

## 9 класс

### Задание 1.

1. Обозначим за  $m_X$  массу **X**,  $M_X$  – молярную массу **X**. Тогда масса раствора с массовой долей  $\omega$  будет равна  $m_X/\omega$ , а объём этого раствора в мл -  $m_X/(\omega \cdot \rho)$ . Поскольку молярная концентрация определяется как отношение количества растворённого вещества ( $n_X = m_X/M_X$ ) к объёму раствора в л, можно составить следующее выражение:

$$C = \frac{n_X}{V} = \frac{m_X / M_X}{m_X / (1000 \cdot \omega \cdot \rho)} = \frac{1000 \cdot \omega \cdot \rho}{M_X}$$

где 1000 отвечает за перевод мл в л. Масса **X** в полученном выражении сокращается, что позволяет выразить молярную массу растворённого вещества через молярную концентрацию, массовую долю растворённого вещества и плотность раствора:

$$M_X = \frac{1000 \cdot \omega \cdot \rho}{C}$$

Проведя такой расчёт по единственной строке таблицы с полной информацией, получим:

$$M_X = \frac{1000 \cdot \omega \cdot \rho}{C} = \frac{1000 \cdot 0.25 \cdot 1.1919}{3.04} = \mathbf{98 \text{ г/моль (2 балла)}}$$

Неизвестное соединение явно обладает высокой химической активностью и хорошей растворимостью в воде. Среди распространённых соединений с этими свойствами молярную массу 98 г/моль имеет серная кислота **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (3 балла)**.

2. Используя ранее выведенные соотношения, заполним пропуски в таблице. Для предпоследней строки неизвестна массовая доля:

$$\omega = \frac{C \cdot M}{1000 \cdot \rho} = \frac{2.324 \cdot 98}{1000 \cdot 1.1394} = 0.2$$

Отсутствующее значение – **20 %**.

В первой строке неизвестна плотность:

$$\rho = \frac{C \cdot M}{1000 \cdot \omega} = \frac{1.087 \cdot 98}{1000 \cdot 0.1} = \mathbf{1.0653 \text{ г/мл}}$$

Оставшаяся строка таблицы содержит сразу две неизвестные величины. Логично предположить, что шаг массовой доли в таблице – 5%, и пропущенное значение равно **15%**:

$$\rho = \frac{C \cdot M}{1000 \cdot \omega} = \frac{1.685 \cdot 98}{1000 \cdot 0.15} = \mathbf{1.1009 \text{ г/мл}}$$

Восстановленная таблица имеет вид:

<b>C, моль/л</b>	<b>ω, %</b>	<b>ρ, г/мл</b>
1.087	10	<b>1.0653</b>
1.685	<b>15</b>	<b>1.1009</b>
2.324	<b>20</b>	1.1394
3.004	25	1.1919

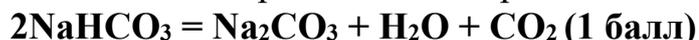
За каждое восстановленное значение 1.5 балла.

3. Справочник сернокислотчика (1 балл).

Всего максимум 12 баллов.

Задание 2.

1. При нагревании пищевая сода разлагается по реакции:



При добавлении уксусной кислоты и карбонат, и гидрокарбонат выделяют углекислый газ:



2. Общее количество углекислого газа равно суммарному количеству карбоната и гидрокарбоната натрия и составляет  $n(\text{CO}_2) = 1.68/22.4 = 0.075$  моль (0.5 балла), а начальное количество пищевой соды было равно  $10/84 = 0.119$  моль (0.5 балла). Если  $2x$  моль гидрокарбоната разложилось при нагревании, то полученный после охлаждения раствор содержал  $(0.119 - 2x)$  моль гидрокарбоната и  $x$  моль карбоната натрия, то есть  $(0.119 - 2x) + x = 0.075$ . Решением данного уравнения является  $x = 0.044$ . Тогда разложилось  $2x = 0.088$  моль, или  $0.088/0.119 = 0.74$  или 74% (2 балла) от исходного количества соды.

3.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$  (1 балл)

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + n\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (Засчитывается образование любого гидрата, 1 балл)

4. Пусть смесь массой 10 г содержит  $x$  моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $y$  моль  $\text{NaHCO}_3$  и  $z$  моль воды. При прокаливании смесь теряет всю воду в количестве  $z$  моль, а также  $y/2$  моль углекислого газа и  $y/2$  моль воды в соответствии с уравнением реакции разложения гидрокарбоната натрия. Углекислый газ в количестве  $1.4/22.4 = 0.0625$  моль выделяется из карбоната и гидрокарбоната, то есть его количество равно  $(x + y)$ . Всё это позволяет составить следующую систему уравнений:

$$106x + 84y + 18z = 10$$

$$18z + 18 \cdot y/2 + 44 \cdot y/2 = 18z + 31y = 10 \cdot 0.4 = 4$$

$$x + y = 0.0625$$

(3 балла)

Выразим из второго выражения  $z$ , а из третьего  $x$  и подставим результаты в первое выражение:

$$106 \cdot (0.0625 - y) + 84y + 4 - 31y = 10$$

Откуда  $y = 0.0118$ ,  $x = 0.0507$ , а  $z = 0.2019$  моль.

Массовые доли равны:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - 53.7\%$  (1 балл),  $\text{NaHCO}_3 - 9.9\%$  (1 балл), воды – 36.3 % (1 балл).

5. в) (1 балл)

Всего максимум 15 баллов.

### Задание 3.

Поскольку и катион, и анион соли **A** содержат один и тот же элемент-неметалл (большое количество газообразных соединений), а при добавлении щёлочи к раствору **A** выделяется газ, можно предположить, что **A** – соль аммония, а **B** – аммиак. Взаимодействие аммиака с кислородом в отсутствие катализатора приводит к образованию азота и воды, а в присутствии катализатора – к образованию NO и воды. Тогда **C** – вода. Монооксид азота окисляется легче азота, поэтому **D** – N<sub>2</sub>, **E** – NO. Продуктом окисления NO служит NO<sub>2</sub>, который в реакции с водой образует азотную кислоту и NO, как следует из условия. Тогда **A** – нитрата аммония.

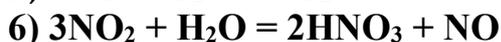
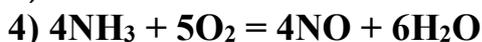
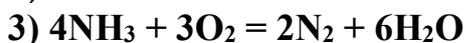
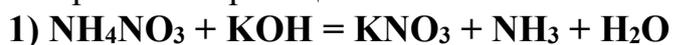
После обработки нитрата аммония гидроксидом калия образуется щелочной раствор нитрата калия. Добавление в такой раствор цинка приводит к восстановлению нитрат-иона до аммиака.

Упомянутые в задаче соединения позволяют получить N<sub>2</sub>O. Для этого необходимо провести реакцию цинка с разбавленной азотной кислотой.

**Вещества:** **A** – NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, **B** – NH<sub>3</sub>, **C** – H<sub>2</sub>O, **D** – N<sub>2</sub>, **E** – NO, **F** – NO<sub>2</sub>, **G** – HNO<sub>3</sub>.

**По 1 баллу за каждое верное вещество.**

2. Уравнения реакций:



**За каждую реакцию по 0,5 балла.**

3. **H – N<sub>2</sub>O (0.5 баллов).**

8)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$  (1 балл)

**Всего максимум 12 баллов.**

### Задание 4.

1. Предположим, что один из продуктов реакции – хлороводород. Его молярная масса равна 36,5 г/моль. Тогда молярная масса второго компонента либо  $36,5/1,38 = 26,4$ , либо  $36,5 \cdot 1,38 = 50,4$  г/моль. Если предположить, что продукт хлорсодержащий, подходит соединений состава CH<sub>3</sub>Cl с молярной массой 50,5 г/моль.

Итак, **B** – CH<sub>3</sub>Cl (1 балл), **A** – HCl (1 балл).

Уравнение реакции:  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$  (2 балла)

2. Теплота этой реакции равна разности теплот образования продуктов и реагентов. Теплота образования хлора равна нулю.

$Q_1 = 81,9 + 92,3 - 74,5 = 99,7$  кДж/моль (2 балла)

3. Установим состав **E** расчётом.  $35,5/0,922 = 38,5$  г/моль. Молярная масса остатка равна 3 г/моль, что соответствует  $\frac{1}{4}$  атома углерода. Формула вещества **E** – **CCl<sub>4</sub>** (1 балл).

Логично предположить, что оставшиеся соединения промежуточные между CH<sub>3</sub>Cl и CCl<sub>4</sub>. Тогда **C** – **CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>** (1 балл), **D** – **CHCl<sub>3</sub>** (1 балл).

4. Обратим внимание, в что в ходе этой реакции образуется две связи H-Cl и две связи C-Cl и разрывается две связи C-H и Cl-Cl. В *реакции 1* происходит то же самое, но число разрывающихся и образующихся связей вдвое меньше. Тогда тепловой эффект реакции получения **C** должен вдвое превышать эффект *реакции 1*, и теплота реакции равна **199,4 кДж/моль**. (2 балла)

**Всего максимум 11 баллов**