

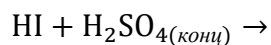


## ХИМИЯ

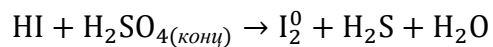
### ВАРИАНТ 1

#### Задание 1 (5 баллов)

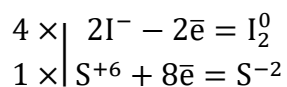
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



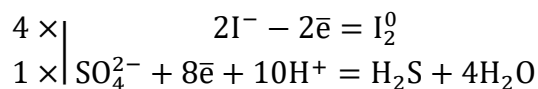
Решение



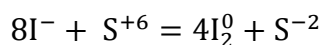
1 балл



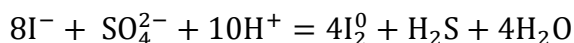
или



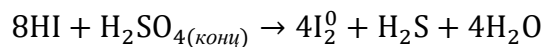
2 балла



или



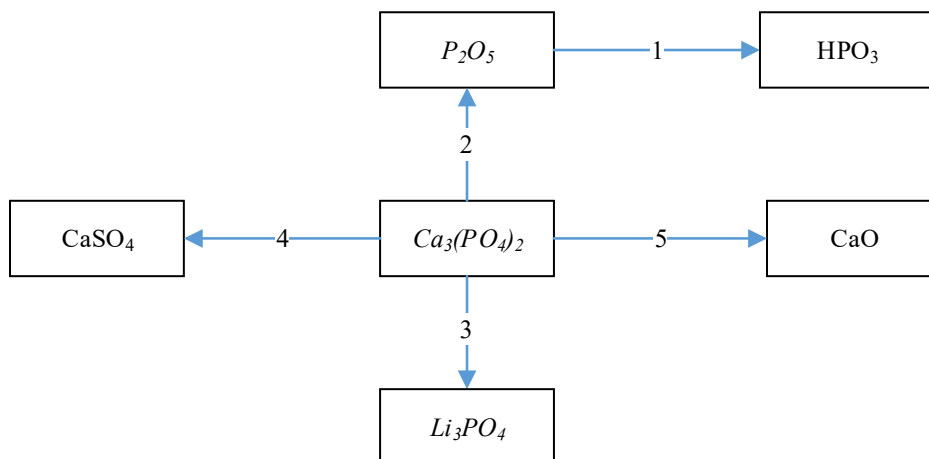
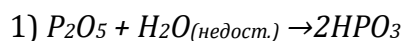
1 балл



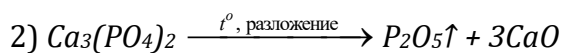
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

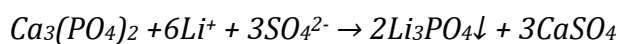
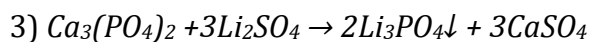
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

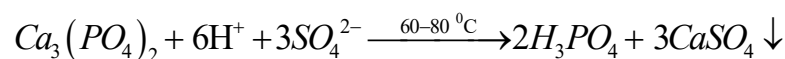
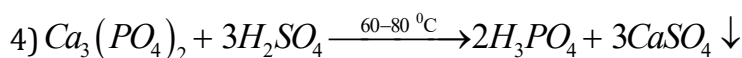
2 балла



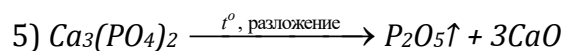
2 балла



2 балла



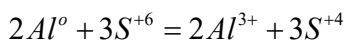
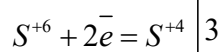
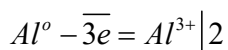
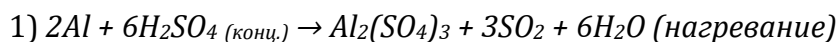
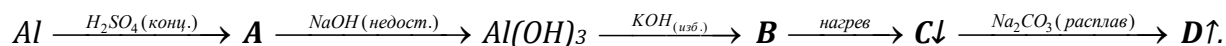
2 балла



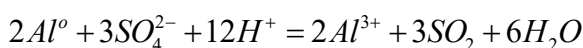
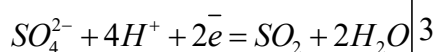
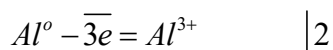
2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

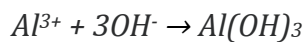
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:



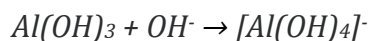
или



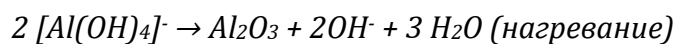
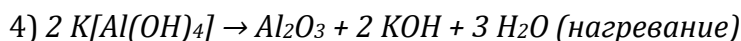
3 балла



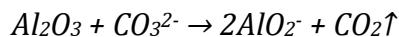
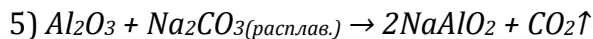
3 балла



3 балла



3 балла



3 балла

Ответ: **A** –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ; **B** –  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ; **C** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; **D** –  $\text{CO}_2$ .

#### Задание 4 (20 баллов)

Имеется бесцветная соль щелочного металла “X”, хорошо растворимая в воде. Массовая доля металла в соли составляет 49,4%. Известно, что эта соль окрашивает пламя в фиолетовый цвет. При добавлении раствора этой соли к раствору нитрата свинца (II) выпадает желтый осадок. Добавление серной кислоты к исходной соли приводит к образованию бесцветного газа с резким запахом. Определите вещество “X” и рассчитайте массу выпавшего желтого осадка, а также объем выделившегося газа (при н.у.), если для проведения реакций было использовано 500 мл раствора соли “X” с концентрацией 0,2 моль/л. Напишите уравнения всех реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

#### Решение:

##### 1. Идентификация металла и аниона:

Соли щелочных металлов окрашивают пламя в характерные цвета. Фиолетовое окрашивание указывает на калий (K). Выпадение желтого осадка с нитратом свинца (II) указывает на наличие иодид-иона ( $\text{I}^-$ ). Выделение газа с резким запахом при действии серной кислоты указывает на образование сероводорода из сульфида, однако это не соответствует условию задачи (желтый осадок с нитратом свинца). Рассматривая другие варианты, можно предположить выделение диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ) из сульфита. Это согласуется с известными реакциями сульфитов.

4 балла

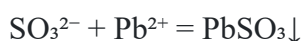
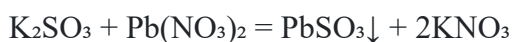
##### 2. Определение формулы соли:

Таким образом, можно предположить, что соль “X” – это сульфит калия ( $\text{K}_2\text{SO}_3$ ).

Проверим массовую долю калия в  $\text{K}_2\text{SO}_3$ :  $(2 \cdot 39,1) / (2 \cdot 39,1 + 32,1 + 3 \cdot 16) = 78,2 / 158,3 = 0,494 = 49,4\%$ , что совпадает с условием (49,4%).

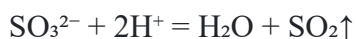
##### 3. Уравнения реакций:

○ Реакция с нитратом свинца (II):





- Реакция с серной кислотой:



4 балла

4. **Расчёт количества вещества  $\text{K}_2\text{SO}_3$ :**

Объем раствора  $\text{K}_2\text{SO}_3$ :  $V = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$

Концентрация раствора  $\text{K}_2\text{SO}_3$ :  $C = 0,2 \text{ моль/л}$

Количество вещества  $\text{K}_2\text{SO}_3$ :  $n(\text{K}_2\text{SO}_3) = C \cdot V = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,5 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}$

4 балла

5. **Расчёт массы осадка  $\text{PbSO}_3$ :**

Согласно уравнению реакции,  $n(\text{PbSO}_3) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0,1 \text{ моль}$

Молярная масса  $\text{PbSO}_3$ :  $M(\text{PbSO}_3) = 207,2 + 32,1 + 3 \cdot 16 = 295,3 \text{ г/моль}$

Масса осадка  $\text{PbSO}_3$ :  $m(\text{PbSO}_3) = n \cdot M = 0,1 \text{ моль} \cdot 295,3 \text{ г/моль} = 29,53 \text{ г} \approx 29,5 \text{ г}$

- По итогу, необходимо рассчитать массу именно этой соли.

4 балла

6. **Расчёт объема  $\text{SO}_2$ :**

Согласно уравнению реакции,  $n(\text{SO}_2) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0,1 \text{ моль}$

Молярный объем газа при н.у.:  $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$

Объем  $\text{SO}_2$ :  $V(\text{SO}_2) = n \cdot V_m = 0,1 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,24 \text{ л} \approx 2,2 \text{ л}$

И количество выделившегося газа.

4 баллов

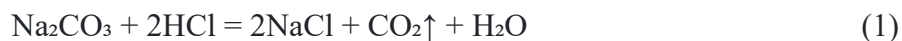
**Ответ:** Соль “X” – сульфит калия ( $\text{K}_2\text{SO}_3$ ). Масса осадка  $\text{PbSO}_3$  составляет 29,5 г, объем  $\text{SO}_2$  составляет 2,2 л.

**Задание 5 (25 баллов)**

Для определения состава смеси солей ученик провел ряд экспериментов. Сначала он растворил 10,0 г смеси, состоящей из хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ) и карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в 100 мл воды. Затем к полученному раствору он добавил 50 мл раствора соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ) с концентрацией 2 моль/л. При этом выделился газ. После окончания реакции к раствору добавили избыток раствора нитрата серебра ( $\text{AgNO}_3$ ), при этом выпал осадок. Масса осадка после высушивания составила 28,67 г. Вычислите массовые доли  $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в исходной смеси.

**Решение:****1. Реакция карбоната натрия с соляной кислотой (1):**

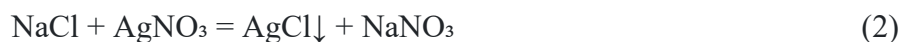
При добавлении соляной кислоты к раствору смеси, происходит реакция нейтрализации с карбонатом натрия, выделяется углекислый газ:



Эта реакция определяет количество  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в смеси.

**2. Реакция хлорида натрия и оставшейся соляной кислоты с нитратом серебра (2, 3):**

Далее, хлорид натрия (образовавшийся и исходный), а также оставшийся хлороводород реагируют с нитратом серебра с образованием осадка хлорида серебра.



Эта реакция позволяет определить общее количество хлорид-ионов, а значит общее количество  $\text{NaCl}$  (исходного и образовавшегося из карбоната) и  $\text{HCl}$ , которые прореагировали с  $\text{AgNO}_3$ .

**3. Расчёт количества молей  $\text{HCl}$ :**

Концентрация раствора  $\text{HCl}$ : 2 моль/л Объем раствора  $\text{HCl}$ : 50 мл = 0,05 л Количество молей  $\text{HCl}$ :  $n(\text{HCl}) = C \cdot V = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}$ .

Этот расчет необходим для дальнейшего определения молей участвующих веществ.

\_\_\_\_\_ 5 баллов

**4. Расчёт количества молей осадка  $\text{AgCl}$ :**

Масса осадка  $\text{AgCl}$ : 28,67 г Молярная масса  $\text{AgCl}$ :  $M(\text{AgCl}) = 107,9 + 35,5 = 143,4 \text{ г/моль}$

Количество молей  $\text{AgCl}$ :  $n(\text{AgCl}) = m / M = 28,67 \text{ г} / 143,4 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$ .

Этот расчет даст общее количество хлорид-ионов, вступивших в реакцию с  $\text{AgNO}_3$ , и, следовательно, количество прореагировавшего  $\text{HCl}$  и общего  $\text{NaCl}$ .

\_\_\_\_\_ 5 баллов

5. Пусть  $x$  - количество молей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в смеси,  $y$  - количество молей  $\text{NaCl}$  в смеси. Тогда количество молей  $\text{NaCl}$ , образовавшегося в реакции (1) =  $2x$  моль

Общее количество молей хлорид-ионов, которые вступили в реакцию с  $\text{AgNO}_3$ , равно сумме  $2x$  моль (от образовавшегося  $\text{NaCl}$ ),  $y$  моль (от исходного  $\text{NaCl}$ ) и количества  $\text{HCl}$ , прореагировавшего с  $\text{AgNO}_3$  Количество молей  $\text{Cl}^- = 0,2 \text{ моль}$ .

Записываем уравнение:  $(2x+y) + \text{количество HCl прореагировавшего с AgNO}_3 = 0,2 \text{ моль}$ .

Из уравнения (1) следует, что на реакцию с  $x$  моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  пошло  $2x$  моль  $\text{HCl}$ . Тогда количество  $\text{HCl}$ , прореагировавшего с  $\text{AgNO}_3 = 0,1 - 2x$  моль.



Получаем уравнение:

$$(2x+y)+0.1-2x=0.2y=0.1$$

5 баллов

6. **Масса исходной смеси** Общая масса смеси: 10,0 г Мольная масса NaCl:  $M(\text{NaCl}) = 58.5 \text{ г/моль}$  Мольная масса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$ .

Масса NaCl в смеси =  $n \cdot M = 0.1 \text{ моль} \cdot 58.5 \text{ г/моль} = 5.85 \text{ г}$  Масса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в смеси =  $10 - 5.85 = 4.15 \text{ г}$

5 баллов

7. **Расчёт массовых долей:**

Массовая доля NaCl:  $\omega(\text{NaCl}) = (m(\text{NaCl}) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (5.85 \text{ г} / 10 \text{ г}) \cdot 100\% = 58.5\%$

Массовая доля  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (4.15 \text{ г} / 10 \text{ г}) \cdot 100\% = 41.5\%$ .

5 баллов

**Ответ:** Массовая доля NaCl в исходной смеси равна 58,5%, массовая доля  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  равна 41,5%.

### Задание 6 (25 баллов)

Представьте, что перед вами стоит сложная аналитическая задача, связанная с количественным определением компонентов в смеси. Исследуемый образец представляет собой твердую смесь, состоящую из трех различных химических веществ: карбоната натрия, гидрокарбоната натрия и хлорида натрия. Масса этой смеси составляет ровно 0,8956 грамма.

Для анализа данной смеси был использован метод кислотно-основного титрования. В качестве титранта применялся раствор соляной кислоты (HCl) с точно известной концентрацией — 0,1998 моль/л. Исходную навеску разделили на две равные порции, каждую из которых развели в 100 мл дистиллированной воды.

Первую пробу титровали с фенолфталеином в качестве индикатора. В результате этого титрования для изменения цвета индикатора было израсходовано 18,80 мл раствора соляной кислоты.

Вторую пробу титровали с метиловым оранжевым. Для достижения точки эквивалентности во втором случае потребовалось значительно больше раствора кислоты — 40,00 мл.

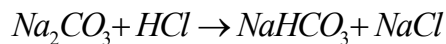
Ваша задача заключается в том, чтобы, используя предоставленные данные, рассчитать массовые доли карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в исходной смеси. Результаты необходимо выразить в процентах.



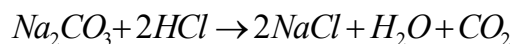
**Решение:**

- Реакция карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

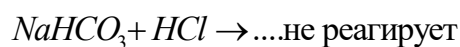


Титрование с применением метилового оранжевого:

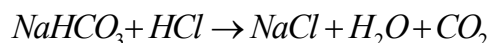


- Реакция гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

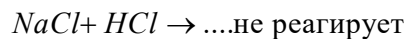


Титрование с применением метилового оранжевого:

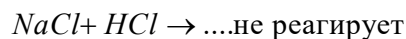


- Реакция хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:

$$n_{\text{HCl}, \text{fenol}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{fenol}} = 0,1998 \cdot 0,0188 = 0,003756 \text{ моль.}$$

Титрование с применением метилового оранжевого:

$$n_{\text{HCl}, \text{orange}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{orange}} = 0,1998 \cdot 0,0400 = 0,007992 \text{ моль.}$$

Определим количество оттитрованного карбоната ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и гидрокарбоната ( $\text{NaHCO}_3$ ):

При титровании с фенолфталеином, только  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  реагирует с  $\text{HCl}$ :

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = n_{\text{HCl}, \text{fenol}} = 0,003756 \text{ моль.}$$

При титровании с метиловым оранжевым,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  потребляет  $2 \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$  моля  $\text{HCl}$ , а оставшаяся часть  $\text{HCl}$  реагирует с  $\text{NaHCO}_3$ :

$$n_{\text{HCl}, \text{оставшееся}} = n_{\text{HCl}, \text{orange}} - 2 \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,007992 - 2 \cdot 0,003756 = 0,000480 \text{ моль.}$$





Следовательно:

$$n_{NaHCO_3} = n_{HCl, оставшееся} = 0,000480 \text{ моль.}$$

5 баллов

Тогда, массы карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{Na_2CO_3} = n_{Na_2CO_3} \cdot M_{(Na_2CO_3)} = 0,003756 \cdot 105,99 = 0,3988 \text{ г.}$$

$$m_{NaHCO_3} = n_{NaHCO_3} \cdot M_{(NaHCO_3)} = 0,00048 \cdot 84,01 = 0,0403 \text{ г.}$$

Тогда, массовые доли карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{\text{смеси на 1 титрование}} = \frac{0,8965}{2} = 0,4478 \text{ г.}$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{0,3988}{0,4478} \cdot 100\% = 89,09\%$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{0,0403}{0,4478} \cdot 100\% = 8,99\%$$

15 баллов

**Ответ:**  $\omega(Na_2CO_3) = 89,09\%$ ;  $\omega(NaHCO_3) = 8,99\%$

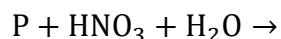


## ХИМИЯ

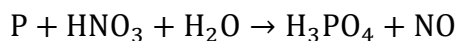
## ВАРИАНТ 2

## Задание 1 (5 баллов)

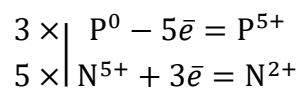
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



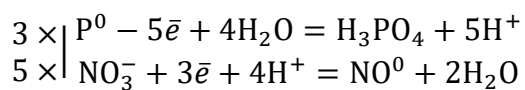
Решение



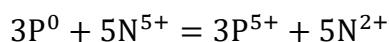
1 балл



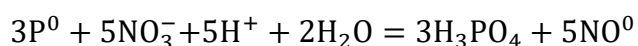
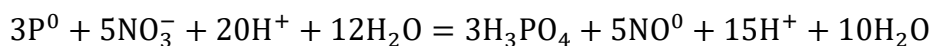
или



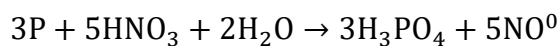
2 балла



или



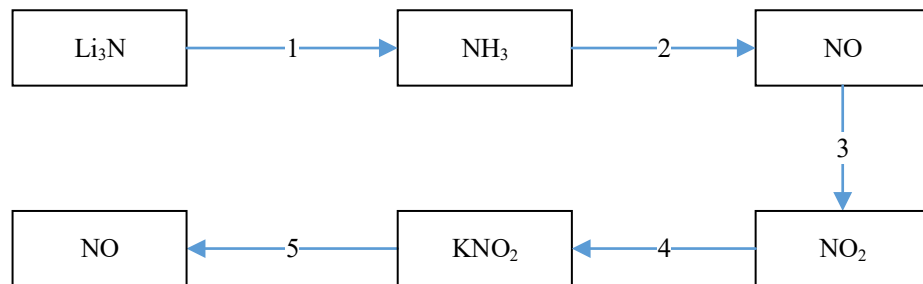
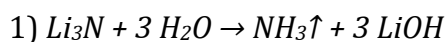
1 балл



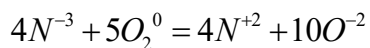
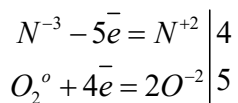
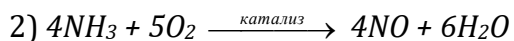
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

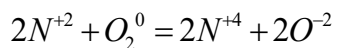
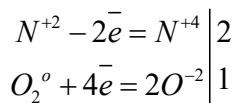
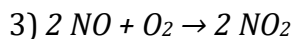
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

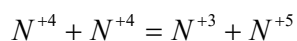
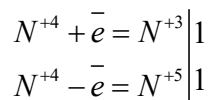
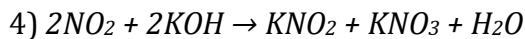
2 балла



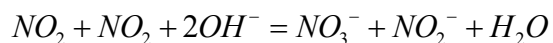
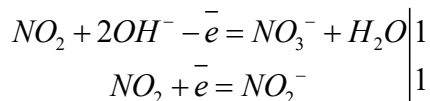
2 балла



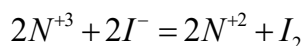
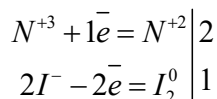
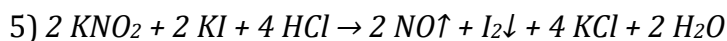
2 балла



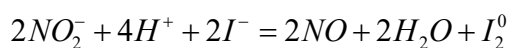
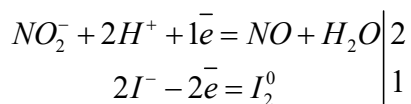
или



2 балла



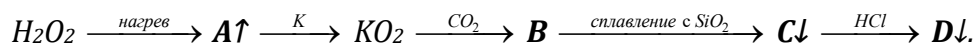
или

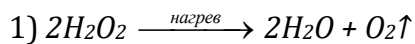


2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

Определите формулы веществ  $A, B, C, D$ . Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:



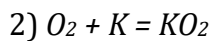
**Решение:**

$$\begin{array}{l} O_2^{-2} - 2\bar{e} = O_2 \quad \left| \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right. \\ O_2^{-2} + 2\bar{e} = 2O^{-2} \quad \left| \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right. \end{array}$$

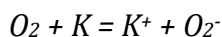
или

$$\begin{array}{l} H_2O_2^0 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2H_2O \quad \left| \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right. \\ H_2O_2^0 - 2\bar{e} = 2H^+ + O_2 \quad \left| \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right. \\ 2H_2O_2^0 = O_2 + 2H_2O \end{array}$$

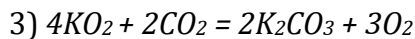
3 балла



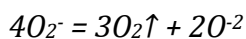
$$\begin{array}{l} O_2^0 + 1\bar{e} = O_2^- \quad \left| \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right. \\ K - 1\bar{e} = K^+ \quad \left| \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right. \end{array}$$



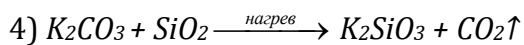
3 балла



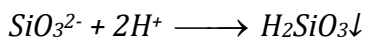
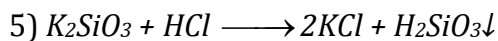
$$\begin{array}{l} O_2^- - 1\bar{e} = O_2^0 \quad \left| \begin{array}{l} 3 \\ 1 \end{array} \right. \\ O_2^- + 3\bar{e} = 2O^{-2} \quad \left| \begin{array}{l} 3 \\ 1 \end{array} \right. \end{array}$$



3 балла



3 балла



3 балла

Ответ: **A** –  $O_2$ ; **B** –  $K_2CO_3$ ; **C** –  $K_2SiO_3$ ; **D** –  $H_2SiO_3$ .



#### Задание 4 (20 баллов)

Неизвестная кристаллическая соль “В” при нагревании разлагается с образованием газа, который поддерживает горение, и твердого остатка, окрашивающего пламя в кирпично-красный цвет. Массовая доля металла в исходной соли составляет 19,4%. При добавлении раствора соли “В” к раствору нитрата серебра выпадает белый осадок, растворимый в растворе аммиака. Определите соль “В” и рассчитайте массу твёрдого остатка, а также объем газа (при н.у.), образовавшегося при разложении 25 г соли “В”.

#### Решение:

##### 1. Идентификация компонентов:

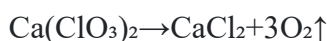
- Поддержание горения газа указывает на кислород ( $O_2$ ).
- Кирпично-красное окрашивание пламени указывает на кальций (Ca).
- Белый осадок, растворимый в аммиаке, при добавлении  $AgNO_3$ , указывает на хлорид-ион ( $Cl^-$ ).

##### 2. Определение формулы соли:

Соль “В” – хлорат кальция ( $Ca(ClO_3)_2$ ). Проверим массовую долю кальция в  $Ca(ClO_3)_2$ :  $40,08 / (40,08 + 2 \cdot (35,5 + 3 \cdot 16)) = 40,08 / 207,08 = 0,1935 = 19,5\%$ , что соответствует условию задачи.

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 3. Уравнение термического разложения:



\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 4. Расчёт количества вещества $Ca(ClO_3)_2$ :

Молярная масса  $Ca(ClO_3)_2$ :  $M = 207,08$  г/моль

Количество вещества  $Ca(ClO_3)_2$ :  $n(Ca(ClO_3)_2) = m / M = 25 \text{ г} / 207,08 \text{ г/моль} = 0,12$  моль

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 5. Расчёт массы $CaCl_2$ :

Согласно уравнению реакции,  $n(CaCl_2) = n(Ca(ClO_3)_2) = 0,12$  моль

Молярная масса  $CaCl_2$ :  $M = 40 + 2 \cdot 35,5 = 111$  г/моль

Масса  $CaCl_2$ :  $m(CaCl_2) = n \cdot M = 0,12 \text{ моль} \cdot 111 \text{ г/моль} = 13,32 \text{ г} \approx 13,3 \text{ г}$

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 6. Расчёт объема $O_2$ :

Согласно уравнению реакции,  $n(O_2) = 3 \cdot n(Ca(ClO_3)_2) = 3 \cdot 0,12 \text{ моль} = 0,36 \text{ моль}$



Объем  $O_2$ :  $V(O_2) = n \cdot V_m = 0,36 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 8,06 \text{ л} \approx 8,1 \text{ л}$

4 балла

**Ответ:** Соль “В” – хлорат кальция ( $Ca(ClO_3)_2$ ). Масса твердого остатка ( $CaCl_2$ ) составляет 13,3 г, объем  $O_2$  составляет 8,1 л.

### Задание 5 (25 баллов)

Смесь карбоната калия ( $K_2CO_3$ ) и гидрокарбоната калия ( $KHCO_3$ ) массой 25,0 г растворили в воде. К полученному раствору добавили раствор хлороводородной кислоты ( $HCl$ ). В результате реакции выделилось 4,48 л газа (н.у.). Определите массовые доли карбоната калия и гидрокарбоната калия в исходной смеси.

**Решение:**

1. **Реакции взаимодействия карбоната и гидрокарбоната с соляной кислотой:**



При взаимодействии каждого компонента смеси с кислотой выделяется углекислый газ.

5 баллов

2. **Определение количества вещества выделившегося углекислого газа:**

$$V(CO_2) = 4,48 \text{ л} \quad V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

$$n(CO_2) = V(CO_2) / V_m = 4,48 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,2 \text{ моль}$$

Нахождение количества вещества выделившегося газа.

5 баллов

3. **Принимаем за  $x$  - количество моль  $K_2CO_3$ , а за  $y$  - количество моль  $KHCO_3$ :**

Тогда, согласно уравнениям реакций (1) и (2):  $n(CO_2) = x + y = 0,2 \text{ моль}$

Составляем уравнение для общей массы смеси:  $M(K_2CO_3) \cdot x + M(KHCO_3) \cdot y = 25 \text{ г}$

$$M(K_2CO_3) = (39 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3) = 138 \text{ г/моль};$$

$$M(KHCO_3) = (39 + 1 + 12 + 16 \cdot 3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$138x + 100y = 25$$

5 баллов

4. **Решаем систему уравнений:**

$$x + y = 0,2 \quad 138x + 100y = 25$$

Выражаем  $x$  из первого уравнения:  $x = 0,2 - y$

$$\text{Подставляем во второе: } 138(0,2 - y) + 100y = 25 \quad 27,6 - 138y + 100y = 25 \quad 38y = 2,6$$

$$y = 0,0684; \quad x = 0,2 - 0,0684 = 0,1316$$

5 баллов



5. Определяем массы веществ:

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,1316 \text{ моль} \cdot 138 \text{ г/моль} = 18,16 \text{ г} \quad m(\text{KHCO}_3) = 0,0684 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} = 6,84 \text{ г}$$

Находим массу веществ, входящих в состав исходной смеси.

6. Рассчитываем массовые доли:

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = (18,16 \text{ г} / 25 \text{ г}) \cdot 100\% = 72,64 \%$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = (6,84 \text{ г} / 25 \text{ г}) \cdot 100\% = 27,36 \%$$

5 баллов

**Ответ:** массовая доля  $\text{K}_2\text{CO}_3$  составляет 72,64%, массовая доля  $\text{KHCO}_3$  составляет 27,36%.

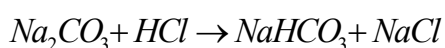
**Задание 6 (25 баллов)**

При анализе смеси, состоящей из  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , была проведена серия титрований кислотно-основным методом. Масса исследуемой смеси составила 0,9124 г. Для анализа навеску разделили на две равные части, каждую из которых растворили в 100 мл дистиллированной воды. Первую пробу титровали с использованием фенолфталеина как индикатора. При этом для достижения точки эквивалентности потребовалось 19,60 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,2010 М. Вторую пробу титровали с метиловым оранжевым. В этом случае для завершения реакции было израсходовано 41,20 мл того же раствора соляной кислоты. Требуется вычислить массовые доли (%) карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в исходной смеси.

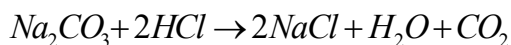
**Решение:**

- Реакция карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

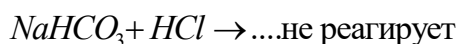


Титрование с применением метилового оранжевого:

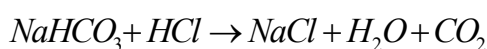


- Реакция гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

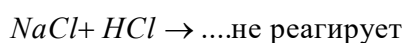


Титрование с применением метилового оранжевого:



- Реакция хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ) с соляной кислотой:

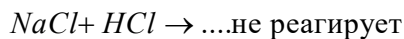
Титрование с применением фенолфталеина:







Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:

$$n_{HCl, fenol} = C_{HCl} \cdot V_{fenol} = 0,2010 \cdot 0,01960 = 0,00394 \text{ моль.}$$

Титрование с применением метилового оранжевого:

$$n_{HCl, orange} = C_{HCl} \cdot V_{orange} = 0,2010 \cdot 0,0412 = 0,00828 \text{ моль.}$$

Определим количество оттитрованного карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ):

При титровании с фенолфталеином, только  $Na_2CO_3$  реагирует с  $HCl$ :

$$n_{Na_2CO_3} = n_{HCl, fenol} = 0,00394 \text{ моль.}$$

При титровании с метиловым оранжевым,  $Na_2CO_3$  потребляет  $2 \cdot n(Na_2CO_3)$  моля  $HCl$ , а оставшаяся часть  $HCl$  реагирует с  $NaHCO_3$ :

$$n_{HCl, оставшееся} = n_{HCl, orange} - 2 \cdot n_{Na_2CO_3} = 0,00828 - 2 \cdot 0,00394 = 0,00040 \text{ моль.}$$

Следовательно:

$$n_{NaHCO_3} = n_{HCl, оставшееся} = 0,00040 \text{ моль.}$$

5 баллов

Тогда, массы карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{Na_2CO_3} = n_{Na_2CO_3} \cdot M_{(Na_2CO_3)} = 0,00394 \cdot 105,99 = 0,4176 \text{ г.}$$

$$m_{NaHCO_3} = n_{NaHCO_3} \cdot M_{(NaHCO_3)} = 0,00040 \cdot 84,01 = 0,0336 \text{ г.}$$

Тогда, массовые доли карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{\text{смеси на 1 титрование}} = \frac{0,9124}{2} = 0,4562 \text{ г.}$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{0,4176}{0,4562} \cdot 100\% = 91,54\%$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{0,0336}{0,4562} \cdot 100\% = 7,37\%$$

15 баллов

Ответ:  $\omega(Na_2CO_3) = 91,54\%$ ;  $\omega(NaHCO_3) = 7,37\%$

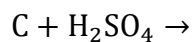


## ХИМИЯ

## ВАРИАНТ 3

## Задание 1 (5 баллов)

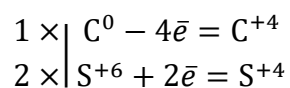
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



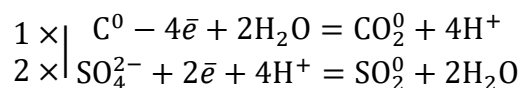
Решение



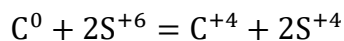
1 балл



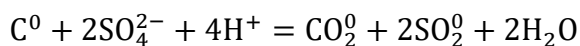
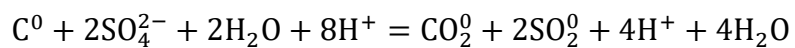
или



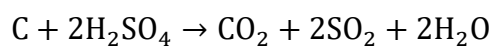
2 балла



или



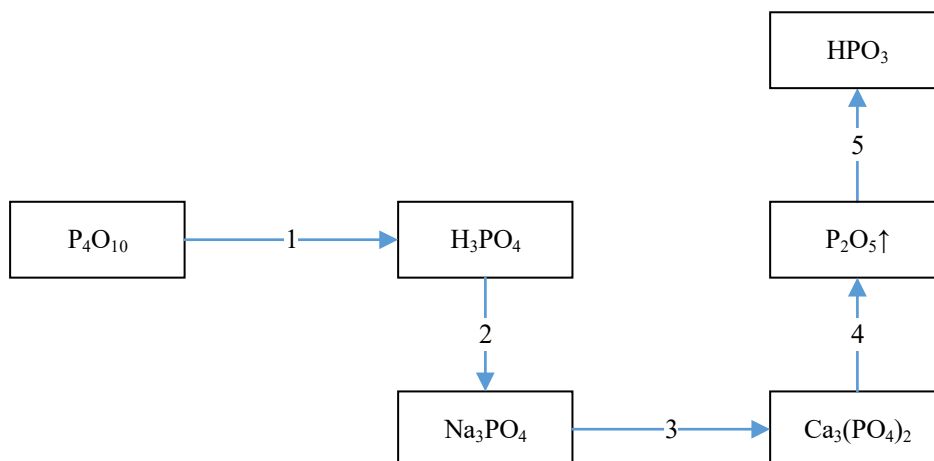
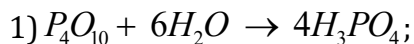
1 балл



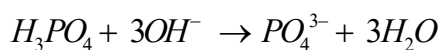
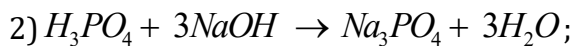
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

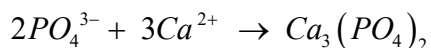
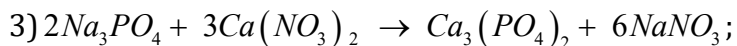
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

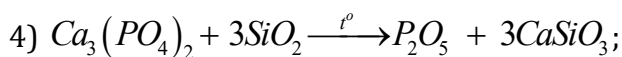
2 балла



2 балла



2 балла



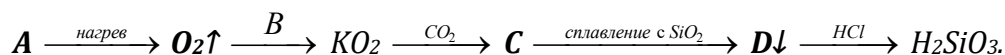
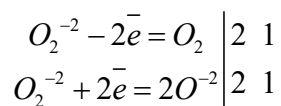
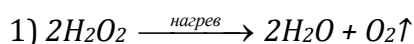
2 балла



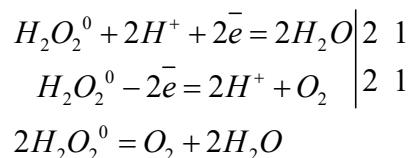
2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

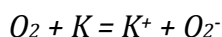
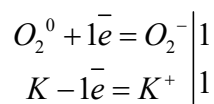
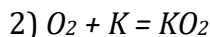
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

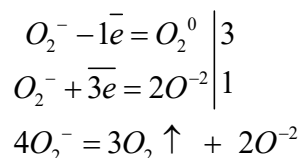
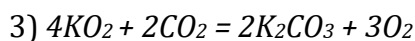
или



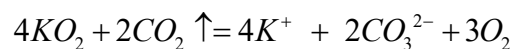
3 балла



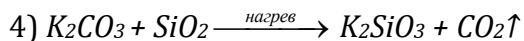
3 балла



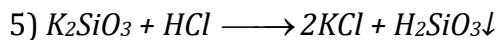
или



3 балла



3 балла



3 балла

Ответ: **A** –  $H_2O_2$ ; **B** –  $K$ ; **C** –  $K_2CO_3$ ; **D** –  $K_2SiO_3$ .

#### Задание 4 (20 баллов)

Имеется кристаллическая соль “Z”, имеющая светло-зелёный цвет и хорошо растворимая в воде. Массовая доля металла в исходной соли составляет 44,1%. При добавлении раствора щелочи к раствору соли “Z” образуется осадок белого цвета, который быстро темнеет на воздухе, приобретая бурый оттенок. Также белый осадок образуется при добавлении к соли “Z” нитрата серебра. Если к раствору соли “Z” добавить раствор роданида калия (KSCN) в присутствие окислителя ( $Cl_2$ ), то раствор окрашивается в кроваво-красный цвет. Определите соль “Z” и рассчитайте массу вещества, образующего осадок, после его полного окисления на воздухе, если для проведения реакций был взят раствор, содержащий 10,0 г соли “Z”.

##### Решение:

##### 1. Идентификация компонентов:

- Светло-зелёный цвет соли указывает на присутствие ионов железа(II) или меди(II), но медь обычно даёт голубоватый оттенок.
- Белый осадок, образующийся при взаимодействии с нитратом серебра, указывает на наличие хлора в соли.
- Белый осадок, темнеющий на воздухе, указывает на гидроксид железа(II) ( $Fe(OH)_2$ ), который окисляется до гидроксида железа(III) ( $Fe(OH)_3$ ), имеющего бурый цвет.
- Кроваво-красное окрашивание с роданидом калия указывает на наличие ионов железа(III) ( $Fe^{3+}$ ), образующих роданид железа (III)

4 балла

##### 2. Определение формулы соли:

Соль зеленого цвета “Z” – хлорид железа(II) ( $FeCl_2$ ). При добавлении щелочи образуется гидроксид железа(II), который, окисляясь на воздухе, превращается в гидроксид железа(III). Добавление роданида калия к раствору соли Z в присутствие окислителя будет образовывать роданид железа (III).

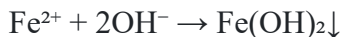
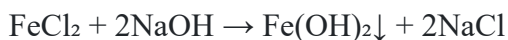
Проверим массовую долю железа в  $FeCl_2$ :  $(56)/(2 \cdot 35,5 + 56) = 56/127 = 0,441 = 44,1\%$ , что совпадает с условием (44,1%).

4 балла

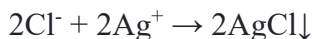
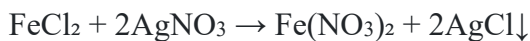


3. Уравнения реакций:

○ Реакция с щелочью:



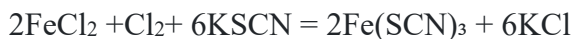
○ Реакция с нитратом серебра:



○ Окисление на воздухе:



Реакция с роданидом калия (только для  $\text{FeCl}_3$ )



\_\_\_\_\_ 4 балла

4. Расчёт количества вещества  $\text{FeCl}_2$ :

Молярная масса  $\text{FeCl}_2$ :  $M = 56 + 2 \cdot 35,5 = 127$  г/моль

$$n(\text{FeCl}_2) = 10 / 127 = 0,079 \text{ моль}$$

\_\_\_\_\_ 4 балла

5. Расчёт массы  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :

Согласно уравнениям реакций, количество вещества  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  эквивалентно количеству вещества  $\text{FeCl}_2$ :

$$M(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 56 + 3 \cdot (16 + 1) = 107 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем для  $\text{FeCl}_2$

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,079 \text{ моль} \cdot 107 \text{ г/моль} = 8,453 \text{ г}$$

\_\_\_\_\_ 4 балла

**Ответ:** Соль “Z” – хлорид железа(II) ( $\text{FeCl}_2$ ) . Масса  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  при использовании  $\text{FeCl}_2$  составляет 8,453 г.



### Задание 5 (20 баллов)

Смесь, состоящая из металлического алюминия (Al) и оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), массой 15,0 г была обработана избытком разбавленного раствора серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). При этом выделилось 5,6 л газа (при нормальных условиях). Определите массовые доли Al и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в исходной смеси.

#### Решение:

##### 1. Реакции взаимодействия с серной кислотой:

Алюминий реагирует с серной кислотой, образуя сульфат алюминия и водород:



Оксид алюминия также реагирует с серной кислотой, образуя сульфат алюминия и воду:



Важно отметить, что только реакция (1) приводит к выделению газа, что позволит определить количество алюминия в смеси.

##### 2. Расчёт количества молей выделившегося водорода:

Объем водорода:  $V(\text{H}_2) = 5,6$  л;

Молярный объем газа при нормальных условиях:  $V_m = 22,4$  л/моль

Количество молей водорода:  $n(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) / V_m = 5,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,25$  моль

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 3. Определение количества молей алюминия:

Из уравнения реакции (1) следует, что на 2 моля Al приходится 3 моля  $\text{H}_2$ . Следовательно:

$$n(\text{Al}) = (2/3) \cdot n(\text{H}_2) = (2/3) \cdot 0,25 \text{ моль} = 0,167 \text{ моль}$$

- Использование стехиометрии реакции для определения количества алюминия.

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 4. Расчёт массы алюминия:

Молярная масса алюминия:  $M(\text{Al}) = 27$  г/моль

Масса алюминия:  $m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,167 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 4,5$  г

- Расчёт массы алюминия в смеси.

\_\_\_\_\_ 4 балла

##### 5. Расчёт массы оксида алюминия:

Общая масса смеси: 15,0 г

Масса оксида алюминия:  $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = m(\text{смеси}) - m(\text{Al}) = 15,0 \text{ г} - 4,5 \text{ г} = 10,5 \text{ г}$

##### 6. Расчёт массовых долей:

$$\omega(\text{Al}) = (m(\text{Al}) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (4,5 \text{ г} / 15,0 \text{ г}) \cdot 100\% = 30,0\%$$



$$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3) = (m(\text{Al}_2\text{O}_3) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (10,5 \text{ г} / 15,0 \text{ г}) \cdot 100\% = 70,0\%$$

4 балла

**Ответ:** Массовая доля Al в исходной смеси равна 30,0%, массовая доля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  равна 70,0%.

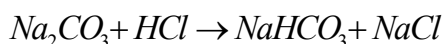
### Задание 6 (25 баллов)

Проведен анализ смеси, состоящей из  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , методом кислотно-основного титрования. Исследуемая смесь имела массу 0,9080 г. Для анализа навеску разделили на две равные части, каждую из которых растворили в 100 мл дистиллированной воды. Первую пробу титровали с фенолфталеином в качестве индикатора. При этом для достижения точки эквивалентности потребовалось 19,20 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,2005 М. Вторую пробу титровали с метиловым оранжевым. В этом случае для завершения реакции было израсходовано 40,80 мл того же раствора соляной кислоты. Требуется определить массовые доли (%) карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в исходной смеси.

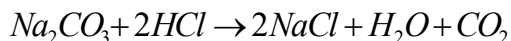
#### Решение:

- Реакция карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

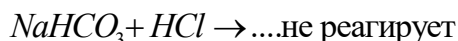


Титрование с применением метилового оранжевого:

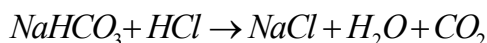


- Реакция гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

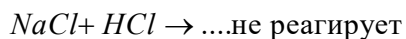


Титрование с применением метилового оранжевого:

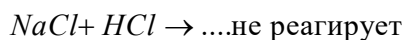


- Реакция хлоридаа натрия ( $\text{NaCl}$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:





$$n_{HCl, fenol} = C_{HCl} \cdot V_{fenol} = 0,2005 \cdot 0,01920 = 0,00385 \text{ моль.}$$

Титрование с применением метилового оранжевого:

$$n_{HCl, orange} = C_{HCl} \cdot V_{orange} = 0,2005 \cdot 0,0408 = 0,00818 \text{ моль.}$$

Определим количество оттитрованного карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ):

При титровании с фенолфталеином, только  $Na_2CO_3$  реагирует с  $HCl$ :

$$n_{Na_2CO_3} = n_{HCl, fenol} = 0,00385 \text{ моль.}$$

При титровании с метиловым оранжевым,  $Na_2CO_3$  потребляет  $2 \cdot n(Na_2CO_3)$  моля  $HCl$ , а оставшаяся часть  $HCl$  реагирует с  $NaHCO_3$ :

$$n_{HCl, оставшееся} = n_{HCl, orange} - 2 \cdot n_{Na_2CO_3} = 0,00818 - 2 \cdot 0,00385 = 0,00048 \text{ моль.}$$

Следовательно:

$$n_{NaHCO_3} = n_{HCl, оставшееся} = 0,00048 \text{ моль.}$$

5 баллов

Тогда, массы карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{Na_2CO_3} = n_{Na_2CO_3} \cdot M_{(Na_2CO_3)} = 0,00385 \cdot 105,99 = 0,4081 \text{ г.}$$

$$m_{NaHCO_3} = n_{NaHCO_3} \cdot M_{(NaHCO_3)} = 0,00048 \cdot 84,01 = 0,04032 \text{ г.}$$

Тогда, массовые доли карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{\text{смеси на 1 титрование}} = \frac{0,9080}{2} = 0,4540 \text{ г.}$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{0,4081}{0,4540} \cdot 100\% = 89,89\%$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{0,04032}{0,4540} \cdot 100\% = 8,88\%$$

15 баллов

Ответ:  $\omega(Na_2CO_3) = 89,89\%$ ;  $\omega(NaHCO_3) = 8,88\%$



## ХИМИЯ

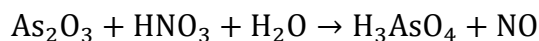
## ВАРИАНТ 4

## Задание 1 (5 баллов)

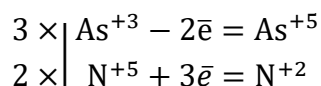
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



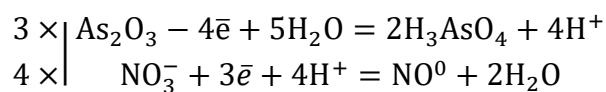
Решение



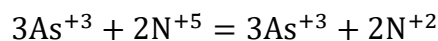
1 балл



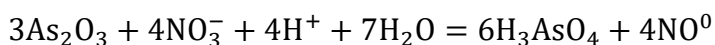
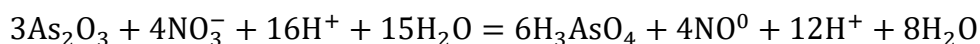
или



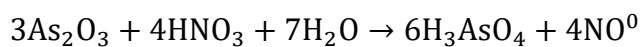
2 балла



или



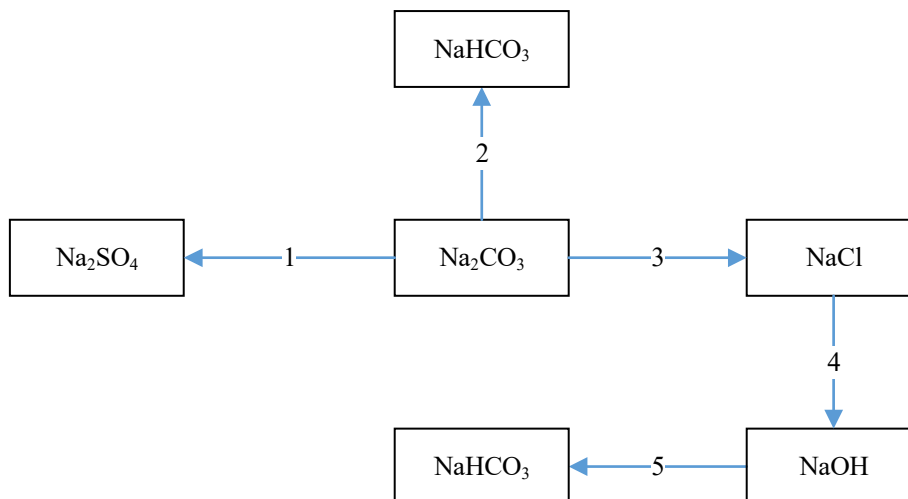
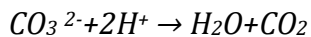
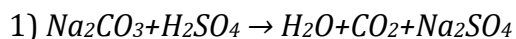
1 балл



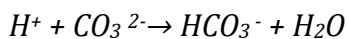
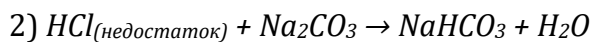
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

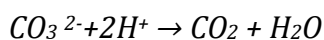
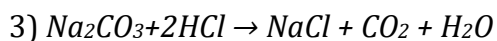
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

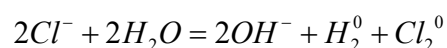
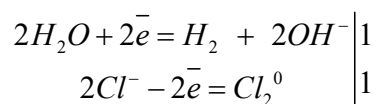
2 балла



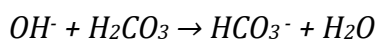
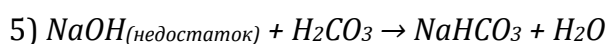
2 балла



2 балл



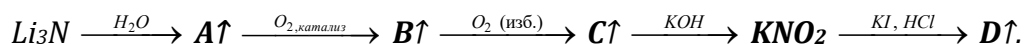
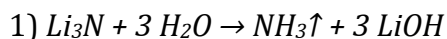
2 балла



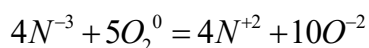
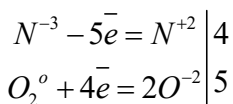
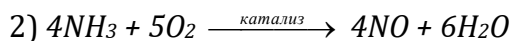
2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

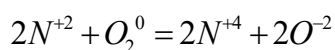
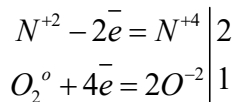
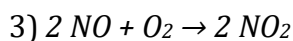
Определите формулы веществ  $A, B, C, D$ . Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

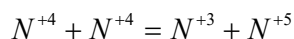
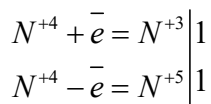
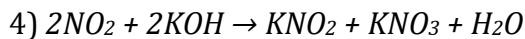
3 балла



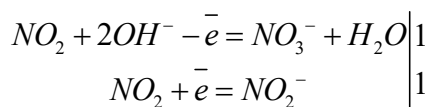
3 балла



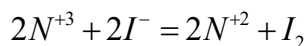
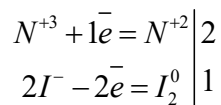
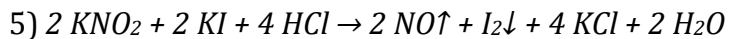
3 балла



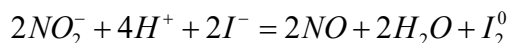
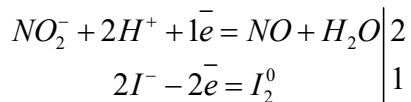
или



3 балла



или



3 балла

Ответ: **A** –  $\text{NH}_3$ ; **B** –  $\text{NO}$ ; **C** –  $\text{NO}_2$ ; **D** –  $\text{NO}$ .

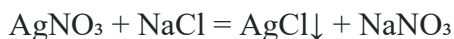
#### Задание 4 (20 баллов)

Имеется смесь двух солей: нитрата серебра ( $\text{AgNO}_3$ ) и нитрата меди(II) ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ). Навеску этой смеси массой 20,0 г растворили в воде. К полученному раствору добавили избыток раствора хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ). Выпавший осадок отделили, а к фильтрату добавили избыток раствора гидроксида натрия ( $\text{NaOH}$ ). При этом образовался осадок синего цвета. После прокаливания осадка синего цвета была получена твёрдая фаза массой 6,0 г. Определите массовые доли нитрата серебра и нитрата меди(II) в исходной смеси.

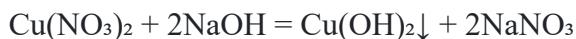
**Решение:**

1. **Описание последовательных реакций:**

○ Добавление хлорида натрия приводит к осаждению хлорида серебра ( $\text{AgCl}$ ) из нитрата серебра. Нитрат меди(II) в этой реакции не участвует:



○ Добавление гидроксида натрия к фильтрату (содержащему  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) приводит к образованию осадка гидроксида меди(II) ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ).



○ Прокаливание гидроксида меди(II) приводит к образованию оксида меди(II) ( $\text{CuO}$ ):  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

4 балла

2. **Определение вещества и количества молей конечного продукта прокаливания:**

Твёрдая фаза после прокаливания – это оксид меди(II) ( $\text{CuO}$ ).

Молярная масса  $\text{CuO}$ :  $M(\text{CuO}) = 63,5 + 16 = 79,5$  г/моль



Количество моль CuO:  $n(\text{CuO}) = m(\text{CuO}) / M(\text{CuO}) = 6,0 \text{ г} / 79,5 \text{ г/моль} = 0,0754 \text{ моль}$

○ Важно отметить, что из гидроксида меди ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) получается оксид меди ( $\text{CuO}$ ), по этой причине в этом пункте необходимо указать, что за вещество, и молярную массу.

4 балла

3. **Расчёт количества моль  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ :**

Согласно уравнению реакции образования оксида меди(II) из гидроксида меди(II), а затем и гидроксида меди из нитрата меди:

$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = n(\text{CuO}) = 0,0754 \text{ моль}$

○ Следует указать, что количество вещества (оксида меди, гидроксида меди и нитрата меди) = между собой

4 балла

4. **Расчёт массы  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ :**

Молярная масса  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ :  $M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 63,5 + 2 \cdot (14 + 3 \cdot 16) = 187,5 \text{ г/моль}$

Масса  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ :  $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0754 \text{ моль} \cdot 187,5 \text{ г/моль} = 14,14 \text{ г}$

○ Расчёт массы соли меди

4 балла

5. **Расчёт массы  $\text{AgNO}_3$ :**

Масса смеси: 20,0 г

Масса  $\text{AgNO}_3$ :  $m(\text{AgNO}_3) = m(\text{смеси}) - m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 20,0 \text{ г} - 14,14 \text{ г} = 5,86 \text{ г}$

○ Вычитанием находится, что осталось только  $\text{AgNO}_3$ .

6. **Расчёт массовых долей:**

○ Рассчитываем массовые доли

$\omega(\text{AgNO}_3) = (m(\text{AgNO}_3) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (5,86 \text{ г} / 20,0 \text{ г}) \cdot 100\% = 29,3\%$

$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) / m(\text{смеси})) \cdot 100\% = (14,14 \text{ г} / 20,0 \text{ г}) \cdot 100\% = 70,7\%$

4 балла

**Ответ:** Массовая доля  $\text{AgNO}_3$  в исходной смеси составляет 29,3%, массовая доля  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  составляет 70,7%.



### Задание 5 (25 баллов)

Была взята смесь карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и карбоната магния ( $\text{MgCO}_3$ ) массой 28,0 г. При обработке избытком соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ) выделившийся газ пропустили через раствор гидроксида бария ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ). В результате образовался осадок массой 59,1 г. Определите массовые доли карбоната кальция и карбоната магния в исходной смеси.

#### Решение:

##### 1. Реакции карбонатов с соляной кислотой:

Карбонат кальция и карбонат магния реагируют с соляной кислотой, выделяя углекислый газ:



##### 2. Реакция поглощения углекислого газа гидроксидом бария:

Выделившийся углекислый газ реагирует с гидроксидом бария с образованием осадка карбоната бария:



Реакция (3) показывает, что количество выпавшего осадка карбоната бария эквивалентно количеству углекислого газа, выделившемуся в реакциях (1) и (2).

\_\_\_\_\_ 5 баллов

##### 3. Пусть $x$ - количество моль $\text{CaCO}_3$ , а $y$ - количество моль $\text{MgCO}_3$ в смеси:

Тогда, согласно уравнениям (1) и (2), общее количество моль  $\text{CO}_2 = x + y$ .

И, согласно уравнению (3), количество моль  $\text{BaCO}_3$  также равно  $x + y$ .

Установление связи между количеством моль карбонатов и количеством моль углекислого газа.

\_\_\_\_\_ 5 баллов

##### 4. Расчёт количества моль карбоната бария:

Масса осадка  $\text{BaCO}_3$ :  $m(\text{BaCO}_3) = 59,1$  г

Молярная масса  $\text{BaCO}_3$ :  $M(\text{BaCO}_3) = 137 + 12 + 48 = 197$  г/моль

Количество моль  $\text{BaCO}_3$ :  $n(\text{BaCO}_3) = m(\text{BaCO}_3) / M(\text{BaCO}_3) = 59,1 \text{ г} / 197 \text{ г/моль} = 0,3$  моль

\_\_\_\_\_ 5 баллов

##### 5. Составление системы уравнений:

○ Масса смеси карбонатов:  $M(\text{CaCO}_3)x + M(\text{MgCO}_3)y = 28,0$  г

○ Количество моль  $\text{CO}_2$ :  $x + y = 0,3$  моль

$M(\text{CaCO}_3) = 100$  г/моль,  $M(\text{MgCO}_3) = 84$  г/моль.



Получаем систему:

$$100x + 84y = 28$$

$$x + y = 0,3$$

5 баллов

**6. Решение системы уравнений:**

Из второго уравнения выражаем  $x = 0,3 - y$  и подставляем в первое:

$$100(0,3 - y) + 84y = 28$$

$$30 - 100y + 84y = 28$$

$$-16y = -2 \quad y = 0,125$$

Тогда  $x = 0,175$  моль.

5 баллов

**7. Масса карбоната кальция**

$$m(\text{CaCO}_3) = n M = 17,5 \text{ г.} \quad m(\text{MgCO}_3) = 10,5 \text{ г.}$$

Массовая доля  $\text{CaCO}_3$ :  $\omega(\text{CaCO}_3) = (m(\text{CaCO}_3) / m(\text{смеси}))100\% = (17,5 \text{ г} / 28 \text{ г}) 100\% = 62,5\%$ ; Массовая доля  $\text{MgCO}_3 = 37,5\%$

**Ответ:** Массовая доля  $\text{CaCO}_3$  в исходной смеси равна 62,5%; Массовая доля  $\text{MgCO}_3 = 37,5\%$ .

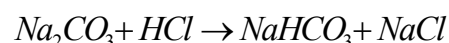
**Задание 6 (25 баллов)**

При количественном анализе смеси, содержащей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , применялся метод кислотно-основного титрования. Исследуемая смесь имела массу 0,9152 г. Для анализа навеску разделили на две равные части, каждую из которых растворили в 100 мл дистиллированной воды. Первую пробу титровали с использованием фенолфталеина как индикатора. При этом для достижения точки эквивалентности потребовалось 19,40 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,2015 М. Вторую пробу титровали с метиловым оранжевым. В этом случае для завершения реакции было израсходовано 41,00 мл того же раствора соляной кислоты. Необходимо вычислить массовые доли (%) карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в исходной смеси.

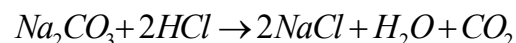
**Решение:**

- Реакция карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



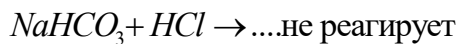
Титрование с применением метилового оранжевого:



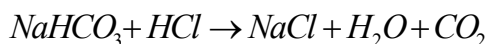
- Реакция гидрокарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



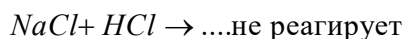


Титрование с применением метилового оранжевого:

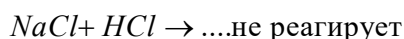


- Реакция хлорида натрия (NaCl) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:

$$n_{HCl, fenol} = C_{HCl} \cdot V_{fenol} = 0,2015 \cdot 0,01940 = 0,00391 \text{ моль.}$$

Титрование с применением метилового оранжевого:

$$n_{HCl, orange} = C_{HCl} \cdot V_{orange} = 0,2015 \cdot 0,0410 = 0,00826 \text{ моль.}$$

Определим количество оттитрованного карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ):

При титровании с фенолфталеином, только  $Na_2CO_3$  реагирует с HCl:

$$n_{Na_2CO_3} = n_{HCl, fenol} = 0,00391 \text{ моль.}$$

При титровании с метиловым оранжевым,  $Na_2CO_3$  потребляет  $2 \cdot n(Na_2CO_3)$  моля HCl, а оставшаяся часть HCl реагирует с  $NaHCO_3$ :

$$n_{HCl, оставшееся} = n_{HCl, orange} - 2 \cdot n_{Na_2CO_3} = 0,00826 - 2 \cdot 0,00391 = 0,00044 \text{ моль.}$$

Следовательно:

$$n_{NaHCO_3} = n_{HCl, оставшееся} = 0,00044 \text{ моль.}$$

5 баллов

Тогда, массы карбоната ( $Na_2CO_3$ ) и гидрокарбоната ( $NaHCO_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{Na_2CO_3} = n_{Na_2CO_3} \cdot M_{(Na_2CO_3)} = 0,00391 \cdot 105,99 = 0,4144 \text{ г.}$$

$$m_{NaHCO_3} = n_{NaHCO_3} \cdot M_{(NaHCO_3)} = 0,00044 \cdot 84,01 = 0,03696 \text{ г.}$$



Тогда, массовые доли карбоната ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и гидрокарбоната ( $\text{NaHCO}_3$ ) в исходной пробе:

$$m_{\text{смеси на 1 титрование}} = \frac{0,9152}{2} = 0,4576 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,4144}{0,4576} \cdot 100\% = 90,56\%$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,03696}{0,4576} \cdot 100\% = 8,14\%$$

---

15 баллов

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 90,56\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 8,14\%$