

### Задача 9-1

#### Химия неизвестного элемента

При пропускании сероводорода через бесцветный раствор вещества  $X_1$  образуется чёрный осадок  $X_2$  (*р-ция 1*). При длительном прокаливании на воздухе осадок  $X_2$  превращается в оранжево-красный порошок  $X_3$  (*р-ция 2*), причём из 1 кг  $X_2$  может быть получено 955 г  $X_3$ . При действии на вещество  $X_3$  горячего раствора кислоты  $Y$  наблюдается выделение фиолетовых паров простого вещества и образование слабо окрашенного раствора (*р-ция 3*), из которого при охлаждении выпадают чешуйчатые золотистые кристаллы  $X_4$ . При обработке вещества  $X_4$  азотной кислотой образуется вещество  $X_1$  (*р-ция 4*). Также раствор вещества  $X_1$  может быть получен введением пластинки из металла  $X$  массой 30.00 г в 100 г 17.0 %-ного раствора нитрата серебра (*р-ция 5*). После окончания реакции в растворе осталась только соль  $X_1$ , а масса промытой и высушенной пластинки стала равной 30.44 г.

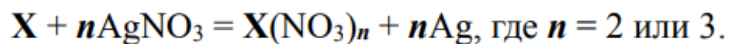
#### **Вопросы:**

- 1) Определите элемент  $X$  и неизвестные вещества  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $Y$ , состав вещества  $X_3$  подтвердите расчетом.
- 2) Запишите уравнения реакций.
- 3) Какое применение находит вещество  $X_3$  в промышленности?

### Решение задачи 9-1 (автор: Птицын А.Д.)

1. Вещество **X** представляет собой металл, более активный, чем серебро, т. к. вытесняет его из нитрата. Ионы большинства таких металлов имеют в водном растворе степени окисления +2 или +3 (щелочные металлы реагируют с водой).

Запишем уравнение реакции металла с раствором нитрата серебра:



Так как реакция прошла полностью, то все серебро израсходовалось.  $\nu(\text{Ag}) = 17 / 169.87 \approx 0.100$  моль. Масса серебра, выделившегося на пластинке, равна 10.80 г, а масса металла **X**, перешедшего в раствор, равна  $x$ .

$$m_{\text{исх}} + m_{\text{Ag}} - m_{\text{X}} = 30 + 10.80 - x = 30.44,$$

$$\text{откуда } x = 10.36 \text{ г.}$$

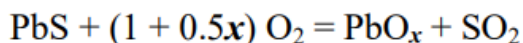
При осаждении 1 моль серебра растворяется  $1/n$  моль **X**, значит

$$\nu(\mathbf{X}) = \frac{\nu(\text{Ag}) \cdot m}{n \cdot M_{\mathbf{X}}}$$

$$M_{\mathbf{X}} = \frac{m \cdot n}{\nu(\text{Ag})} = \frac{10.36 \cdot n}{0.1} = 103.6n$$

При  $n = 2$ ,  $M_{\mathbf{X}} = 207.20 \text{ г/моль}$ , т. е. **X** – это свинец, а вещество **X**<sub>1</sub> – нитрат свинца  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . При действии на него сероводородом выпадает черный осадок сульфида свинца **X**<sub>2</sub> –  $\text{PbS}$ .

Выясним формулу продукта, образующегося при прокаливании его на воздухе. Продуктами прокаливания сульфидов на воздухе являются кислородные соединения металлов. Лишь в случае металлов, устойчивых к окислению кислородом, могут быть получены простые вещества. Итак, из 1 кг  $\text{PbS}$  образуется 955 г оксида **X**<sub>3</sub>. Запишем уравнение реакции в общем виде:



Из 1 кг ( $1000 \text{ г} / 239.266 \text{ г/моль} = 4.179$  моль)  $\text{PbS}$  получили эквимольное

количество  $PbO_x$ , что соответствует его молярной массе  $\frac{995}{4.179} = 228.52 \text{ г/моль}$ ,

$x = (228.52 - 207.20)/15.999 \approx 1.333 \approx 4/3$ , следовательно,  $X_3 - PbO_{1.33}$ , или  $Pb_3O_4$ , свинцовый сурик.

В оксиде  $Pb_3O_4$  свинец частично находится в степени окисления +4, т. е. проявляет окислительные свойства. При действии на него кислотой  $Y$  наблюдается выделение фиолетовых паров простого вещества, иода. Это позволяет предположить, что  $Y$  – иодоводородная кислота  $HI$ , а выделяющийся при охлаждении осадок – иодид свинца  $PbI_2$  (вещество  $X_4$ ), который известен как «золотой дождь».

## ***2. Уравнения реакций:***

- 1)  $Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$
- 2)  $3PbS + 5O_2 = Pb_3O_4 + 3SO_2$
- 3)  $Pb_3O_4 + 8HI = 3PbI_2 + I_2 + 4H_2O$
- 4)  $PbI_2 + 4HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + I_2 + 2NO_2 + 2H_2O$ .
- 5)  $Pb + 2AgNO_3 = Pb(NO_3)_2 + 2Ag$

3. Сурик используется в стекловарении для производства свинцового хрусталя.

X	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y
Pb	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	PbS	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	PbI <sub>2</sub>	HI

## **Система оценивания:**

1.	Расчет молярной массы элемента X – 2 балла Формулы веществ X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , Y – по 1 баллу Расчет состава вещества X <sub>3</sub> – 2 балла	9 баллов
2.	Уравнения реакций (1–5) по 2 балла	10 баллов
3.	Применение сурика (оценивается только пример промышленного применения)	1 балл
ИТОГО: 20 баллов		

