

## 9 класс

### Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Б	Б	В	Г	Г	В	В	А	Г	В	В	Г	Б	Г	Г

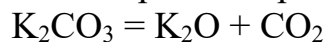
По 1 баллу за правильный ответ. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Всего максимум 15 баллов.

### Задание 2.

1. Sodium – латинское название натрия. Состав содово-известкового стекла можно выразить формулой  $x\text{Na}_2\text{O}\cdot y\text{CaO}\cdot z\text{SiO}_2$ . (1 балл)

2. В процессе сплавления протекают реакции разложения карбонатов:



Итоговое количество оксида калия равно количеству карбоната калия:  $n(\text{K}_2\text{O}) = n(\text{K}_2\text{CO}_3) = m(\text{поташа}) \cdot w(\text{K}_2\text{CO}_3) / M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 484 \cdot 0,97 / 138,20 = 3,397$  моль; то же справедливо и для карбоната кальция:  $n(\text{CaO}) = n(\text{CaCO}_3) = m(\text{мела}) \cdot w(\text{CaCO}_3) / M(\text{CaCO}_3) = 362 \cdot 0,94 / 100,09 = 3,400$  моль.

Количество диоксида кремния может быть найдено следующим образом:  $n(\text{SiO}_2) = m(\text{песка}) \cdot w(\text{SiO}_2) / M(\text{SiO}_2) = 1316 \cdot 0,93 / 60,08 = 20,371$  моль. Тогда соотношение  $x:y:z$  равно  $3,397 : 3,400 : 20,371 = 1:1:6$ . (3 балла)

3. Масса стекла может быть найдена как сумма масс его составляющих:

$$m(\text{стекла}) = m(\text{K}_2\text{O}) + m(\text{CaO}) + m(\text{SiO}_2) = n(\text{K}_2\text{O}) \cdot M(\text{K}_2\text{O}) + n(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO}) + n(\text{SiO}_2) \cdot M(\text{SiO}_2) = 3,397 \cdot 94,2 + 3,400 \cdot 56,08 + 20,371 \cdot 60,08 = 1734 \text{ г (1 балл)}$$

4. Выразим массовые доли кислорода и кальция через  $x$ ,  $y$  и  $z$ :

$$w(\text{O}) = 16,00 \cdot (x + y + 2 \cdot z) / (94,2 \cdot x + 56,08 \cdot y + 60,08 \cdot z) = 0,4192$$

$$w(\text{Ca}) = 40,08 \cdot y / (94,2 \cdot x + 56,08 \cdot y + 60,08 \cdot z) = 0,0553$$

Делением одного уравнения на другое получим:

$$16,00 \cdot (x + y + 2 \cdot z) / (40,08 \cdot y) = 0,4192 / 0,0553 = 7,58;$$

$$18 \cdot y = x + 2 \cdot z$$

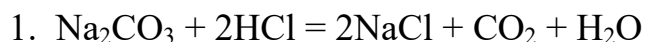
Для удобства зафиксируем одну из переменных:  $y = 1$ . Подстановка в одно из исходных уравнений ведёт к  $x = 2$  и  $z = 8$ , откуда  $x : y : z = 2 : 1 : 8$  (3 балла)

5. Обозначим формулу оксида как  $\text{MO}_x$ . Тогда массовая доля кислорода может быть выражена как  $w(\text{O}) = 16,00 \cdot x / (M(\text{M}) + 16,00 \cdot x) = 0,4800$ . Решение данного уравнения даёт  $M(\text{M})/x = 17,33$ , что соответствует хрому при  $x = 3$ . Таким образом, формула первого оксида –  $\text{CrO}_3$ . (1 балл)

Аналогичный расчёт по массовой доле металла для второго оксида даёт  $x = 1,5$ . Искомый оксид будет верно записать не как  $\text{CrO}_{1,5}$ , а как  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . (1 балл)

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 3.**



Пусть  $a, b, c$  – массовая доля карбоната натрия в растворах **А**, **В** и **С**. При н.у. 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л. Из уравнения реакции количество углекислого газа равно количеству карбоната в реакции. Молярная масса карбоната натрия – 106 г/моль. Запишем и решим систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} 150a + 100b + 50c = \frac{8,92}{22,4} \cdot 106 \\ 150a + 100b + 150c = \frac{12,09}{22,4} \cdot 106 \\ 100a + 100b + 100c = \frac{8,85}{22,4} \cdot 106 \end{cases}$$

$$a = 0,156; b = 0,112; c = 0,150.$$

Таким образом, массовые доли карбоната натрия в растворах **А**, **В** и **С** соответственно равны **15,6%**, **11,2%**, **15,0%** (по 1 баллу).

2. Массовая доля соли в каждой из смесей будет находиться как отношение массы карбоната натрия и общей массы раствора.

$$\text{Смесь 1: } \frac{\frac{8,92}{22,4} \cdot 106}{300} \cdot 100\% = \mathbf{14,1\%}$$

$$\text{Смесь 2: } \frac{\frac{12,09}{22,4} \cdot 106}{400} \cdot 100\% = \mathbf{14,3\%}$$

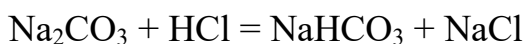
$$\text{Смесь 3: } \frac{\frac{8,85}{22,4} \cdot 106}{300} \cdot 100\% = \mathbf{14,0\% \text{ (по 0,5 балла)}}$$

3. Найдем количество кислоты и карбоната натрия:

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{8,85}{22,4} = 0,395 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{103 \cdot 0,14}{36,5} = 0,395 \text{ моль}$$

Поскольку газ не выделялся, реакция идет с образованием гидрокарбоната натрия:



В растворе остаются две соли, количества которых равны также 0,395 моль. Масса раствора  $103 + 300 = 403$  г. Тогда массовые доли компонентов:

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,395 \cdot 84}{403} \cdot 100\% = 8,2\%$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,395 \cdot 58,5}{403} \cdot 100\% = 5,7\%$$

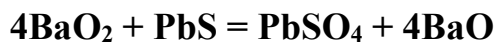
**(По 1 баллу).**

4. Смесь 1 состоит из 42,2 г соли и  $300 - 42,2 = 257,8$  г воды. Если при  $0^\circ\text{C}$  выпадет  $x$  г гидрата, то масса воды в растворе уменьшится до  $257,8 - 180x/286$  г, в которой будет растворено  $6,75/100 \cdot (257,8 - 180x/286)$  г соли. Тогда из условия сохранения общей массы соли  $6,75/100 \cdot (257,8 - 180x/286) + 106/286x = 42,2$  находим  $x = 75,6$  г осадка **(2,5 балла).**

**Всего максимум 9 баллов.**

#### **Задание 4.**

1. Смесь сульфида свинца с пероксидом бария после реакции меняет цвет с **чёрного на белый**:



Карбонат никеля разлагается при нагревании, изменяя цвет с **зелёного на чёрный**:



**(по 1 баллу за реакцию и по 0,25 баллов за каждый цвет; итого до 3 баллов за пункт)**

2. Общая формула кристаллогидрата  $\text{MCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Потеря массы при нагревании этого вещества – это массовая доля воды в соединении. Выразим её через молярную массу металла  $M$  и  $n$ :

$w(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \cdot n / (M + 70,91 + 18,02 \cdot n) = 0,4544$ . После преобразований получим:

$M = 21,64 \cdot n - 70,91$ . Составим таблицу зависимости  $M$  от  $n$ , заметив, что при  $n < 4$  молярная масса отрицательна:

$n$	4	5	6	7	8
$M$	15,65	37,29	58,93	80,57	102,21

Молярная масса около 59 г/моль соответствует никелю или кобальту, но описанные цвета характерны только для кобальта. Молярная масса около 102

г/моль соответствует родию, но его нельзя назвать распространённым металлом. Таким образом, искомое соединение -  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (2 балла).

3.  $\text{K}_2\text{HgI}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{HgI}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$  либо  
 $\text{K}_2\text{HgI}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{HgI}_4 + 2\text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (2 балла за любую из реакций)

4. Установим уравнение связи между температурой перехода и составом термоиндикатора. Для  $x = 0$  температура перехода составляет  $70^\circ\text{C}$ , а для  $x = 2$   $40^\circ\text{C}$ . Записав уравнение связи как  $T = ax + b$ , получим для параметра  $b$  значение  $70$ , а для  $a$   $-15$ . Таким образом,  $T = 70 - 15x$ .

Для термоиндикатора, меняющего цвет при  $45^\circ\text{C}$ ,  $x$  будет равен  $1,667$ . Тогда его формулу можно будет выразить как  $\text{Ag}_{1,667}\text{Cu}_{0,333}\text{HgI}_4$  или  $\text{Ag}_5\text{Cu}[\text{HgI}_4]_3$  (2 балла)

5. Если массовые доли меди и серебра одинаковы, то в одном моле термоиндикатора содержатся равные массы ионов этих металлов. Т.е.  $x$  определяется из уравнения:

$$107,87 \cdot x = 63,55 \cdot (2-x)$$

Решение данного уравнения даёт  $x = 0,7415$ . Температура перехода может быть найдена по выведенному ранее уравнению:  $T = 70 - 15 \cdot 0,7415 = 58,9^\circ\text{C}$  (2 балла)

**Всего максимум 11 баллов**