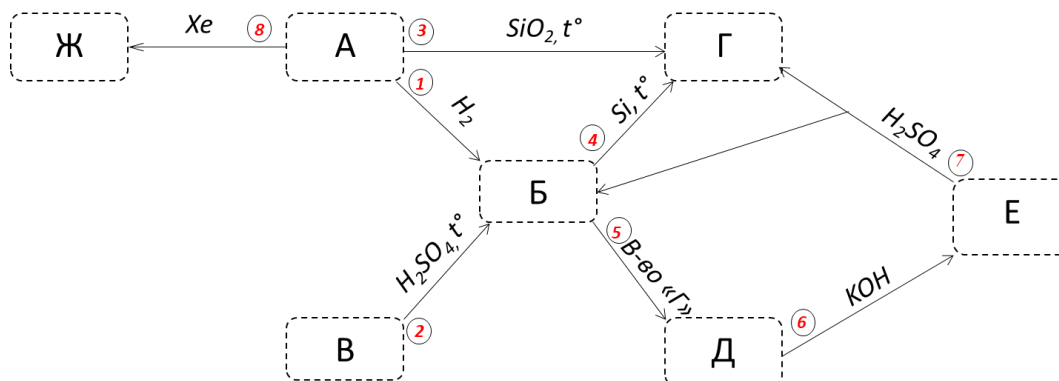


9 класс  
Вариант №2

Задание 9-1



На приведенной схеме представлены превращения веществ **А-Ж**, содержащие в своем составе неизвестный элемент **А**. **А** – простое вещество, образованное элементом **А**. Вещества **Б, В, Г, Ж** – бинарные соединения элемента **А**. Вещество **Г** бесцветный ядовитый газ, имеет плотность по азоту 3,714 и содержит 73,08 масс.% элемента **А**. Вещества **В** и **Е** – соли, причем, вещество **В** – известный минерал элемента **А**. Вещество **Д** – устойчивая только в водном растворе кислота.

1. Установите формулы веществ **А-Ж**.

| Обозначение | А | Б | В | Г | Д | Е | Ж |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Вещество    |   |   |   |   |   |   |   |

2. Приведите вычисление молекулярной формулы вещества **Г**.

3. Напишите уравнения приведенных на схеме реакций (1-8).

Решение

1. **А** - F<sub>2</sub>

**Б** - HF

**В** - CaF<sub>2</sub>

**Г** - SiF<sub>4</sub>

**Д** - H<sub>2</sub>[SiF<sub>6</sub>]

**Е** - K<sub>2</sub>[SiF<sub>6</sub>]

**Ж** - XeF<sub>4</sub> или XeF<sub>6</sub> или XeF<sub>2</sub>

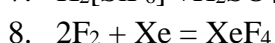
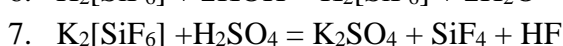
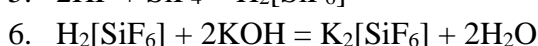
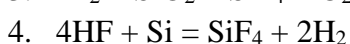
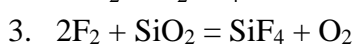
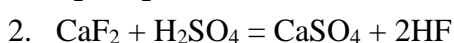
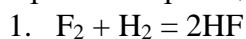
2. Молярная масса вещества **Г**:  $3,714 \cdot 28 = 104$  г/моль

Соотношения элементов F:Si =  $73,08/19 : 26,92/28 = 3,85 : 0,96 = 4:1$

Простейшая формула SiF<sub>4</sub>

Молекулярная формула SiF<sub>4</sub>

3. Уравнения реакций



**Система оценивания:**

1. За правильно записанные вещества **А-Г** и **Е-Ж** по 1 баллу (6 баллов)  
За вещество **Д** – 2 балла
2. Вычисления молекулярной формулы **Г** – 2 балла
3. За уравнения реакций **1-4** и **6-8** по 1 баллу (6 баллов)  
За уравнения реакций **5** и **7** по 2 балла (4 балла)

**Задание 9-2**

Некоторое химическое соединение состоит из трех элементов **X**, **Y** и **Z**. Их массовые доли равны 28,83 %, 50,45 % и 20,72 %, соответственно.

Известно, что в 1,673 г атома главного изотопа элемента **X** суммарное число элементарных частиц ( $e, p, n$ ) составляет  $1,511 \cdot 10^{24}$ , а один атом содержит 48 элементарных частиц.

Масса одного атома элемента **Y** составляет  $2,656 \cdot 10^{-23}$  г.

Число протонов и нейтронов в атоме элемента **Z** отличается на единицу. Элемент **Z** образует катион, в котором количество электронов и протонов также различается на единицу. Также известно, что элементы **X** и **Z** находятся в одном периоде.

1. С помощью расчетов определите элементы **X**, **Y**, **Z**.
2. Вычислите и установите молекулярную формулу неизвестного соединения.
3. Изобразите структурную формулу этого соединения.

**Решение**

1. Элемент **X** – это сера S.

Число элементарных частиц в атоме главного изотопа серы:

$$16 \text{ электронов} + 16 \text{ протонов} + 16 \text{ нейтронов} = 48.$$

К этому же выводу мы придем, вычислив молярную массу элемента на основе данных о том, что  $1,511 \cdot 10^{24}$  элементарных частиц элемента имеет массу 1,673 г. Число атомов элемента в 46 раз меньше числа элементарных частиц:

$$N_{\text{атомов X}} = 1,511 \cdot 10^{24} / 48 = 3,148 \cdot 10^{22}.$$

Количество вещества:

$$n(\text{X}) = N / N_A = 3,148 \cdot 10^{22} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,0523 \text{ моль}.$$

Молярная масса X:

$$M(\text{X}) = m / n = 1,673 / 0,0523 = 32 \text{ г/моль}.$$

Найдем молярную массу элемента **Y**:

$$M(\text{Y}) = m_{\text{атома}} \cdot N_A = 2,656 \cdot 10^{-23} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 16 \text{ г/моль}.$$

Элемент **Y** – это кислород O.

Элемент **Z** образует катион с зарядом +1, и, как и находится в том же периоде, что и сера, т.е. в третьем периоде. Элемент **Z** – это натрий Na. Число протонов в атоме натрия равно 11, число нейтронов – 12, что соответствует условию задачи.

2. Запишем формулу вещества как  $\text{X}_x\text{Y}_y\text{Z}_z$ .

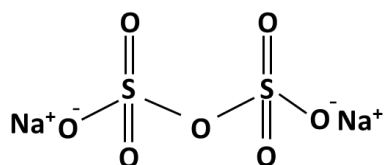
Найдем соотношение индексов:

$$x : y : z = \frac{28,83}{32} : \frac{50,45}{16} : \frac{20,72}{23} = 0,900 : 3,153 : 0,900 = 1 : 3,5 : 1 = 2 : 7 : 2.$$

Молекулярная формула  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .

---

### 3. Структурная формула



#### Система оценивания:

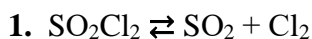
1. За определение элемента **X**, с использованием всех физических данных – 8  
(За определение элемента **X** только исходя из 46 элементарных частиц – 4)  
За определение элемента **Y** – 4 балла  
За определение элемента **Z** – 2 балла
2. Установление формулы с вычислением – 3 балла
3. Структурная формула – 3 балла

#### Задание 9-3

В лабораторный химический реактор, имеющий размеры 20x20x10 см, ввели 40,5 г сульфурилхлорида  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ . Температуру в реакторе повысили до 120 °С, в результате чего началась обратимая реакция разложения данного вещества. Через некоторое время в реакторе установилось равновесие. Константа равновесия при указанной температуре равна 2.

1. Запишите уравнение протекающей реакции.
2. Вычислите равновесные концентрации (моль/л) всех компонентов образовавшейся смеси.
3. Приведите массу (г) всех веществ в реакторе при равновесии.

#### Решение



2. Рассчитаем количество вещества сульфурилхлорида:

$$M(\text{SO}_2\text{Cl}_2) = 135 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{SO}_2\text{Cl}_2) = 40,5/135 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\text{Объем реактора: } V = 2 \cdot 2 \cdot 1 \text{ дм}^3 = 4 \text{ дм}^3 = 4 \text{ л.}$$

Начальная концентрация сульфурилхлорида:  $0,3/4 = 0,075 \text{ моль/л.}$

К моменту равновесия концентрация  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  уменьшится на  $x$ , а концентрации  $\text{SO}_2$  и  $\text{Cl}_2$  увеличатся на эту величину.

Выражение для константы равновесия:

$$K = [\text{SO}_2] [\text{Cl}_2] / [\text{SO}_2\text{Cl}_2]$$

$$2 = x^2 / (0,075 - x)$$

Находим корни квадратного уравнения ( $x^2 + 2x - 0,15 = 0$ ):

$$x_{1,2} = -2,0725 \text{ и } 0,0724.$$

Равновесные концентрации:  $[\text{SO}_2] = [\text{Cl}_2] = x = 0,0724$  моль/л;

$$[\text{SO}_2\text{Cl}_2] = (0,075 - x) = 0,0026 \text{ моль/л.}$$

3. Количество вещества всех реагентов в реакторе объемом 4 л при равновесии:

$$n(\text{SO}_2\text{Cl}_2) = 0,0104 \text{ моль}; n(\text{SO}_2) = n(\text{Cl}_2) = 0,290 \text{ моль.}$$

Масса реагентов при равновесии:

$$m(\text{SO}_2\text{Cl}_2) = 1,404 \text{ г}; m(\text{SO}_2) = 18,56 \text{ г}; m(\text{Cl}_2) = 20,59 \text{ г.}$$

#### Система оценивания:

1. Написание уравнения реакции – 2 балла
2. Расчет равновесной концентрации  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  – 8 баллов  
Расчет равновесных концентраций  $\text{SO}_2$  и  $\text{Cl}_2$  – по 2 балла
3. Расчет массы каждого вещества по 2 балла

#### Задание 9-4

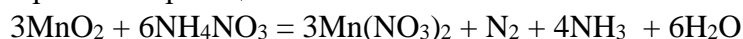
Любопытный ученик нашел в лабораторном журнале методику получения нитрата марганца(II) и решил ее повторить. Для этого он приготовил смесь из диоксида марганца и нитрата аммония согласно записям из журнала. Полученную смесь он поместил в пробирку с газоотводной трубкой и начал ее осторожно нагревать при температуре, не превышающей  $170^\circ\text{C}$ , при этом в ходе проведения опыта масса содержимого пробирки уменьшилась на 27,5%. После охлаждения пробирки ученик полностью растворил ее содержимое в воде. Позже он обнаружил, что в журнале нет информации о других продуктах реакции.

Для того чтобы идентифицировать газообразные продукты реакции, он их сконденсировал в стеклянную емкость, охлаждаемую водой. Полученный раствор приобрел щелочную реакцию. Также было обнаружено, что несконденсированный бесцветный газ не горит и не поддерживает горение.

1. Определите, какие вещества были получены учеником в результате опыта. Напишите уравнение химической реакции и уравняйте его методом электронного баланса.
2. Почему конденсат имеет щелочную среду? Почему температуру проведения опыта не рекомендуют поднимать выше  $170^\circ\text{C}$ ?
3. Рассчитайте массовую долю диоксида марганца в исходной смеси.
4. Какую массу нитрата марганца(II) можно получить из 2 граммов исходной смеси?

#### Решение

1. Уравнение реакции:



Вычислим массовую долю веществ, удаляющихся из сферы реакции, от массы исходных веществ.

$$\text{Масса исх. в-в: } m(\text{MnO}_2) + m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 3 \cdot 87 + 6 \cdot 80 = 741 \text{ г.}$$

$$\text{Масса летучих продуктов: } m(\text{N}_2) + m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 28 + 4 \cdot 17 + 6 \cdot 18 = 204 \text{ г.}$$

$$\omega = (204/741) \cdot 100 \% = 27,5 \%$$

Вещества взяты в эквивалентных количествах и прореагировали полностью.

2. Конденсат представляет собой раствор аммиака, который имеет щелочную среду. Температуру не рекомендуют поднимать, т.к.  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  разлагается при 180 градусах на  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$ .

3. Массовая доля  $\text{MnO}_2$  в исходной смеси:

$$\omega(\text{MnO}_2) = 3 \cdot 87/741 = 35,2 \%$$

4. Смесь массой 2 г содержит 0,704 г  $\text{MnO}_2$  и 1,3 г  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

$$n(\text{MnO}_2) = 0,704/87 = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

$$m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = 179 \cdot 8,1 \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ г.}$$

#### Система оценивания:

1. Определены продукты реакции  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  – по 2 балла  
Полуреакция окисления – 1 балл  
Полуреакция восстановления – 1 балл  
Правильно подобраны коэффициенты в ОВР реакции – 2 балла
2. Ответ на вопрос 1) – 2 балла  
Ответ на вопрос 2) – 2 балла
3. За расчет  $m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2)$  – 2 балла  
 $\omega(\text{MnO}_2)$  – 4 балла

#### Задание 9-5

Перед Вами данные о растворимости безводных солей в воде:

| $t$ °С  | 0    | 25   | 40   | 60   | 80   | 100  |
|---|------|------|------|------|------|------|
| $m(\text{Na}_3\text{PO}_4)$ г/100 мл $\text{H}_2\text{O}$             | 5,4  | 14,4 | 23,4 | 54,3 | 68   | 94,6 |
| $m((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca})$ г/100 мл $\text{H}_2\text{O}$ | 37,4 | 34,3 | 33,2 | 32,7 | 31,5 | 29,7 |

1. Насыщенный при 40 °С раствор ортофосфата натрия приготовили, растворив в 100 мл воды некоторую массу двенадцативодного кристаллогидрата этой соли. Вычислите массу взятого кристаллогидрата. Приготовленный насыщенный раствор поделили пополам и подписали:  $A_1$  и  $A_2$ .
2. Насыщенный при 40 °С раствор ацетата кальция приготовили, растворив в 100 мл воды некоторую массу одноводного кристаллогидрата этой соли. Вычислите массу взятого кристаллогидрата. Приготовленный насыщенный раствор поделили пополам и подписали:  $B_1$  и  $B_2$ .
3. Растворы  $A_1$  и  $B_1$  охладили до 0 °С; растворы  $A_2$  и  $B_2$  нагрели до 100 °С. Определите, в каких стаканах выпал осадок, и какова его масса, если известно, что ортофосфат натрия кристаллизуется из растворов в виде кристаллогидрата с 12 молекулами воды, а ацетат кальция – с одной молекулой воды.
4. Осадки отфильтровали, после чего растворы попарно объединили:  $A_1$  с  $B_1$  и  $A_2$  с  $B_2$ . Определите массы выпавших осадков.
5. В природе ортофосфат кальция образует группу минералов. Как она называется? Два таких минерала присутствуют в человеческом теле в заметных количествах. Как они называются и где находятся?

## Решение

$$1. M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 164 + 216 = 380 \text{ г/моль.}$$

Массовые доли безводной соли и воды в кристаллогидрате:

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,4316; \omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,5684$$

Массовая доля в насыщенном при 40 град. растворе:

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 23,4/123,4 = 0,1896$$

Пусть  $x$  – масса  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , которую нужно растворить в 100 г воды.

Тогда  $m(\text{раствора}) = 100 + x$ ;  $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,4316 x$ .

Составляем уравнение и находим  $x$ :

$$0,4316 x / (100 + x) = 0,1896.$$

$$x = 78,35 \text{ г; Общая масса р-ра } 178,35 \text{ г, масса } \text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ } 33,82 \text{ г.}$$

Половины раствора: А<sub>1</sub> Масса раствора 89,18 г, масса  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  16,91 г.

А<sub>2</sub> Масса раствора 89,18 г, масса  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  16,91 г

$$2. \text{Молярная масса } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O} = 158 + 18 = 176 \text{ г/моль.}$$

Массовые доли в кристаллогидрате:

$$\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,8977; \omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,1023.$$

Массовая доля в насыщ. при 40 град. растворе:

$$\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 33,2/133,2 = 0,2492.$$

Пусть  $x$  – масса  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , которую нужно растворить в 100 г воды.

Тогда  $m(\text{раствора}) = 100 + x$ ,  $m((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,8977x$ .

Составляем уравнение и находим  $x$ :

$$0,8977x / (100 + x) = 0,2492$$

$$x = 38,43 \text{ г; Общая масса р-ра } 138,43 \text{ г, масса } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca } 34,499 \text{ г.}$$

Половины раствора: Б<sub>1</sub> Масса раствора 69,215 г, масса  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$  17,25 г

Б<sub>2</sub> Масса раствора 69,215 г, масса  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$  17,25 г

3. А) Охладили до 0 град раствор А<sub>1</sub>.

Масса раствора 89,18 г, масса  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  16,91 г при 40 град.

Массовая доля  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  в насыщ. при 0 град. р-ре:

$$5,4/105,4 = 0,05123.$$

$x$  – масса осадка  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Масса раствора  $(89,18 - x)$ , масса  $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 0,4316 x$

---

$$0,4316 x / (89,18 - x) = 0,05123.$$

$$x = 9,464 \text{ г.}$$

При нагревании до 100 град. раствора А<sub>2</sub> (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) осадок не выпадет.

Б) При охлаждении до 0 град раствора Б<sub>1</sub> осадок не выпадет.

Раствор Б<sub>2</sub>. Масса раствора 69,215 г, масса ((CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca 17,25 г (40 град) нагрели до 100 град.

Массовая доля (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca при 100 град. 29,7/129,7 = 0,2290

x- масса осадка. Масса раствора после выпадения осадка (69,215 г - x). Масса растворенного (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca после выпадения осадка (17,25 - 0,8977 x).

$$(17,25 - 0,8977 x) / (69,215 \text{ г} - x) = 0,2290$$

$$x = 2,094 \text{ г}$$

Осадки в А<sub>1</sub> и Б<sub>2</sub>



$$M((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 158$$

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164$$

$$M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310$$

Растворы:

$$\text{А1: } m(\text{p-ра}) = 79,72 \text{ г; } m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 4,09 \text{ г; } n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,0249 \text{ моль.}$$

$$\text{Б1: } m(\text{p-ра}) = 69,22 \text{ г; } m((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 17,25 \text{ г; } n((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,1092 \text{ моль.}$$

$$\text{А2: } m(\text{p-ра}) = 89,18 \text{ г, } m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 16,91 \text{ г; } n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,1031 \text{ моль.}$$

$$\text{Б2: } m(\text{p-ра}) = 67,12 \text{ г; } m((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 15,37 \text{ г; } n((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,0973 \text{ моль.}$$

**При сливании растворов А<sub>1</sub> и Б<sub>1</sub>:**

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,0249 \text{ моль} - \text{прореагирует полностью;}$$

$$n((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,1092 \text{ моль} - \text{в избытке;}$$

$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,0249/2 = 0,01245 \text{ моль;}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,01245 \cdot 310 = 3,86 \text{ г.}$$

**При сливании растворов А<sub>2</sub> и Б<sub>2</sub>:**

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,1031 \text{ моль} - \text{в избытке}$$

$$n((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 0,0973 \text{ моль} - \text{прореагирует полностью}$$

$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,0973/3 = 0,0324 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,0324 \cdot 310 = 10,04 \text{ г}$$



## 5. Минералы апатиты.

Гидроксиапатит  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ , (кости)

фторапатит  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ , (зубная эмаль)

### Система оценивания:

1. Расчет массы кристаллогидрата (78,35 г) – 2 балла
  2. Расчет массы кристаллогидрата (38,43 г) – 2,5 балла
  3. Расчет массы осадка А1 (9,464 г) – 2,5 балла  
Расчет массы осадка Б2 (2,094) – 2,5 балла
  4. Расчет массы осадка при сливании А1 и Б1 (3,86 г) – 4 балла  
Расчет массы осадка при сливании А2 и Б2 (10,04 г) – 4 балла
  5. За каждое название группы минералов – 0,5 балла  
За название минералов по 0,5 балла  
За ответ, где находятся, по 0,5 балла
-