

## «Будущие исследователи – будущее науки» 2014-15

### **Химия. Финальный тур.**

#### 10 класс

##### Задача 10-1

Римский историк Плиний Старший в своих произведениях упоминал об использовании газа для уничтожения инфекции и насекомых. В поэме Гомера «Одиссея» рассказывается, как Одиссей, король Итаки, один из героев Троянской войны, окуривал этим газом помещение, чтобы побороть врагов, которые завладели его домом и хотели жениться на его супруге Пенелопе, пока он путешествовал.

Бинарный газ А при окислении раствором азотной кислоты превращается в кислоту Б. Реакция проходит с выделением газа. При растворении некоторого неактивного металла М в концентрированной кислоте Б образуется газ А, а растворение в концентрированной азотной кислоте приводит к образованию газа В. Молекулы газов А и В имеют одинаковое геометрическое строение, но лишь один из них способен димеризоваться. Оба газа растворимы в растворе щелочи. При взаимодействии газа А с кипящей водой образуется кислота Б и желтое твердое вещество Г. Присутствие в воздухе газа А вызывает кислотные дожди.

1. Определите неизвестные вещества А-Г и возможный металл М. Может ли М быть железом? Объясните ответ.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Какой из двух газов (А или В) способен димеризоваться? Объясните почему.
4. Объясните, почему А является причиной кислотных дождей.
5. Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции газа А с  $\text{KMnO}_4$  в водном растворе (среда нейтральная).
6. Напишите уравнения взаимодействия очень разбавленного раствора азотной кислоты с металлом М.

##### Решение

- 1) А -  $\text{SO}_2$ , Б -  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , В -  $\text{NO}_2$ , Г – S, М - неактивный металл, например, Cu. Металл М не может быть железом, поскольку железо пассивируется концентрированной серной кислотой.
- 2)  $\text{SO}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2$ ,  
 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,  
 $3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S}$ .
- 3) К димеризации способен  $\text{NO}_2$ , поскольку его молекула имеет неспаренный электрон.
- 4) Кислотный дождь – это вид осадков с пониженным значением pH. Сернистый газ при окислении образует  $\text{SO}_3$ , что в присутствии влаги дает серную кислоту, которая снижает pH.
- 5)  $3\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- 6)  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ .

##### Задача 10-2

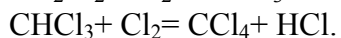
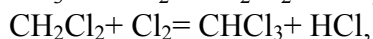
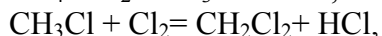
Довольно распространенный бинарный газ А при определенных условиях взаимодействует с хлором, образуя несколько продуктов. Продукты реакции направили на ректификационную колонну и получили чистые жидкости (в порядке уменьшения температуры кипения) в таком количестве: 5 кг Б, 15 кг В, 25 кг Г. Оставшуюся газовую смесь пропустили через 500 л воды, затем направили на ловушку с сухим льдом, где конденсировалась определенная жидкость Д,

а масса ловушки выросла на 10 кг. В конце остался исходный газ в количестве 10% от первоначального.

1. Определите зашифрованные вещества. Приведите уравнения реакций.
2. Рассчитайте начальный объем газа (н.у.).
3. При тщательном исследовании в смеси можно обнаружить следы других продуктов, среди них такого вещества, которое образуется при взаимодействии А с хлором, но хлора не содержит. Назовите это вещество, приведите механизм его образования. Объясните, почему его количество мало.

### Решение

1). Газ А - метан. Метан взаимодействует с хлором при облучении с образованием ряда соединений замещения водорода на хлор по свободнорадикальному цепному механизму. Соответственно, Б, В, Г, Д - это тетрахлорметан, хлороформ, дихлорметан, хлорметан. В ловушке (температура 78°C) конденсируется хлорметан (т. кип. -24°C).

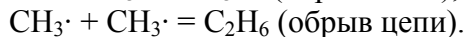
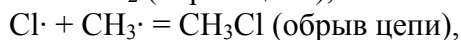
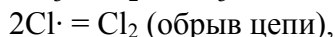
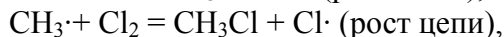
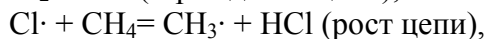


2) По уравнениям реакций имеем:

$$n(\text{CH}_4) = (10/50.5 + 25/85 + 15/119.5 + 5/154) \text{ кмоль} = 0.65 \text{ кмоль},$$

что составляет 90% от начального количества метана. Следовательно, объем метана  $(22.4 \cdot 0.65 / 0.9) \text{ м}^3 = 16.2 \text{ м}^3$ .

3). Этан. Механизм реакции:



Концентрация радикальных частиц очень мала, вероятность встречи двух  $\text{CH}_3\cdot$ -радикалов еще меньше, поэтому на процесс хлорирования и на состав продуктов наличие этана не влияет.

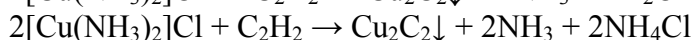
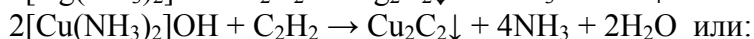
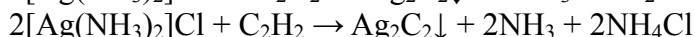
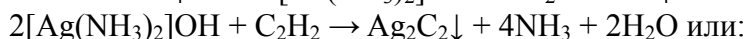
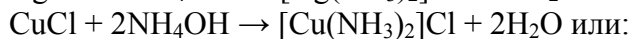
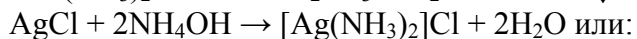
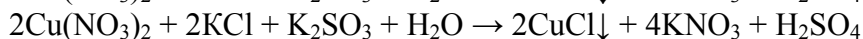
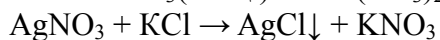
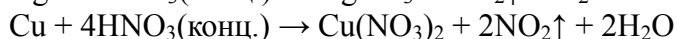
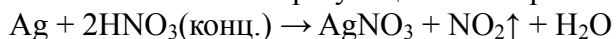
### Задача 10-3

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. К раствору прибавили избыток хлорида калия, в результате чего выпал белый осадок хлорида металла А, а окраска раствора осталась прежней. Затем к раствору добавляли сульфит калия до тех пор, пока не прекратилась окислительно-восстановительная реакция и выпадение белого осадка хлорида металла Б, при этом раствор обесцветился. Далее осадки хлоридов двух металлов смешали, растворили в избытке нашатырного спирта ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Полученный бесцветный прозрачный раствор перелили в мерную колбу, довели водой объем ровно до 1 л. Затем отобрали 200мл полученного раствора и через него пропускали ацетилен до прекращения выпадения окрашенного осадка, представляющего смесь ацетиленидов двух металлов массой 3.5747г.

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 хлоридов металлов, растворения хлоридов, осаждения ацетиленидов металлов.

### Решение

Царская водка — смесь концентрированных  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ . 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  $\text{AgCl}$ .



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

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

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

$$n(\text{Cu}_2\text{C}_2)=0.2*0.5*n(\text{Cu})=1.6x/63.5=0.0252x \text{ моль}; m(\text{Cu}_2\text{C}_2)=151*n(\text{Cu}_2\text{C}_2)=3.805x \text{ г.}$$

$$n(\text{Ag}_2\text{C}_2)=0.2*0.5*n(\text{Ag})=1.6(1-x)/108 \text{ моль}; m(\text{Ag}_2\text{C}_2)=240*n(\text{Ag}_2\text{C}_2)=3.556(1-x) \text{ г.}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{C}_2) + m(\text{Ag}_2\text{C}_2) = 3.5747 = 3.805x + 3.556(1-x) \quad 0.0187=0.249x$$

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

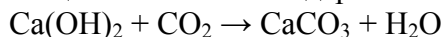
#### **Задача 10-4**

При сжигании 33 мл жидкого вещества А с плотностью 0.8 г/мл образуются 32.4 г воды и газообразный продукт, способный при пропускании через известковую воду выделить 150 г осадка. Вещество А не может окисляться перманганатом калия без разрушения углеродного скелета. Оно при нагревании с серной кислотой образует два изомерных углеводорода Б и Б1. Основной изомер Б дегидрируется на Pt катализаторе до соединения В, которое в результате полимеризации приводит к высокомолекулярному продукту Г. Побочный изомер Б1 при нагревании с газообразным  $\text{HBr}$  в присутствии пероксидов дает галогенуглеводород Д, который при действии натрия превращается в углеводород Е, имеющий плотность паров по воздуху 4.897.

Составьте структурные формулы указанных соединений и назовите их, напишите уравнения реакций.

#### **Решение**

Вещество А может содержать С, Н, О, так как при горении дает только  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .



$$\text{Найдем массу сгоревшей жидкости А: } m(\text{А})=33*0.8=26.4\text{ г.}$$

$$\text{Найдем количество } \text{CO}_2: n(\text{CO}_2)=n(\text{CaCO}_3)=150/100=1.5\text{ моль.}$$

$$\text{Найдем массу углерода в веществе А: } n(\text{С})=1.5\text{ моль. } m(\text{С})=1.5*12=18\text{ г.}$$

$$\text{Найдем количество } \text{H}_2\text{O: } n(\text{H}_2\text{O})=32.4/18=1.8\text{ моль.}$$

$$\text{Найдем массу водорода в веществе А: } n(\text{H})=3.6\text{ моль. } m(\text{H})=1*3.6=3.6\text{ г.}$$

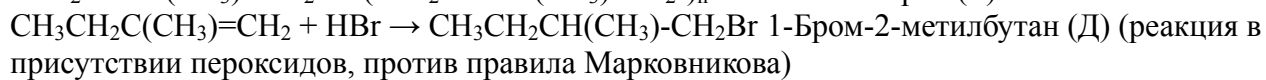
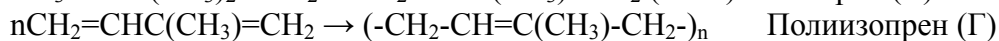
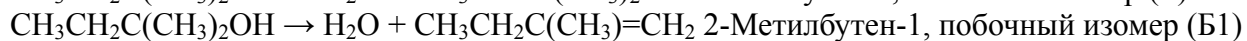
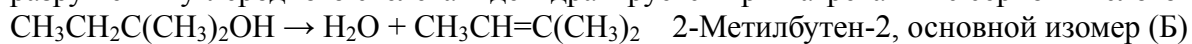
$$\text{Суммарная масса углерода и водорода составляет: } 18+3.6=21.6\text{ г.}$$

$$\text{Остальная масса приходится на кислород: } m(\text{O})=26.4-21.6=4.8\text{ г. } n(\text{O})=4.8/16=0.3\text{ моль.}$$

$$\text{Простейшая формула вещества А: } n(\text{С}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 1.5:3.6:0.3 = 5:12:1 \quad \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$$

Это предельный третичный спирт, так как не окисляется перманганатом калия без

разрушения углеродного скелета и дегидратируется при нагревании с серной кислотой.



3,6-Диметилоктан (Е)

Молярная масса диметилоктана должна составлять  $M(\text{C}_{10}\text{H}_{22})=142$ , это подтверждается известной плотностью по воздуху  $M=29 \cdot 4.897=142\text{г/моль}$ .

