

## 9 класс

### № 1

Жидкость, появившаяся в первом опыте, вероятно, вода. По-видимому, вещество является кристаллогидратом. Из результатов прокаливания видно, что вода составляет 21.7% минерала по массе.

Нерастворимый в щелочи белый осадок, вероятно, гидроксид магния. Следовательно, исходный минерал содержит магний, притом его содержание составляет по массе 9.7%.

Осадок, выпадающий при действии хлорида бария – сульфат бария. Сульфат-ион составляет 38.6% от массы минерала.

Осадок, выпадающий при действии нитрата серебра, – хлорид серебра. Хлорид-ион составляет 14.3% от массы минерала.

Пусть в состав одной формульной единицы минерала входит один ион магния. Тогда количество сульфат-ионов составит  $24 \cdot 38.6 / (9.7 \cdot 96) = 1$ , количество хлорид-ионов –  $24 \cdot 14.3 / (9.7 \cdot 35.5) = 1$ , количество воды –  $24 \cdot 21.7 / (9.7 \cdot 18) = 3$ .

Очевидно, что в состав минерала входит еще один однозарядный катион. Его масса составит 15.7% от массы минерала. Тогда  $M = 24 \cdot 15.7 / 9.7 = 39$  г/моль – калий.

Состав минерала **KCl·MgSO<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O**.

#### Рекомендации к оцениванию:

1. Определение присутствия воды, ионов магния, хлорид- и сульфат-ионов – по 0.5 балла 2 балла
2. Определение количества воды, ионов магния, хлорид- и сульфат-ионов – по 1 баллу 4 балла
3. Определение неизвестного катиона (калия) 2 балла
4. Итоговый состав минерала 2 балла

**ИТОГО: 10 баллов**

### № 2

Количество оксида иода (V) в образце:  $v(\text{I}_2\text{O}_5) = \frac{8.35}{334} = 0.025$  моль

Количество всех атомов кислорода в образце:  $v(\text{O}) = 0.025 \cdot 5 = 0.125$  моль

Масса кислорода (как элемента) в образце:  $m(\text{O}) = 0.125 \cdot 16 = 2$  г

Масса кислорода, приходящаяся на изотоп  $^{17}\text{O}$ :  $m(^{17}\text{O}) = 2 \cdot 0.00037 = \mathbf{0.00074}$  г

Количество кислорода  $^{17}\text{O}$  в образце:  $v(^{17}\text{O}) = \frac{0.00074}{17} = 4.353 \cdot 10^{-5}$  моль

Поскольку в молекуле оксида иода (V) 5 атомов кислорода, одна такая молекула может содержать от 1 до 5 изотопов  $^{17}\text{O}$ .

*1 случай.* Один изотоп  $^{17}\text{O}$  в молекуле. Число молекул, содержащих такой изотоп, будет максимальным в образце:

$v(\text{I}_2\text{O}_5) = v(^{17}\text{O}) = 4.353 \cdot 10^{-5}$  моль

$N(\text{I}_2\text{O}_5) = 4.353 \cdot 10^{-5} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{2.62 \cdot 10^{19}}$

*2 случай.* Пять изотопов  $^{17}\text{O}$  в молекуле. Число молекул, содержащих такой изотоп, будет минимальным в образце:

$v(\text{I}_2\text{O}_5) = \frac{v(^{17}\text{O})}{5} = 0.871 \cdot 10^{-5}$  моль

$N(\text{I}_2\text{O}_5) = 0.871 \cdot 10^{-5} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{5.24 \cdot 10^{18}}$

Таким образом, число молекул, содержащих изотоп кислорода  $^{17}\text{O}$ , в образце находится в интервале от  $\mathbf{5.24 \cdot 10^{18}}$  до  $\mathbf{2.62 \cdot 10^{19}}$ .

Химические реакции в основе определения угарного газа при помощи оксида иода (V):

Качественное определение:  $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{CO} \rightarrow \text{I}_2 + \text{CO}_2$

Наличие иода фиксируется с помощью крахмала

Количественное определение:  $I_2 + Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$

Выделившийся иод  
титруется раствором  
тиосульфата

**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Расчет массы изотопа $^{17}O$ в образце                        | 2 балла |
| 2. Учет атомной массы изотопа при вычислении количества           | 1 балл  |
| 3. Указание на существование интервала значений                   | 1 балл  |
| 4. Расчет минимального и максимального числа молекул – по 2 балла | 4 балла |
| 5. Реакции для определения $I_2O_5$ – по 1 баллу                  | 2 балла |

**ИТОГО: 10 баллов**

**№ 3**

1. По описанию процессов в условии задачи очевидно, что вещества А – С принадлежат к классу оксидов, выведем их формулы:

$$A \quad \omega(O) = 100 - 92.83 = 7.17\%$$

$$B \quad \omega(O) = 100 - 90.66 = 9.34\%$$

$$C \quad \omega(O) = 100 - 86.61 = 13.39\%$$

Пусть формула искомого оксида –  $X_xO_y$ .

Для вещества А:

$$x : y = \frac{92.83}{A_r(X)} : \frac{7.17}{16} = \frac{92.83}{A_r(X)} : 0.448 = \frac{207.2}{A_r(X)} : 1$$

Химическому смыслу удовлетворяет единственный вариант:  $A_r(X) = 207.2$ , т.е. неизвестный элемент – свинец, основной компонент минерала –  $PbCO_3$ . Аналогично, можно вывести формулы других оксидов:

**В:**

$$x : y = \frac{90.66}{207} : \frac{9.34}{16} = 0.438 : 0.584 = 1 : 1.333 = 3 : 4$$

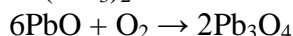
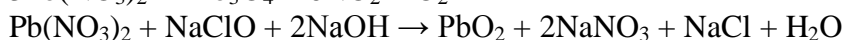
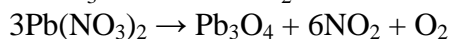
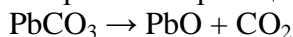
**С:**

$$x : y = \frac{86.61}{207} : \frac{13.39}{16} = 0.418 : 0.837 = 1 : 2$$

Таким образом:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
PbO	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	PbO <sub>2</sub>

2. Уравнения реакций:



3. В заряженном состоянии катод состоит из  $PbO_2$ , анод – из Pb. Уравнение разрядки аккумулятора:



**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Установление элемента X с расчетом – 1.5 балла        | 3 балла |
| Формулы А – С – по 0.5 балла                             |         |
| 2. Уравнения реакций – по 1 баллу                        | 4 балла |
| 3. Состав электродов и уравнение разрядки – по 1.5 балла | 3 балла |

**ИТОГО: 10 баллов**

**№ 4**

По атомным массам элементов находим брутто формулы веществ:

Вещество 1 –  $H_4O_8P_2Ca$  –  $Ca(H_2PO_4)_2$  – дигидроортофосфат кальция, кислая соль.

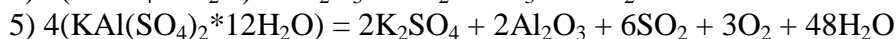
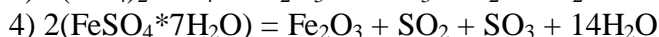
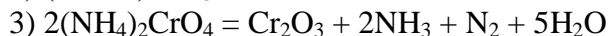
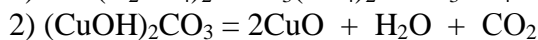
Вещество 2 –  $H_2O_5CCu_2$  –  $(CuOH)_2CO_3$  – карбонат гидроксомеди, основная соль.

Вещество 3 –  $H_8O_4N_2Cr$  –  $(NH_4)_2CrO_4$  – хромат аммония, средняя соль.

Вещество 4 –  $H_{14}O_{11}SFe$  –  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  – гептагидрат сульфата железа(II), средняя соль, железный купорос.

Вещество 5 –  $H_{24}O_{20}S_2KAl$  –  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  – сульфат калия-алюминия (кристаллогидрат), смешанная соль, алюмокалиевые квасцы или  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ .

Уравнения реакций прокаливания:



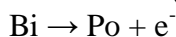
### Рекомендации к оцениванию:

- |   |            |
|---|------------|
| 1. Формулы веществ – по 0.75 балла                    | 3.75 балла |
| 2. Название и классификация – по 0.5 балла            | 2.5 балла  |
| 3. Уравнения реакций с коэффициентами – по 0.75 балла | 3.75 балла |

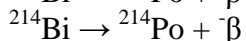
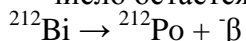
**ИТОГО: 10 баллов**

### № 5

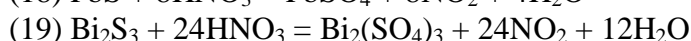
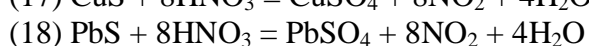
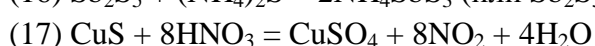
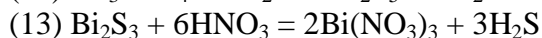
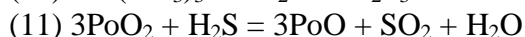
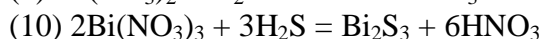
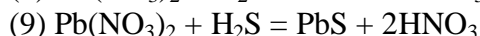
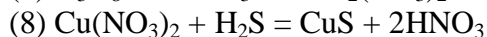
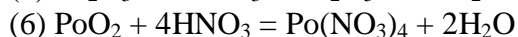
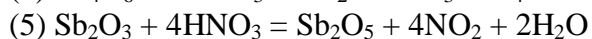
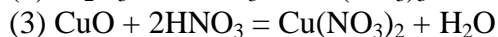
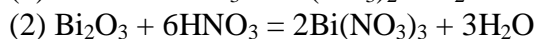
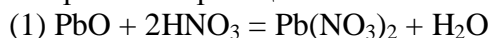
1. Как известно, Марией Кюри было открыто два новых элемента – радий и полоний. Возможность образования одного из них в одну стадию при радиоактивном распаде какого-то из перечисленных в условии задачи элементов однозначно указывает на полоний (элемент X):

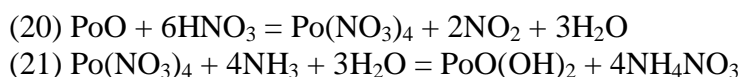


Речь идет о бета-минус распаде: заряд ядра атома увеличивается на единицу, а массовое число остается неизменным.



2. Уравнения реакций:





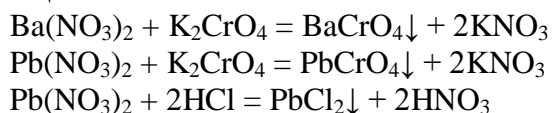
**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |          |
|--|----------|
| 1. Определение элемента X  | 2 балла  |
| 2. Тип распада   | 1 балл   |
| 3. Изменение заряда ядра и массового числа – по 0.5 балла                        | 1 балл   |
| 4. Уравнение реакции (7)   | 1 балл   |
| 5. Остальные уравнения реакций – по 0.25 балла (если не уравнены – по 0.1 балла) | 5 баллов |

**ИТОГО: 10 баллов**

**№ 6**

Реакции:



Электролиз  $\text{PbCl}_2$  дает на катоде свинец, на аноде хлор.

Молярные массы солей:  $M(\text{PbCrO}_4) = 323$  г/моль,  $M(\text{BaCrO}_4) = 253$  г/моль,  $M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261$  г/моль,  $M(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 331$  г/моль,  $M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 164$  г/моль.

Из навески смеси 0.737 г выделилось 0.133 г свинца.  $n(\text{Pb}) = 0.133 : 207 = 0.000643$  моль.

Свинца по массе:  $(0.133 : 0.727) * 100 = 18.3\%$ .

$m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0.000643 * 331 = 0.213$  г.

В навеске смеси нитратов 1.204 г содержится  $(0.213 : 0.737) * 1.108 = 0.320$  г нитрата свинца, который должен дать  $m(\text{PbCrO}_4) = (0.320 : 331) * 323 = 0.312$  г.

Тогда масса осажденного хромата бария составляет  $0.688 - 0.312 = 0.376$  г  $\text{BaCrO}_4$ , на осаждение которого потребовалось:  $(0.376 : 253) * 261 = 0.388$  г нитрата бария.

Тогда нитрата кальция в исходной смеси  $1.204 - 0.388 - 0.320 = 0.496$  г.

В 0.407 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  содержится:  $(0.496 : 164) * 40 = 0.121$  г кальция, и содержание кальция в смеси нитратов составляет:  $(0.121 : 1.204) * 100 = 10.0\%$ .

Нитрата бария в исходной смеси 0.388 г. В 0.388 г  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  содержится:  $(0.388 : 261) * 137 = 0.204$  г бария, и содержание бария в смеси нитратов составляет:  $(0.204 : 1.204) * 100 = 16.9\%$ .

Содержание металлов в смеси нитратов:

**$w(\text{Pb}) = 18.3\%$ ;  $w(\text{Ba}) = 16.9\%$ ;  $w(\text{Ca}) = 10.0\%$ .**

Состав смеси нитратов:

**$w(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = (0.388 : 1.204) * 100 = 32.2\%$**

**$w(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = (0.320 : 1.204) * 100 = 26.6\%$**

**$w(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = (0.496 : 1.204) * 100 = 41.2\%$**

**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Уравнения реакций – по 1 баллу                                 | 3 балла |
| 2. Электролиз и его расчет  | 1 балл  |
| 3. Определение массового содержания металлов в смеси – по 1 баллу | 3 балла |
| 4. Состав смеси солей – по 1 баллу                                | 3 балла |

**ИТОГО: 10 баллов**

**№ 7**

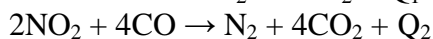
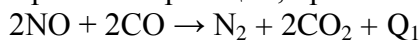
1. Оксиды азота:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ . К нитрозным газам можно отнести все, кроме  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Взаимодействие газов **A** и **B** – процесс конпропорционирования, таким образом при охлаждении можно получить неустойчивый оксид азота (III) –  $\text{N}_2\text{O}_3$  (**E**). Значит, **A** и **B** –  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ . Газы **B** и **C** имеют равное массовое содержание образующих их элементов. Следовательно, соединение **C** – это димер соединения **B**, т.е.  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<i>NO</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></i>	<i>N<sub>2</sub>O</i>	<i>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>

2. Количество смеси отходящих газов может быть рассчитано по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.2 \cdot 101325 \cdot 106.5 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot (350 + 273)} = 2.5 \text{ моль}$$

Уравнения реакций, протекающих при восстановлении смеси отходящих газов:



Рассчитаем тепловые эффекты этих реакции по закону Гесса:

$$Q_1 = 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{NO}) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}) = 2 \cdot 393.5 + 2 \cdot 90.3 - 2 \cdot 110.5 = 746.6 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 4Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{NO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}) = 4 \cdot 393.5 + 2 \cdot 33.5 - 4 \cdot 110.5 = 1199.0 \text{ кДж}$$

Пусть количества газов в смеси:  $v(\text{NO}) = x$  моль,  $v(\text{NO}_2) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} x + y = 2.5 \\ \frac{746.6}{2} \cdot x + \frac{1199.0}{2} \cdot y = 989.8 \end{cases}$$

Решая данную систему, получим:

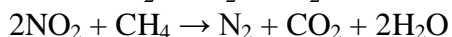
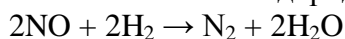
$$\begin{cases} x = 2.25 \\ y = 0.25 \end{cases}$$

Следовательно, объемные (мольные) доли газов в смеси:

$$\varphi(\text{NO}) = \frac{2.25}{2.25 + 0.25} = \mathbf{0.9 (90\%)}$$

$$\varphi(\text{NO}_2) = 1 - 0.9 = \mathbf{0.1 (10\%)}$$

3. В качестве других газов-восстановителей для обезвреживания нитрозных газов могут быть использованы водород, метан:



#### Рекомендации к оцениванию:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Формулы газов А – Е – по 0.5 балла                         | 2.5 балла |
| 2. Уравнения реакций – по 1 баллу                             | 5.5 балла |
| Расчет тепловых эффектов реакций по закону Гесса – по 1 баллу |           |
| Объемные доли газов (с расчетом) – 1.5 балла                  |           |
| 3. Примеры газов-восстановителей – по 0.5 балла               | 2 балла   |
| Уравнения реакций – по 0.5 балла                              |           |

**ИТОГО: 10 баллов**