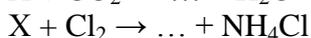
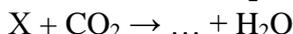
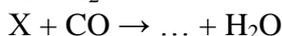
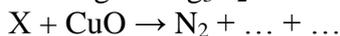
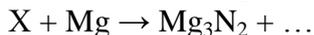
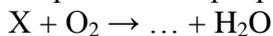


**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2020-2021 учебный год**  
**9 класс**  
**Время выполнения заданий - 5 часов**

**Задача 9-1.**

На схемах приведены превращения соединения X:

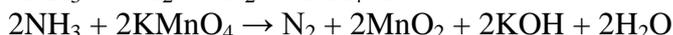
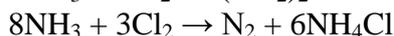
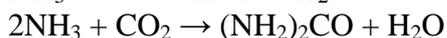
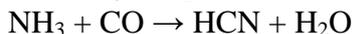
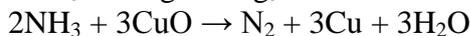
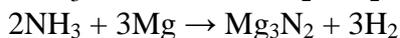
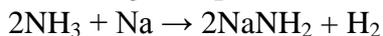
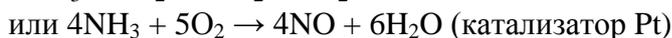
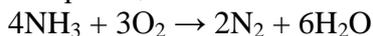


Определите соединение X и запишите уравнения приведенных превращений.

*(10 баллов)*

**Решение Задачи 9-1.**

1. Уравнения реакций:



2. Соединение X – аммиак  $NH_3$ .

**Система оценивания:**

1. За уравнения реакций по 1 баллу –  $1 \times 9 = 9$  баллов.

2. За определение соединения X – 1 балл.

**ВСЕГО: 10 баллов**

**Задача 9-2.**

47,4 г вещества А, состоящего из трех элементов, растворили в концентрированной азотной кислоте, при этом выделяющиеся газы снова пропускали через тот же раствор. К получившемуся раствору добавили избыток раствора хлорида бария. При этом образуется 69,9 г белого осадка, нерастворимого в кислотах. Определите вещество А и напишите уравнения описанных реакций.

*(10 баллов)*

**Решение Задачи 9-2.**

1. При добавлении хлорида бария происходит образование белого осадка, нерастворимого в кислой среде (выделяющие газы имеют кислотный характер и при растворении образуют кислоты), которым является сульфат бария. Следовательно, в вещество А содержится серу.

Поскольку при растворении **A** в концентрированной азотной кислоте выделяются газы и в растворе образуются сульфат-ионы, то реакция **A** с  $\text{HNO}_3$  - окислительно-восстановительная. Поскольку вещество **A** состоит из трех элементов, следовательно **A** содержит сульфит-ионы.

Обозначим вещество **A** как  $\text{Me}_x\text{SO}_3$ . Количество образовавшегося сульфата бария:

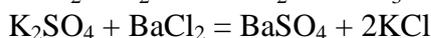
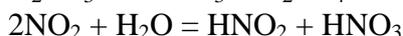
$$n(\text{BaSO}_4) = \frac{69,9}{233} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{SO}_3^{2-}) = n(\text{Me}_x\text{SO}_3) = 0,3 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_x\text{SO}_3) = \frac{47,4}{0,3} = 158 \text{ г/моль}, \quad \text{а } M(x\text{Me}) = 158 - 80 = 78 \text{ г/моль.}$$

При изменении значения  $x$  определяется металл: при  $x = 2$   $M(\text{Me}) = 39$  г/моль, следовательно металл – это калий, а соединение **A** – сульфит калия  $\text{K}_2\text{SO}_3$ .

2. Уравнения реакций:



**Система оценивания:**

1. За определение вещества **A** с расчетом – **7 баллов**.

1. За уравнения реакций по 1 баллу –  $1 \times 3 = 3$  балла.

**ВСЕГО: 10 баллов**

### Задача 9-3.

14,2 г фосфорного ангидрида растворили в 49 г 10 %-ного раствора ортофосфорной кислоты и прокипятили. К полученному раствору небольшими порциями добавили раствор гидроксида кальция, при этом наблюдали помутнение раствора. Всего было израсходовано 83,25 г 20 %-ного раствора щелочи. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

**(10 баллов)**

### Решение Задачи 9-3.

1. При добавлении фосфорного ангидрида к раствору ортофосфорной кислоты протекает реакция в соответствии с уравнением:



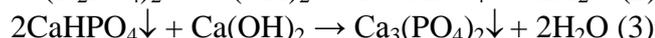
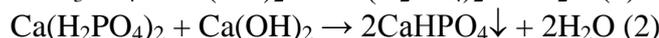
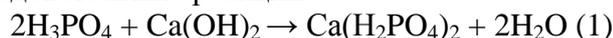
$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = 14,2/142 = 0,1 \text{ моль}, \quad n(\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ обр.}) = 0,2 \text{ моль}$$

Количество ортофосфорной кислоты в первоначальном растворе:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ исх.}) = 49 \cdot 0,1/98 = 0,05 \text{ моль.}$$

Суммарное количество ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе 0,25 моль.

2. При постепенном добавлении раствора гидроксида кальция к раствору фосфорной кислоты протекают последовательные реакции:



Количество вещества гидроксида кальция, добавленного в раствор:

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{83,25 \cdot 0,2}{74} = 0,225 \text{ моль.}$$

По уравнению (1) израсходуется 0,125 моль  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образуется 0,125 моль  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Остаток  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в количестве 0,1 моль прореагирует по уравнению (2), при этом израсходуется 0,1 моль  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  и образуется 0,2 моль  $\text{CaHPO}_4$ , который будет выпадать в осадок. Реакция (3) не протекает.

3. Таким образом, в растворе осталась только одна соль -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , количество которой составляет..

$n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 0,125 - 0,1 = 0,025$  моль,  $m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 0,025 \cdot 234 = 5,85$  г  
Масса образовавшегося осадка:

$$m(\text{CaHPO}_4) = 0,2 \cdot 136 = 27,2 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра после реакции}) = m(\text{р-ра } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ исх.}) + m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{р-ра } \text{Ca}(\text{OH})_2) - m(\text{CaHPO}_4) = \\ = 49 + 14,2 + 83,25 - 27,2 = 119,25 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = \frac{5,85}{119,25} = 0,049 \text{ или } 4,9\%$$

#### Система оценивания:

1. За каждое уравнение реакции по 1 баллу –  $1 \times 4 = 4$  балла.
2. За расчет количества  $\text{H}_3\text{PO}_4$  после добавления  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 1 балл.
3. За расчет количеств образовавшихся солей после окончания реакции – 3 балла.
4. За расчет массы раствора – 1 балл.
5. За расчет массовой доли дигидрофосфата кальция в растворе – 1 балл.

**ВСЕГО: 10 баллов**

#### Задача 9-4.

Карбонат кальция – это самый распространенный на Земле минерал. Около 20% осадочных пород это мрамор, мел или известняк, а процентное содержание карбоната кальция в земной коре составляет около 4%. Карбонат кальция разлагается при нагревании и этот процесс является промышленным способом получения негашёной извести. Например, для разложения 33,6 г карбоната кальция необходимо затратить 59,8 кДж. Теплоты образования оксида углерода(IV) и оксида кальция соответственно равны 394 и 636 кДж/моль.

1. Напишите термохимические уравнения описанных реакций.
2. Какую массу угля теоретически достаточно сжечь, чтобы выделившегося тепла хватило для получения 140 г оксида кальция разложением карбоната?
3. Напишите термохимическое уравнение реакции образования карбоната кальция взаимодействием оксидов кальция и углерода(IV).
4. Используя имеющиеся данные, рассчитайте теплоту образования карбоната кальция.

**(10 баллов)**

#### Решение Задачи 9-4.

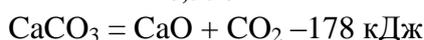
1. Термохимические уравнения:



Для составления термохимического уравнения реакции разложения карбоната кальция необходимо рассчитать тепловой эффект реакции:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{33,6}{100} = 0,336 \text{ моль}$$

$$Q = \frac{59,8}{0,336} = 178 \text{ кДж}$$



2. Расчет количества теплоты, необходимой для получения 140 г CaO:

$$n(\text{CaO}) = \frac{m}{M} = \frac{140}{56} = 2,5 \text{ моль}$$

$$Q = 178 \cdot 2,5 = 445 \text{ кДж}$$

Расчет массы угля:

$$n(\text{C}) = \frac{445}{394} = 1,13 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) = M(\text{C}) \cdot n(\text{C}) = 12 \cdot 1,13 = 13,56 \text{ г}$$

3. Тепловой эффект обратной реакции равен по величине, но противоположен по знаку, поэтому термохимическое уравнение реакции образования карбоната кальция взаимодействием оксидов кальция и углерода(IV) имеет вид:



4. Расчет теплового эффекта образования карбоната кальция проводится с использованием закона Гесса на основе термохимического уравнения образования соли (или ее разложения):

$$Q_{\text{р-ции}} = Q_{\text{обр.}}(\text{CaCO}_3) - Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{CaO})$$

$$Q_{\text{обр.}}(\text{CaCO}_3) = Q_{\text{р-ции}} + Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + Q_{\text{обр.}}(\text{CaO}) = 178 + 394 + 636 = 1208 \text{ кДж}$$

**Система оценивания:**

1. За термохимические уравнения реакций по 1 баллу –  $1 \times 3 = 3$  балла.
2. За расчет теплового эффекта реакции разложения карбоната кальция – **1 балл.**
2. За расчет массы угля – **2 балла.**
3. За определение теплового эффекта реакции образования карбоната кальция – **1 балл.**
4. За расчет теплоты образования карбоната кальция – **3 балла.**

**ВСЕГО: 10 баллов**

**Задача 9-5.**

В четырех пробирках находятся растворы соляной кислоты, карбоната калия, хлорида бария и нитрата серебра. Предложите способ определения веществ в пробирках с использованием только этих растворов.

Составьте таблицу, в которой укажите аналитические признаки реакций при попарном сливании растворов (цвета выпадающих осадков, выделение газа и т.д.). Предложите план распознавания этих растворов без использования каких-либо дополнительных реактивов. Напишите уравнения реакций, сопровождающихся аналитическими признаками.

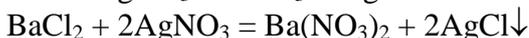
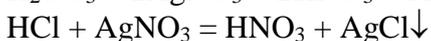
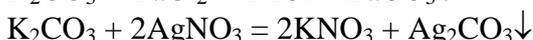
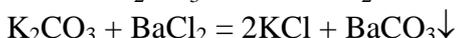
**(10 баллов)**

**Решение Задачи 9-5.**

1. Аналитические признаки химических реакций при попарном сливании растворов:

|                                | HCl    | K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | BaCl <sub>2</sub> | AgNO <sub>3</sub> | Признаки реакций |
|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| HCl                            | -      | ↑                              | -                 | бел. ↓            | 1 осадок и 1 газ |
| K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | ↑      | -                              | бел. ↓            | бел. ↓            | 2 осадка и 1 газ |
| BaCl <sub>2</sub>              | -      | бел. ↓                         | -                 | бел. ↓            | 2 осадка         |
| AgNO <sub>3</sub>              | бел. ↓ | бел. ↓                         | бел. ↓            | -                 | 3 осадка         |

2. Уравнения реакций, сопровождающиеся аналитическими признаками:



3. План распознавания: из трех колб отлить в три пробирки понемногу растворов, затем добавить в каждую пробирку по несколько капель из четвертой колбы. Сравниваем признаки протекающих реакций с таблицей. Если, например, во всех трех пробирках выпал осадок – значит в четвертой колбе – нитрат серебра. Аналогично определяем остальные вещества.

**Система оценивания:**

1. За составление таблицы с указанием всех аналитических признаков реакций – **2 балла.**
2. За уравнения реакций по 1 баллу –  $5 \times 1 = 5$  баллов.
3. За составление плана распознавания – **3 балла.**

**ВСЕГО: 10 баллов**