

# ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

Муниципальный этап, 2017 год

10 класс

Решения и система оценивания

Максимальное число баллов - 60

**Задача 10-1.** (Автор – Миренкова Е.В.)

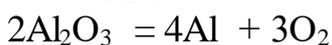
*Решение:*

Мольная доля атомов 40%, или 4/10, или 2/5. То есть из каждых пяти атомов в бинарном соединении два атома приходится на металл, и  $(5-2)=3$  – на неметалл. Следовательно, общая формула соединения  $M_2E_3$ . Очевидно, степень окисления металла +3, неметалла -2. Из металлов подходят Al, Cr, Fe и некоторые другие; из неметаллов O, S и другие. Перебором или расчетом устанавливаем, что бинарное соединение  $Al_2O_3$ .

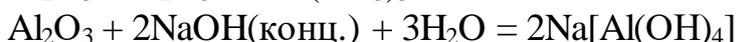
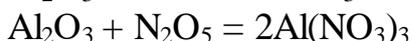
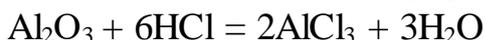
Уравнения реакций.

Получение алюминия: Из  $Al_2O_3$  путем электролиза расплава (в криолите  $Na_3AlF_6$ ):

эл-з



Химические свойства  $Al_2O_3$ :



Рекомендации к оцениванию:

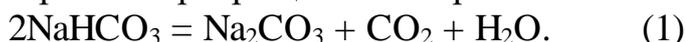
- за установление формулы бинарного соединения – 3 балла;
- за уравнение реакции получения алюминия с указанием условий – 2 балла;
- за подтверждение химических свойств: реакции с кислотой (1), кислотным оксидом (2), щелочью в растворе (3) и при сплавлении (4), карбонатом щелочного металла (5) – 5 баллов;

Итого – 10 баллов.

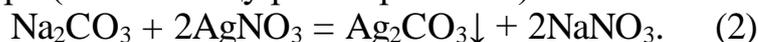
**Задача 10-2.** (Автор – Миренкова Е.В.)

*Решение:*

Составим уравнения происходящих реакций. При прокаливании гидрокарбоната натрия он превращается в карбонат:

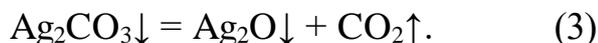


Согласно условию задачи, произошло разложение всего вещества и в твердом остатке только  $Na_2CO_3$ . При добавлении к нему раствора нитрата серебра происходит реакция обмена, в результате чего в осадок выпадает карбонат серебра (см. Таблицу растворимости):

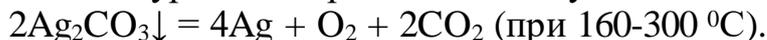


При расчете по этому уравнению нужно будет учесть, какое из веществ прореагирует полностью, а что в растворе останется в избытке – карбонат натрия или нитрат серебра.

При *осторожном* нагревании полученной смеси карбонат серебра как соль малоактивного металла и летучей кислоты будет разлагаться по уравнению:



Возможна запись уравнения реакции в следующем виде:



Выделяющийся углекислый газ и вызывает помутнение известковой воды:



Рассчитаем количество вещества  $\text{NaHCO}_3$ :  $n = 21 / 84 = 0,25$  моль.

По уравнению (1)  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2 n(\text{NaHCO}_3) = 0,125$  моль.

Количество вещества нитрата серебра составляет:

$$n(\text{AgNO}_3) = 340 \cdot 0,1 / 170 = 0,2 \text{ моль.}$$

По уравнению (2) находим, что нитрат серебра в недостатке (на полное взаимодействие с 0,125 моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  его потребовалось бы 0,25 моль).

Избыток карбоната натрия составляет:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{изб.}} = 0,125 - 0,1 = 0,025 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{изб.}} = 0,025 \cdot 106 = 2,65 \text{ г.}$$

Количества веществ и массы образующихся в этой реакции солей:

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{AgNO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,2 \cdot 85 = 17 \text{ г.}$$

$$n(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 1/2 n(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 0,1 \cdot 276 = 27,6 \text{ г.}$$

Необходимости в расчете количеств веществ и масс оксидов серебра и углекислого газа по уравнению (3) нет. Уменьшение массы конечного раствора равно массе карбоната серебра.

Масса конечного раствора составляет:

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m_{\text{р-ра}} \text{ AgNO}_3 - m_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = 0,125 \cdot 106 + 340 - 27,6 = 325,65 \text{ г.}$$

Массовые доли солей в конечном растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,65 / 325,65 = 0,008 \text{ или } 0,8\%,$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = 17 / 325,65 = 0,052 \text{ или } 5,2\%.$$

Объем газа, выделившийся по уравнению (3):

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ л.}$$

Ответ: 0,8%, 5,2%, 2,24 л.

Рекомендации к оцениванию:

- за составление четырех уравнений реакций – 4 балла;
- за расчет количеств веществ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{AgNO}_3$  – 1 балл;
  - за вывод о недостатке  $\text{AgNO}_3$  – 1 балл;
- за расчет количеств веществ и масс  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  – 3 балла;
  - за расчет массы конечного раствора – 1 балл;
- за расчет массовых долей солей в конечном растворе – 1 балл;

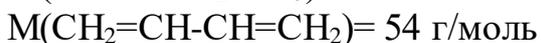
- за расчет объема углекислого газа – 1 балл.

Итого – 12 баллов.

**Задача 10-3.** (Автор – Миренкова Е.В.)

*Решение:*

Запишем формулы веществ и рассчитаем молярные массы:



Молярные массы всех веществ одинаковы. 1 моль любого из них присоединяет по 2 моль брома. Следовательно, пропорции между веществами в смеси не влияют на общий расчет.

Общее уравнение реакции имеет вид:  $\text{C}_4\text{H}_6 + 2\text{Br}_2 = \text{C}_4\text{H}_6\text{Br}_4$ .

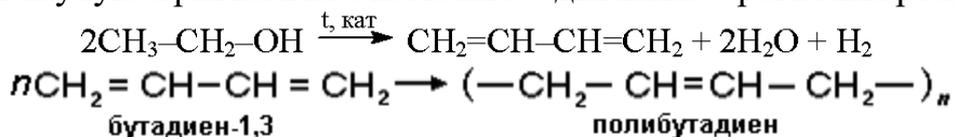
$\nu(\text{C}_4\text{H}_6) = 10,8/54 = 0,2$  моль. По уравнению:  $\nu(\text{Br}_2) = 2\nu(\text{C}_4\text{H}_6) = 0,4$  моль.

Масса брома:  $0,4 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 64 \text{ г}$ .

Масса раствора:  $64/0,05 = 1280 \text{ г}$ .

Объем раствора:  $V = m/\rho = 1280/1,6 = 800 \text{ мл}$ .

Наибольшее практическое значение имеет бутадиен-1,3. Из него получают каучук. Тривиальное название – дивинил. Уравнения реакций:



Макромолекулы каучуков имеют стереорегулярное строение. Цис-форма более эластична, легко скручивается в клубок. Транс-форма менее эластична. Вначале получаемый человеком каучук представлял собой полимер нерегулярного строения. Использование металлоорганических катализаторов в этой реакции позволяет получить каучук с регулярным строением, в котором все звенья цепи имеют цис-конфигурацию.

Рекомендации к оцениванию:

- за обоснование возможности расчета - 1 балл,

- за уравнение реакции в общем виде - 1 балл,

- за расчеты - 2 балла;

- за выбор бутадиена и его тривиальное название – 1 балл;

- за уравнения реакций – 2 балла;

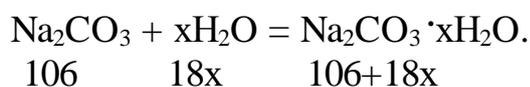
- за указание цис- и транс-форм каучука и описание их свойств – 2 балла.

Итого – 9 баллов.

**Задача 10-4.** (Автор – Миренкова Е.В.)

*Решение:*

При хранении карбонат натрия поглощает влагу и образует кристаллогидрат:



Масса образовавшегося вещества:  $15 \cdot 2,7 = 40,5 \text{ (г)}$ .

Составим пропорцию на основе уравнения реакции:

$$15/106 = 40,5/(106+18x), \text{ откуда } x=10.$$

Состав продукта реакции  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Молярная концентрация:  $C_M = \nu/V = m/M \cdot V = 15/(106 \cdot 1) = 0,14$  моль/л.

Массовая доля вещества в полученном растворе:  $\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}} = m/\rho \cdot V = 15/1,014 \cdot 1000 = 0,0148$  или 1,48%.

Общее число ионов складывается из ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  (соль является сильным электролитом):  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ .

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 15/106 = 0,14 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{ионов в растворе}) = 2 \cdot 0,14 + 0,14 = 0,42 \text{ моль}$$

$$N = 0,42 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,53 \cdot 10^{23} \text{ (ионов)}.$$

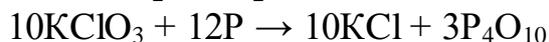
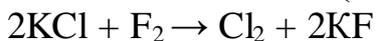
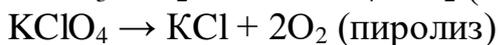
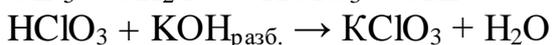
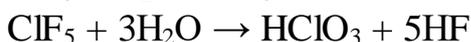
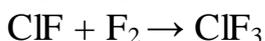
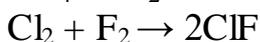
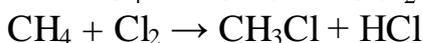
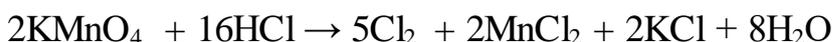
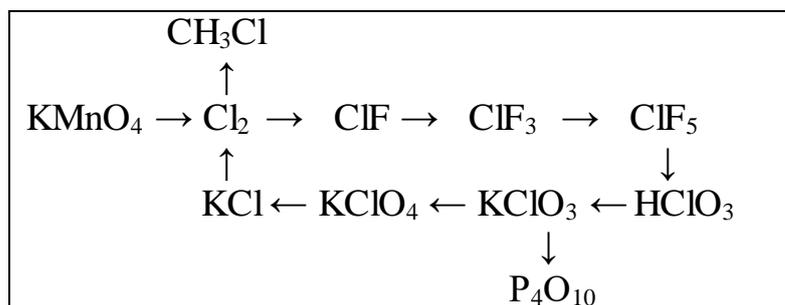
Рекомендации к оцениванию:

- за установление формулы кристаллогидрата – 2 балла;
- за расчет молярной концентрации раствора – 2 балла;
- за расчет массовой доли – 2 балла;
- за расчет числа ионов – 2 балла.

Итого – 8 баллов.

**Задача 10-5.** (Автор – Миренкова Е.В.)

*Решение:*



Рекомендации к оцениванию:

- за определение местоположения веществ в схеме – 3 балла (максимально);
- за каждое уравнение реакции по 1 баллу, всего – 11 баллов.

Итого – 14 баллов.

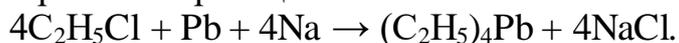
**Задача 10-6.** (Автор – Анисимова Т.В.)

*Решение:*

1) В общем виде формула гомолога тетраметилсвинца –  $(C_nH_{2n+1})_4Pb$ .  
Молярная масса  $X - 207:0,641=323$  г/моль.

$(14n+1) \cdot 4=323-207$ ;  $n=2$ . Вещество  $X$  – тетраэтилсвинец  $(C_2H_5)_4Pb$ .

2) Уравнение реакции:



3) При сгорании топлива, содержащего тетраэтилсвинец, в окружающую среду попадают различные соединения свинца – токсичного тяжелого металла, который склонен накапливаться в экосистемах.

В качестве антидетонационных добавок сейчас применяют кислородсодержащие вещества, в первую очередь метилтретбутиловый эфир, в меньшей степени спирты, а также азотсодержащие соединения.

Рекомендации к оцениванию:

Вывод молекулярной формулы вещества  $X$  – 2 балла;

Уравнение реакции получения тетраэтилсвинца – 4 балла;

Варианты заменителей – 1 балл.

Итого: 7 баллов