишь 20% раствора комплексов взяли на реакцию с ацетиленом:

$$n(\text{CuS})=0.2*n(\text{Cu})=3.2x/63.5=0.0504x \text{ моль}; m(\text{CuS})=95.5*n(\text{CuS})=4.813x \text{ г.}$$

$$n(\text{Ag}_2\text{S})=0.2*0.5*n(\text{Ag})=1.6(1-x)/108 \text{ моль}; m(\text{Ag}_2\text{S})=248*n(\text{Ag}_2\text{S})=3.674(1-x) \text{ г.}$$

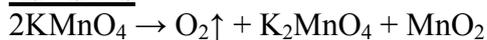
$$m(\text{CuS}) + m(\text{Ag}_2\text{S})= 3.759 = 4.813x + 3.674(1-x)=3.674+1.139x \quad 0.085=1.139x$$

Отсюда находим $x=0.075$. Массовая доля меди в монете 7.5%, массовая доля серебра в монете 92.5%.

Задача 9-4

Вычислите массу твердого перманганата калия, нагревание которого может обеспечить заполнение 10 медицинских кислородных подушек объемом 24.64л каждая (н.у.). Найдите объем 10-молярного водного раствора пероксида водорода, достаточный для заполнения 20 подушек. Определите, сколько подушек можно заполнить кислородом, если соединить вычисленные количества перманганата калия и пероксида водорода друг с другом и перемешивать без нагревания? Напишите уравнения упомянутых реакций.

Решение



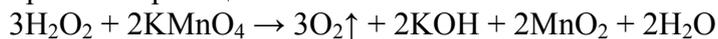
Определим количество кислорода в 10 подушках (246.4л): $n(\text{O}_2)=246.4/22.4=11$ моль.

Тогда $n(\text{KMnO}_4)=2n(\text{O}_2)=22$ моль; $m(\text{KMnO}_4)=158*22=3476$ г.

Определим количество пероксида водорода: в 20 подушках $n(\text{O}_2)=22$ моль;

$$n(\text{H}_2\text{O}_2)=2n(\text{O}_2)=44 \text{ моль}; V(\text{раствора H}_2\text{O}_2)=44/10=4.4 \text{ л.}$$

При перемешивании 44 моль H_2O_2 и 22 моль KMnO_4 при комнатной температуре будет протекать реакция:



Перманганат калия окажется в недостатке. $n(\text{O}_2)=1.5n(\text{KMnO}_4)=33$ моль.

$$V(\text{O}_2)=33*22.4=739.2 \text{ л, этого хватит для заполнения } 739.2/24.6=30.05 \text{ подушек.}$$