

# LX МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

2003/2004 уч. год

9 класс

## ЗАДАНИЯ

1. Красящий пигмент оранжевой краски – свинцового сурика – имеет состав  $Pb_3O_4$ .
- 1) Какова возможная степень окисления свинца в этом соединении? 2) К какому классу химических соединений можно отнести это вещество? 3) При взаимодействии свинцового сурика с углем можно получить металлический свинец. Напишите уравнение реакции. 4) Сколько г свинца можно получить из 6,85 г сурика, если выход реакции от теоретически возможного составляет 97 %?
- 9-2** Вещество массой 14,9 г, образованное двумя видами химических частиц с одинаковым электронным строением  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , полностью прореагировало с 20,0 г 98 %-ной серной кислоты.
- 1) Напишите уравнение реакции. 2) Определите массу образовавшейся соли. 3) Напишите уравнение реакции водного раствора образовавшейся соли с металлическим магнием.
- 9-3.** При взаимодействии водных растворов, содержащих 36,5 г хлороводорода и 40 г гидроксида натрия, выделилось 57 кДж тепла.
- 1) Напишите полные и сокращенные ионные уравнения реакций. 2) Сколько тепла выделится при взаимодействии 150 г 10 %-ного раствора серной кислоты и 50 г 11,2 %-ного раствора гидроксида калия?
- 4.** Если к твердому нитрату натрия добавить концентрированную фосфорную кислоту, то при нагревании смеси из нее можно отогнать азотную кислоту.
- 1) Напишите уравнение реакции (фосфорная кислота в избытке). 2) Означает ли данный эксперимент, что фосфорная кислота сильнее азотной? 3) Можно ли получить азотную кислоту при реакции 30 %-ных растворов азотнокислого натрия и фосфорной кислоты?
- 5.** При взаимодействии 69,8 г смеси карбоната и гидрокарбоната одного и того же щелочного металла с соляной кислотой выделяется 30,8 г оксида углерода(IV). Определите щелочной металл и массы солей в исходной смеси.
- 6.** В сосуде при 300 К (градусах абсолютной температуры) и давлении 2 атм содержится 1 моль водорода и 1 моль хлора. После освещения смеси ультрафиолетом и окончания реакции температура сосуда составила 600 К.
- 1) Напишите уравнение реакции. 2) Почему эта реакция может начаться при освещении? 3) Какой процесс является первой стадией реакции при освещении? 4) Какое давление (атм) было в сосуде при измерении температуры после окончания реакции? 5) Сколько г хлороводорода содержится в сосуде после окончания реакции?

## РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ

- 1)  $Pb_2PbO_4$  - степени окисления +2 и +4 или (не совсем верное, но оценивается)  $Pb(PbO_2)_2$  Степени окисления свинца +2 и +3
- 2) Это свинцовая соль свинцовой (свинцовистой) кислоты
- 3)  $Pb_3O_4 + 2 C = 3 Pb + 2 CO_2$
- 4) 6,85 г составляет 0,01 моль сурика; из него получится 0,01 моль или 6,21 г свинца. С учетом выхода  $6,21 \text{ г свинца} \times 0,97 = 6,02 \text{ г}$

**9-2.** Электронному строению соответствуют  $KCl$ ,  $CaS$ ,  $ScP$  и сочетания этих катионов и анионов.

20 г серной кислоты соответствуют  $20/98 = 0,204$  моль

Тогда 14,9 г соответствует 0,2 или 0,4 моль соли.

Подходит  $KCl$  (74,5)

14,9 г  $CaS$  соответствуют 0,207 моль соли; из него с серной кислотой образуется только  $CaSO_4$ , почти не растворимый в воде и не реагирующий в растворе с магнием.

14,9 г  $ScP$  соответствуют 0,196 моль соли; при этом серная кислота в недостатке.

Формально подойдет  $K_2S$  - получится средний и кислый сульфат.

По 0,2 моль  $KCl$  и  $H_2SO_4$

- 1)  $KCl + H_2SO_4 = HCl + KHSO_4$
- 2) Получится 0,2 моль или 27,2 г кислой соли
- 3)  $2 KHSO_4 + Mg = K_2SO_4 + MgSO_4 + H_2$

**3.** 1)  $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$



Тепловой эффект относится к реакции нейтрализации:  $H^+ + OH^- = H_2O + Q$

2) 36,5 г хлороводорода и 40 г гидроксида натрия составляют по 1 моль, т.е. тепловой эффект реакции нейтрализации  $Q = 57 \text{ кДж/моль}$ .

В 150 г 10 %-ного раствора - 15 г серной кислоты, или более 0,15 моль.

В 50 г 11,2 %-ного раствора - 5,6 г гидроксида калия, или 0,1 моль.

Серная кислота в избытке, расчет по  $KOH$ .

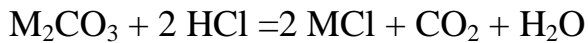
На 0,1 моль образующейся при нейтрализации воды выделится  $57 \times 0,1 = 5,7 \text{ кДж}$ .

**4.** 1)  $H_3PO_4 + NaNO_3 = NaH_2PO_4 + HNO_3$  (при нагревании)

2) Сила кислоты определяется ее способностью диссоциировать в водном растворе, а в описанной реакции равновесие сдвигается вправо за счет разной летучести кислот, но не их силы. Т.е. фосфорная кислота может быть и слабее азотной (так оно и есть на самом деле).

3) В водном растворе в равновесии будут находиться несколько ионов. Поскольку при реакции не выделяется газ, не образуется осадок или вода, азотную кислоту в этом случае получить нельзя.

**5.** 1) Реакции в общем виде:  $MHCO_3 + HCl = MCl + CO_2 + H_2O$



2) Видно, что для получения 1 моль  $CO_2$  требуется больше по массе карбоната, чем гидрокарбоната. Количество  $CO_2$  составляет  $30,8/44 = 0,7$  моль.

Если 69,8 г представлял бы собой чистый гидрокарбонат (0,7 моль  $MHCO_3$ ), то условная атомная масса щелочного металла составила бы:

$$(69,8/0,7) - 61 = 99,7 - 61 = 38,7$$

Аналогично, для чистого карбоната получим:  $(99,7 - 60)/2 = 19,9$

Следовательно, у нас смесь карбоната и бикарбоната щелочного металла с атомной массой между 19,9 и 38,7 - подходит только натрий.

3) Теперь получаем систему из двух уравнений с двумя неизвестными: Для X моль  $Na_2CO_3$  (106) и Y моль  $NaHCO_3$  (84) запишем

$$106X + 84Y = 69,8$$

$$X + Y = 0,7$$

Решая систему, получаем:  $X = 0,5$ ;  $Y = 0,2$

Ответ: **0,5 моль  $Na_2CO_3$  (53,0 г); 0,2 моль  $NaHCO_3$  (16,8 г)**

*II способ* (авторское решение - А.Е.Леонтьев):

Суммарная стехиометрическая схема по углероду:



$$M(Me_2CO_3) = 2a + 60 \quad M(MeHCO_3) = a + 61$$

$$n(CO_2) = \frac{30,8}{44} = 0,70 \text{ моль}$$

Получаем систему двух уравнений с тремя неизвестными.

$$\begin{cases} (2a + 60)x + (a + 61)y = 69,8 \\ x + y = 0,70 \end{cases}$$

Поскольку суммарные количества вещества в обеих частях стехиометрической схемы равны  $(x + y)$ , можно определить числовое значение средней молярной массы смеси солей.

$$M = \frac{\sum m}{\sum n} = \frac{69,8}{0,70} = 100 \text{ г/моль}$$

Предположим, что система состоит только из одного вещества: либо  $Me_2CO_3$ , либо  $MeHCO_3$ . В таком случае должно выполняться соответственно одно из равенств.

$$\text{Для } Me_2CO_3: 2a + 60 = 100, \text{ отсюда } a = 20$$

$$\text{Для } MeHCO_3: a + 61 = 100, \text{ отсюда } a = 39$$

Допущение позволило найти левую и правую границу промежутка, в котором содержится искомое значение  $a$ . Получаем двойное неравенство:  $20 < a < 39$ .

Значение  $a$  (атомной массы металла) лежит в промежутке  $[20; 39]$ . Условиям задачи удовлетворяет только одно значение:  $a = 23$ , т. е. искомый металл – натрий.

$$\begin{cases} 106x + 84y = 69,8 \\ x + y = 0,70 \end{cases}$$

Отсюда  $x(Na_2CO_3) = 0,50$  моль,  $y(NaHCO_3) = 0,20$  моль.

$$m(Na_2CO_3) = 0,50 \times 106 = 53,0 \text{ г}$$

$$m(NaHCO_3) = 0,20 \times 84 = 16,8 \text{ г}$$



2) Это цепная реакция, которую инициирует свет, вызывающий распад молекулы хлора на атомы:  $\text{Cl}_2 \xrightarrow{[h\nu]} 2 \text{Cl}\cdot$

3) Затем идет реакция:  $\text{H}_2 + \text{Cl}\cdot = \text{HCl} + \text{H}\cdot$  Цепь продолжают атомы водорода:  $\text{H}\cdot + \text{Cl}_2 = \text{HCl} + \text{Cl}\cdot$

4) В ходе реакции объем газа не меняется, следовательно изменение давления может быть связано только с изменением температуры газа:  $P_1/T_1 = P_2/T_2$ ;  $P_2 = P_1 T_2/T_1$ .

Тогда  $P_2 = 2 \times 600/300 = 4$  (атм)

5) Из 1 моль водорода и 1 моль хлора получится 2 моль HCl:  $36,5 \times 2 = \underline{\underline{73 \text{ г}}}$