

## 9 класс

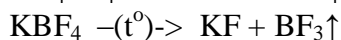
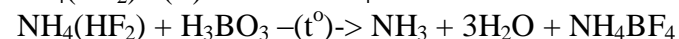
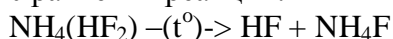
### № 1

- 1) При термическом разложении солей аммония обычно выделяется аммиак. Если предположить, что потери массы определяются выделением аммиака, то молярная масса **Б** составляет  $100 \cdot 17 / 35 = 48,6$  г/моль. При однозарядном анионе молярная масса аниона должна быть  $48,6 - 18 = 30,6$  г/моль. Нет разумного варианта аниона из элементов 2 периода.
- 2) Значит 35% потери по массе происходят за счет выделения газообразной кислоты **А**. Предположим, что **А** = HF. Тогда молярная масса **Б** составляет  $100 \cdot 20 / 35 = 57$  г/моль. И молярная масса аниона  $57 - 18 = 39$  г/моль. Это анион  $\text{HF}_2^-$ . Тогда **Б** =  $\text{NH}_4(\text{HF}_2)$ .
- 3) Кислота **В** - кислородсодержащая кислота элемента 2-ого периода – либо угольная, либо борная. Реакция идет при нагревании, значит, **В** - борная кислота.
- 4) **Ж** – калиевая соли кислоты **А**, т.е. **Ж** = **KF**
- 5) При взаимодействии борной кислоты с  $\text{NH}_4(\text{HF}_2)$  происходит образование аммонийной соли прочного аниона  $\text{BF}_4^-$

Идентификация веществ:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
HF	NH <sub>4</sub> (HF <sub>2</sub> )	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> BF <sub>4</sub>	KBF <sub>4</sub>	BF <sub>3</sub>	KF

Уравнения реакций:



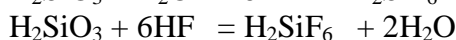
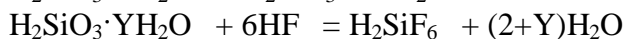
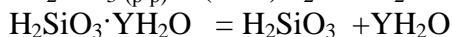
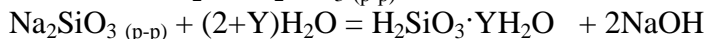
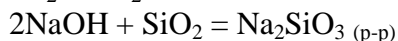
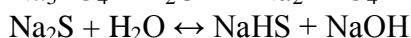
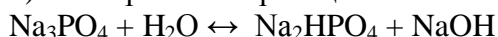
Рекомендации к оцениванию:

1.	Разложение соли аммония по количественным данным – 1 балл	1 балла
2.	Определение веществ А – Ж по 1 баллу	7 баллов
3.	Уравнения реакций по 0,5 балла	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

### № 2

1) А – H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> · YH<sub>2</sub>O, В – H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, X – плавиковая кислота, HF

2) Уравнения реакций:



3) Серная кислота в моющей смеси кислот, понижает активность плавиковой, делает ее менее едкой по отношению к стеклянной посуде. Чистая плавиковая кислота разъедала бы стенки стеклянных сосудов.

4) В концентрированном растворе гидроксида натрия очень высокое значение pH, и хотя оксид кремния из стекла постепенно растворяется, но реакция гидролиза силиката натрия не идет, и осадок кремниевой кислоты не выпадет

Рекомендации к оцениванию:

1.	Установление соединений А и В по 1 баллу Установление соединения X – 1.5 балла	3.5 балла
2.	Уравнения реакций по 0.5 балла	3.5 балла
3.	Объяснение роли серной кислоты – 1.5 балла Объяснение отсутствия вещества А с концентрированным раствором гидроксида натрия – 1.5 балла	3 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

### № 3

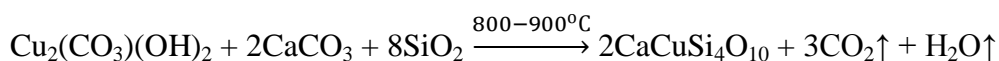
1. Сумма массовых долей кальция, меди и кремния в проанализированном образце меньше 100%. Исходя из способа получения «египетского синего» можно предположить, что оставшиеся 42,55% приходятся на кислород.

Установим молекулярную формулу пигмента:

$$\frac{\omega(\text{Ca})}{A(\text{Ca})} : \frac{\omega(\text{Cu})}{A(\text{Cu})} : \frac{\omega(\text{Si})}{A(\text{Si})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} = \frac{10,66}{40,08} : \frac{16,90}{63,55} : \frac{29,88}{28,09} : \frac{42,55}{16,00} = 0,266 : 0,266 : 1,064 : 2,66 = 1 : 1 : 4 : 10$$

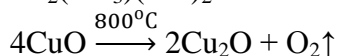
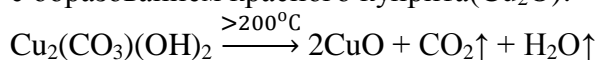
Следовательно, химическая формула «египетского синего»: CaCuSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>.

2. Синтез пигмента протекал согласно уравнению



Малахит Известняк Песок

3. В условиях получения «египетского синего» малахит уже при температуре выше 200°C разлагается до CuO, который при более высокой (>800°C) температуре начинает разлагаться с образованием красного куприта(Cu<sub>2</sub>O):



Продувка через печь кислорода воздуха значительно уменьшала количество образывавшегося куприта (сдвигая равновесие последней реакции влево).

1. Добавлявшиеся в минеральную смесь NaCl или K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> выступали в роли флюса, снижая температуру плавления смеси минералов, что облегчало протекание процесса. Кроме того, они способствовали стеклообразованию после охлаждения продукта, что делало его более однородным. Использованная литература: Н. Verke, *Chem. Soc. Rev.*, **2007**, 36, 15–30 |

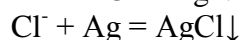
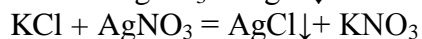
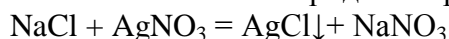
#### Рекомендации к оцениванию:

1.	Правильная химическая формула «египетского синего» – 4 балла	4 балла
2.	Уравнение реакции синтеза «египетского синего» – 3 балла	3 балла
3.	Роль кислорода воздуха в процессе производства – 2 балла Роль флюсов – 1 балл	3 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

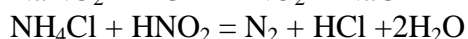
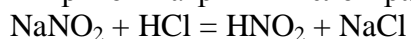
#### № 4

1) При прокаливании смеси происходит разложение хлорида аммония:  $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$

2) Оставшийся сплав хлоридов натрия и калия реагирует с нитратом серебра:



3) С нитритом натрия в кислом растворе взаимодействует соль аммония. Реакции:



4) Перейдем к расчету. Рассчитаем количество выделившегося азота:

Откуда  $m(\text{N}_2) = 740 \cdot 46,5 \cdot 28 / 62400 \cdot 292 = 0,0529 \text{ г}$   $n(\text{N}_2) = 1,89 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 9,44 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$   $m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 9,44 \cdot 10^{-4} \cdot (14+4+35,5) = 0,0505 \text{ г}$

5) Масса хлоридов натрия и калия составляет 1,00 – 0,05 = 0,95 г. Пусть хлорида натрия в смеси X г, а хлорида калия – Y г.  $M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{KCl}) = 74,5 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{AgCl}) = 143,4 \text{ г/моль}$ ;

Тогда составляем систему уравнений

$$X + Y = 0,95$$

$$X/58,5 + Y/74,5 = 1,89/143,4$$

Откуда X = 0,114 г NaCl Y = 0,836 г KCl

6) Состав смеси:  $\omega(\text{Na-Cl}) = 11,4\%$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 83,6\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 5,0\%$ ;

#### Рекомендации к оцениванию:

1.	Уравнения реакций – по 1 баллу	5 баллов
2.	Расчет массы хлорида аммония – 2 балла Расчет массы хлоридов натрия и калия – 2 балла	4 балла
3.	Определение состава смеси – 1 балл	1 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

### № 5

1) В пересчете на  $P_2O_5$  внести потребуется  $m(P_2O_5) = 0.49 \cdot \frac{500}{10} = 24.5$  кг

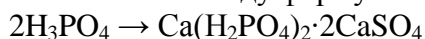
$$v(P_2O_5) = \frac{24500}{142} = 172.54 \text{ моль}$$

Одна формульная единица  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4$  содержит 2 атома фосфора – столько же, сколько и молекула  $P_2O_5$ , следовательно:

$$v(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4) = 172.54 \text{ моль}$$

$$m(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4) = 172.54 \cdot 506 = 87305 \text{ г} = \mathbf{87.3 \text{ кг}}$$

2) Для дальнейших расчетов воспользуемся стехиометрической схемой (количественная взаимосвязь между формульными единицами по числу атомов фосфора):



$$v(H_3PO_4) = \frac{68.6}{98} = 0.7 \text{ кмоль}$$

$$v(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4) = \frac{0.7}{2} = 0.35 \text{ кмоль}$$

$$m(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4) = 0.35 \cdot 506 = \mathbf{177.1 \text{ кг}}$$

$$3) v(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4) = 0.35 \text{ кмоль} = v(P_2O_5)$$

$$m(P_2O_5) = 0.35 \cdot 142 = 49.7 \text{ кг}$$

$$\text{Число упаковок } n = \frac{49.7}{0.49} = \mathbf{101}$$

$$\text{Площадь } S = 101 \cdot 10 = \mathbf{1010 \text{ м}^2}$$

#### Рекомендации к оцениванию:

<b>1.</b>	Количества $P_2O_5$ – 1 балл Масса $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4$ – 2 балла	3 балла
<b>2.</b>	Количества $H_3PO_4$ – 1 балл Масса $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2CaSO_4$ – 2 балла	3 балла
<b>3.</b>	Число упаковок и площадь – по 2 балла	4 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

### № 6

1) Анализ приведенных данных позволяет утверждать, что  $Y$  – оксид. Пусть формула газообразного оксида  $\text{Э}_2\text{O}_n$ , тогда

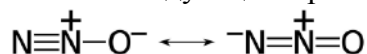
$$2 : n = \frac{0.6364}{M(\text{Э})} : \frac{0.3636}{16} = \frac{0.6364}{M(\text{Э})} : 0.022725 = 1 : 0.0357M(\text{Э}) = 2 : 0.0714M(\text{Э})$$

откуда  $0.0714M(\text{Э}) = n$

$$M(\text{Э}) = 14n$$

n	1	2	3
M(Э)	14	28	42

Искомый элемент Э – азот N, а вещество  $Y$  –  $N_2O$ , оксид азота (**I**), веселящий газ. Его структурная формула может описываться следующими резонансными структурами:



Учитывая, что число атомов кислорода в молекулах  $X$  и  $Y$  одинаковое, легко вычислить молярную массу  $X$ :

$$M(X) = \frac{16 \cdot 1}{0.2162} = \mathbf{74 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}$$

Пусть формула вещества  $X$  –  $C_xH_yO$ , тогда его молярная масса:

$$M(X) = 12x + y + 16 = 74$$

$$\text{Откуда } y = 58 - 12x$$

x	1	2	3	4
y	46	34	22	10

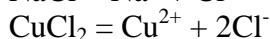
Вещество  $X$  –  $C_4H_{10}O$ , а точнее  $(C_2H_5)_2O$  или  $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ , диэтиловый эфир, эфир.

**Рекомендации к оцениванию:**

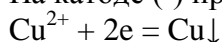
1.	Молекулярные формулы X и Y по 2 балла	4 балла
2.	Структурные формулы X и Y по 2 балла	4 балла
3.	Расчеты с обоснованием – 2 балла	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>

**№ 7**

Запишем диссоциацию солей:



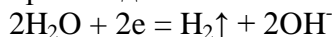
На катоде (-) происходит восстановление ионов меди(II):



Масса катода увеличивается за счёт образования металлической меди, масса которой составляет 3,2 г. Количество вещества меди  $n(\text{Cu}) = 3,2 \text{ г} : 64 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$ . На восстановление меди потребовалось  $2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль}$  электронов. Всего через раствор пропустили  $(3,35 \text{ А} \cdot 4 \cdot 3600 \text{ сек}) / (96500 \text{ Кл/моль}) = 0,5 \text{ моль}$  электронов. Следовательно, все ионы меди(II) восстановились до металлической меди. Отсюда  $n(\text{CuCl}_2) = n(\text{Cu}) = 0,05 \text{ моль}$ :

$$C(\text{CuCl}_2) = 0,05 \text{ моль} / 0,2 \text{ л} = 0,25 \text{ моль/л}$$

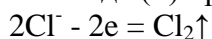
После того, как все ионы меди(II) восстановились до металлической меди, на катоде происходило восстановление воды, где участвовало  $0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ моль}$  электронов



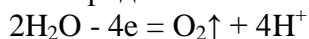
На катоде образовалось  $0,4/2 = 0,2 \text{ моль}$   $\text{H}_2$

$$V(\text{H}_2)_{\text{н.у.}} = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л}$$

На аноде (+) происходит окисление хлорид – ионов:



Если на аноде выделяется только хлор, то его плотность по  $\text{NO}_2$  составляет  $d(\text{Cl}_2)_{\text{NO}_2} = 71 \text{ г/моль} : 46 \text{ г/моль} = 1,54$ , что значительно больше плотности выделившиеся на аноде газов. Следовательно, на аноде происходит также реакция с образованием более легкого кислорода:



Это означает, что количество электронов, прошедших через раствор больше, чем требуется для окисления хлорид ионов. Молярная масса смеси газов, выделившиеся на аноде, составляет  $M(\text{смеси}) = 1,025 \cdot 46 \text{ г/моль} = 47,15 \text{ г/моль}$ . Рассчитаем мольные доли кислорода  $X(\text{O}_2)$  и хлора  $X(\text{Cl}_2)$  в смеси. Возьмем 1 моль смеси.

$$X(\text{O}_2) \cdot 32 + X(\text{Cl}_2) \cdot 71 = 47,15$$

$$X(\text{O}_2) \cdot 32 + (1 - X(\text{O}_2)) \cdot 71 = 47,15$$

$$X(\text{O}_2) = 0,61$$

$$X(\text{Cl}_2) = 1 - 0,61 = 0,39$$

Всего через раствор пропустили 0,5 моль электронов. Для образования 1 моля хлора требуется 2 моль электронов, а для образования 1 моля кислорода требуется 4 моль электронов. Пусть  $x$  моль электронов пошло на окисление хлорид-ионов. Тогда на окисление воды пошло  $0,5 - x$  моль электронов. Хлора выделилось  $n(\text{Cl}_2) = x/2 = 0,5 x$  моль. Кислорода выделилось  $n(\text{O}_2) = (0,5 - x)/4 = (0,125 - 0,25 x)$  моль. Количества веществ также относятся друг другу как мольные доли:

$$n(\text{Cl}_2) : n(\text{O}_2) = X(\text{Cl}_2) : X(\text{O}_2)$$

$$0,5x : (0,125 - 0,25 x) = 0,39 : 0,61, \text{ откуда } x = 0,12 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0,12/2 = 0,06 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} = 0,06 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,34 \text{ л}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,125 - 0,25 \cdot 0,12 = 0,095 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2)_{\text{н.у.}} = 0,095 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,13 \text{ л}$$

$$n(\text{Cl}^-) = x = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{Cl}^-) - n(\text{CuCl}_2) \cdot 2 = 0.12 - 0.05 \cdot 2 = 0.02 \text{ моль}$$

$$C(\text{NaCl}) = 0.02 \text{ моль} / 0.2 \text{ л} = 0.1 \text{ моль/л}$$

Объём газов, образовавшийся на катоде и аноде составляет:

$$V_{\text{общ}} = V(\text{H}_2)_{\text{н.у.}} + V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} + V(\text{O}_2)_{\text{н.у.}} = 4.48 \text{ л} + 1.34 \text{ л} + 2.13 \text{ л} = 7.95 \text{ л}$$

**Рекомендации к оцениванию:**

1.	Уравнения (полуреакции) катодных и анодных процессов (4 полуреакции) по 1 баллу	4 балла
2.	Расчёт исходной концентрации хлорида меди(II) – 1 балл Расчёт исходной концентрации хлорида натрия – 3 балла	4 балла
3.	Расчёт объёма газов, образовавшихся на катоде и аноде – 2 балла	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		<b>10 баллов</b>