

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·MgSO₄·3H₂O**.

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 ¹⁷O: $m(^{17}\text{O}) = 2 \cdot 0.00037 = \mathbf{0.00074}$ г

Количество кислорода ¹⁷O 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 ¹⁷O.

1 случай. Один изотоп ¹⁷O 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 ¹⁷O 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 ¹⁷O, 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 $\omega(O) = 100 - 92.83 = 7.17\%$

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

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

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:

B:

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

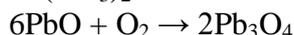
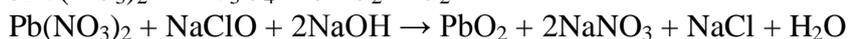
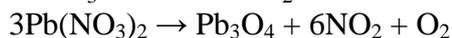
C:

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

Таким образом:

| A | B | C |
|----------|--------------------------------|------------------|
| PbO | Pb ₃ O ₄ | PbO ₂ |

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.

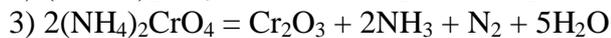
Вещество 2 – $H_2O_5CCu_2$ – $(CuOH)_2CO_3$ – карбонат гидроксомеди, основная соль.

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 |

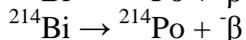
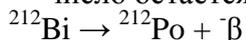
ИТОГО: 10 баллов

№ 5

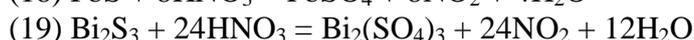
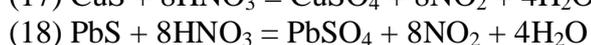
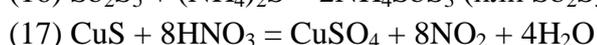
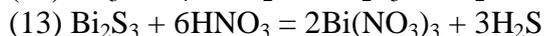
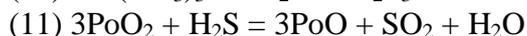
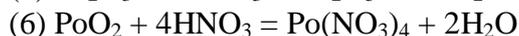
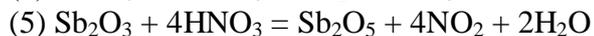
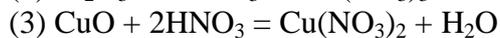
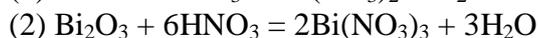
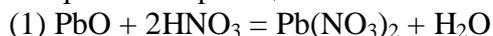
1. Как известно, Марией Кюри было открыто два новых элемента – радий и полоний. Возможность образования одного из них в одну стадию при радиоактивном распаде какого-то из перечисленных в условии задачи элементов однозначно указывает на полоний (элемент X):

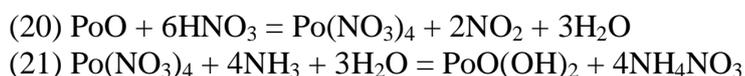


Речь идет о бета-минус распаде: заряд ядра атома увеличивается на единицу, а массовое число остается неизменным.



2. Уравнения реакций:





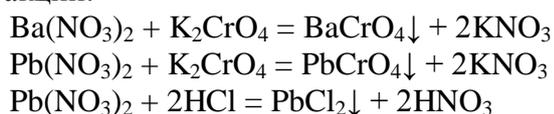
Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|----------|
| 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 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 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

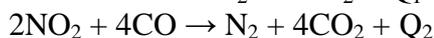
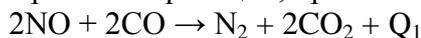
1. Оксиды азота: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 . К нитрозным газам можно отнести все, кроме N_2O_5 . Взаимодействие газов **A** и **B** – процесс конпропорционирования, таким образом при охлаждении можно получить неустойчивый оксид азота (III) – N_2O_3 (**E**). Значит, **A** и **B** – NO и NO_2 . Газы **B** и **C** имеют равное массовое содержание образующих их элементов. Следовательно, соединение **C** – это димер соединения **B**, т.е. N_2O_4 .

| A | B | C | D | E |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| <i>NO</i> | <i>NO₂</i> | <i>N₂O₄</i> | <i>N₂O</i> | <i>N₂O₃</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:

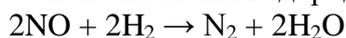
$$\begin{cases} x = 2.25 \\ y = 0.25 \end{cases}$$

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