

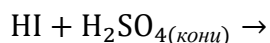


ХИМИЯ

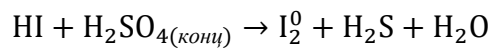
ВАРИАНТ 1

Задание 1 (5 баллов)

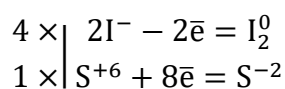
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



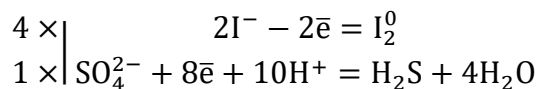
Решение



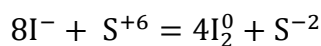
1 балл



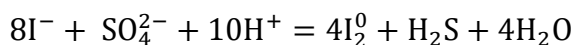
или



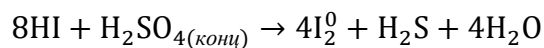
2 балла



или



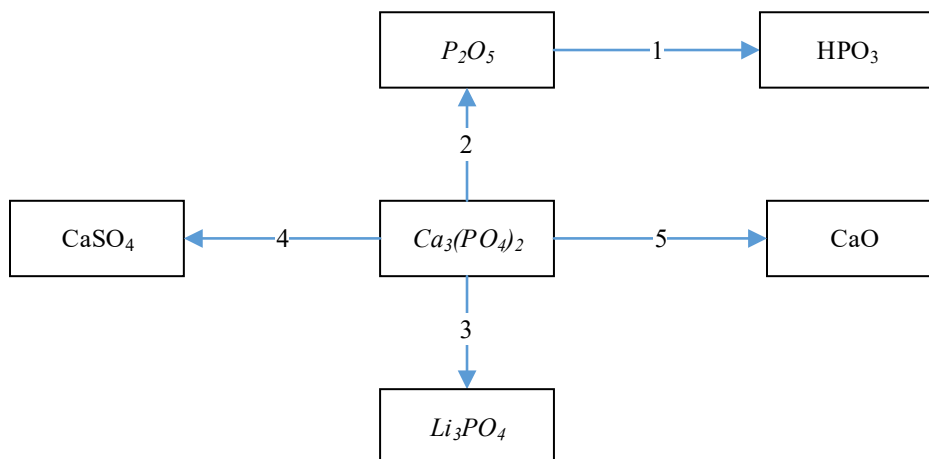
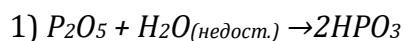
1 балл



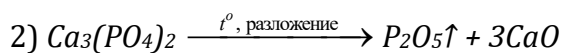
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

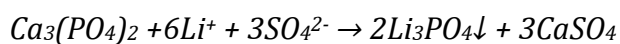
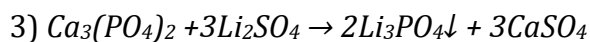
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

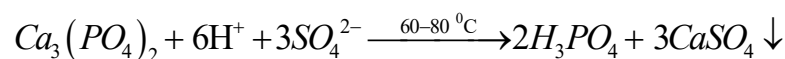
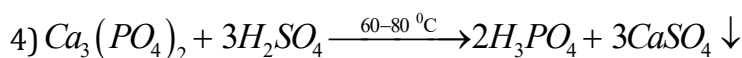
2 балла



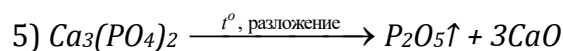
2 балла



2 балла



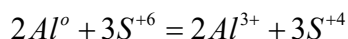
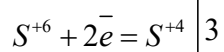
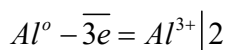
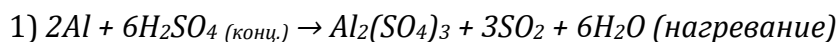
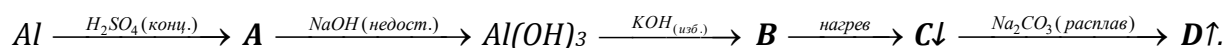
2 балла



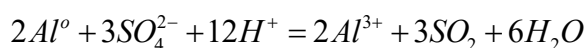
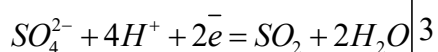
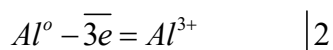
2 балла

Задание 3 (15 баллов)

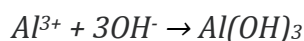
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом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



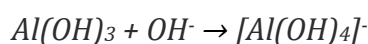
или



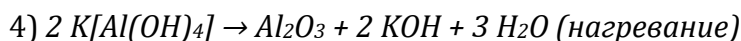
3 балла



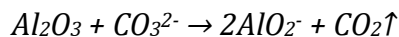
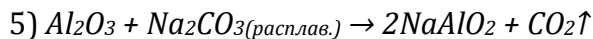
3 балла



3 балла



3 балла



3 балла

Ответ: **A** – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; **B** – $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$; **C** – Al_2O_3 ; **D** – 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 (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 (SO_2) из сульфита. Это согласуется с известными реакциями сульфитов.

4 балла

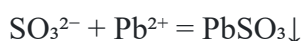
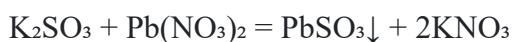
2. Определение формулы соли:

Таким образом, можно предположить, что соль “X” – это сульфит калия (K_2SO_3).

Проверим массовую долю калия в K_2SO_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%).

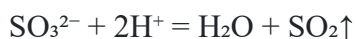
3. Уравнения реакций:

○ Реакция с нитратом свинца (II):





- Реакция с серной кислотой:



4 балла

4. **Расчёт количества вещества K_2SO_3 :**

Объем раствора K_2SO_3 : $V = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$

Концентрация раствора K_2SO_3 : $C = 0,2 \text{ моль/л}$

Количество вещества K_2SO_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 PbSO_3 :**

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

Молярная масса PbSO_3 : $M(\text{PbSO}_3) = 207,2 + 32,1 + 3 \cdot 16 = 295,3 \text{ г/моль}$

Масса осадка 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 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 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 (K_2SO_3). Масса осадка PbSO_3 составляет 29,5 г, объем 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 (NaCl) и карбоната натрия (Na_2CO_3) в 100 мл воды. Затем к полученному раствору он добавил 50 мл раствора соляной кислоты (HCl) с концентрацией 2 моль/л. При этом выделился газ. После окончания реакции к раствору добавили избыток раствора нитрата серебра (AgNO_3), при этом выпал осадок. Масса осадка после высушивания составила 28,67 г. Вычислите массовые доли NaCl и Na_2CO_3 в исходной смеси.

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

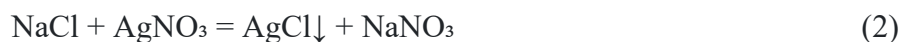
При добавлении соляной кислоты к раствору смеси, происходит реакция нейтрализации с карбонатом натрия, выделяется углекислый газ:



Эта реакция определяет количество Na_2CO_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 NaCl (исходного и образовавшегося из карбоната) и HCl , которые прореагировали с AgNO_3 .

3. Расчёт количества молей HCl :

Концентрация раствора HCl : 2 моль/л Объем раствора HCl : 50 мл = 0,05 л Количество молей 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 AgCl :

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

Количество молей 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 AgNO_3 , и, следовательно, количество прореагировавшего HCl и общего NaCl .

_____ 5 баллов

5. Пусть x - количество молей Na_2CO_3 в смеси, y - количество молей NaCl в смеси. Тогда количество молей NaCl , образовавшегося в реакции (1) = $2x$ моль

Общее количество молей хлорид-ионов, которые вступили в реакцию с AgNO_3 , равно сумме $2x$ моль (от образовавшегося NaCl), y моль (от исходного NaCl) и количества HCl , прореагировавшего с AgNO_3 Количество молей $\text{Cl}^- = 0,2$ 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 Na_2CO_3 пошло $2x$ моль HCl . Тогда количество 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 Na_2CO_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 Na_2CO_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 Na_2CO_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 Na_2CO_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.

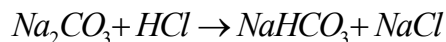
Ваша задача заключается в том, чтобы, используя предоставленные данные, рассчитать массовые доли карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в исходной смеси. Результаты необходимо выразить в процентах.



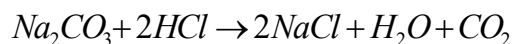
Решение:

- Реакция карбоната натрия (Na_2CO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

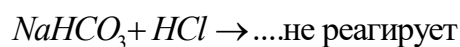


Титрование с применением метилового оранжевого:

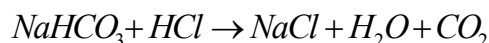


- Реакция гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

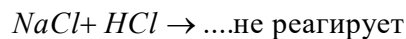


Титрование с применением метилового оранжевого:

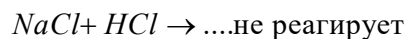


- Реакция хлорида натрия (NaCl) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:

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

Титрование с применением метилового оранжевого:

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

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

При титровании с фенолфталеином, только Na_2CO_3 реагирует с HCl :

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

При титровании с метиловым оранжевым, Na_2CO_3 потребляет $2 \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ моля HCl , а оставшаяся часть HCl реагирует с NaHCO_3 :

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



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

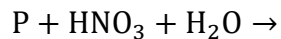


ХИМИЯ

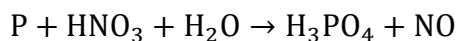
ВАРИАНТ 2

Задание 1 (5 баллов)

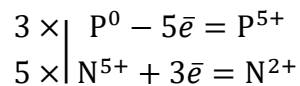
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



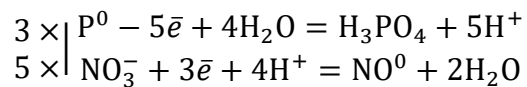
Решение



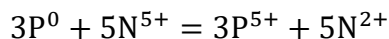
1 балл



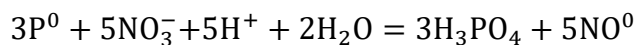
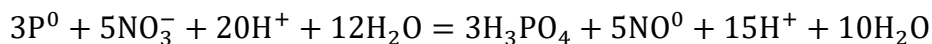
или



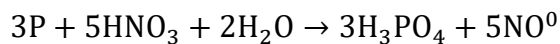
2 балла



или



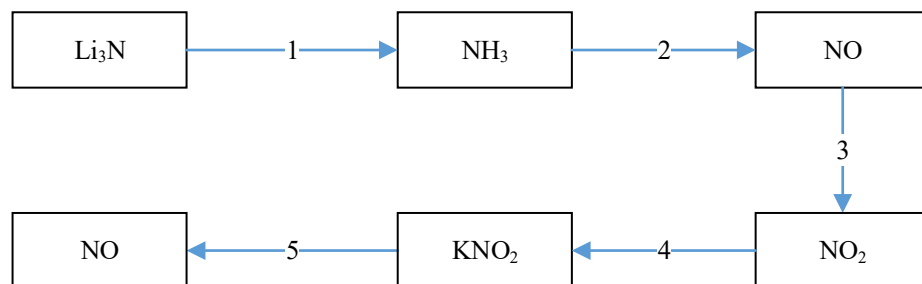
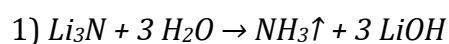
1 балл

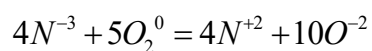
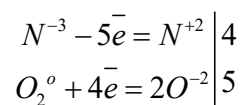
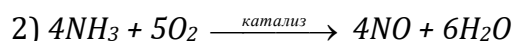


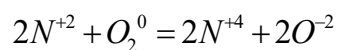
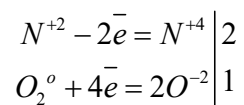
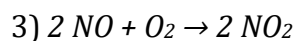
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

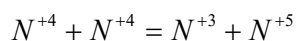
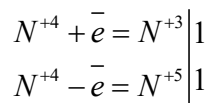
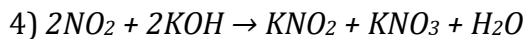
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

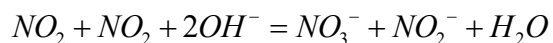
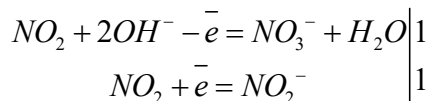
2 балла

2 балла

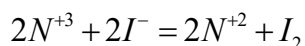
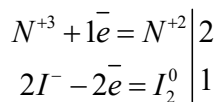
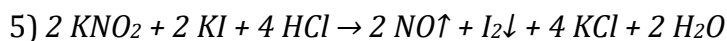
2 балла



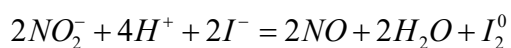
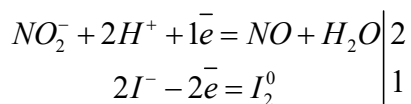
или



2 балла



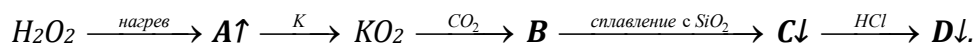
или



2 балла

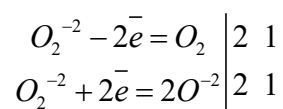
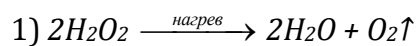
Задание 3 (15 баллов)

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:

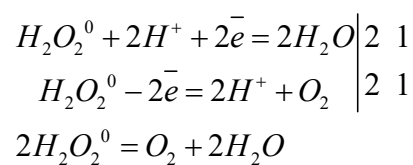




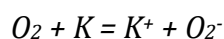
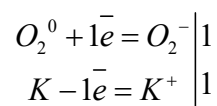
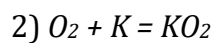
Решение:



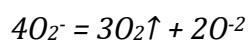
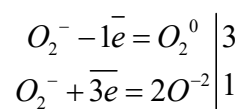
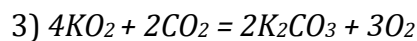
или



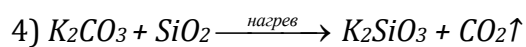
3 балла



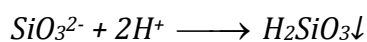
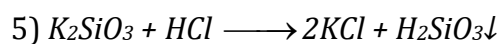
3 балла



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:

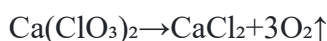
- Поддержание горения газа указывает на кислород (O_2).
- Кирпично-красное окрашивание пламени указывает на кальций (Ca).
- Белый осадок, растворимый в аммиаке, при добавлении $AgNO_3$, указывает на хлорид-ион (Cl^-).

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

_____ 4 балла

5. Расчёт массы $CaCl_2$:

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

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 K_2CO_3 составляет 72,64%, массовая доля KHCO_3 составляет 27,36%.

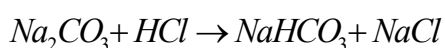
Задание 6 (25 баллов)

При анализе смеси, состоящей из Na_2CO_3 , NaHCO_3 и 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.

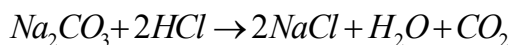
Решение:

- Реакция карбоната натрия (Na_2CO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

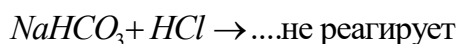


Титрование с применением метилового оранжевого:

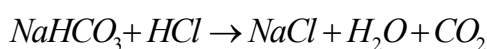


- Реакция гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

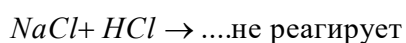


Титрование с применением метилового оранжевого:



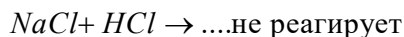
- Реакция хлорида натрия (NaCl) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:





Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:

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

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

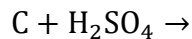


ХИМИЯ

ВАРИАНТ 3

Задание 1 (5 баллов)

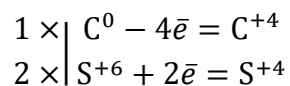
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



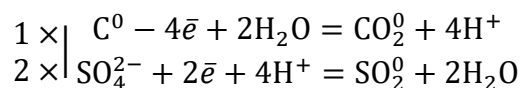
Решение



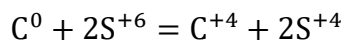
1 балл



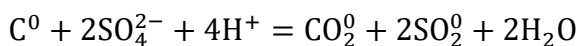
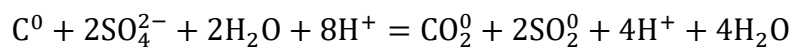
или



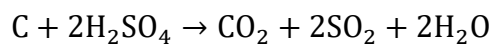
2 балла



или



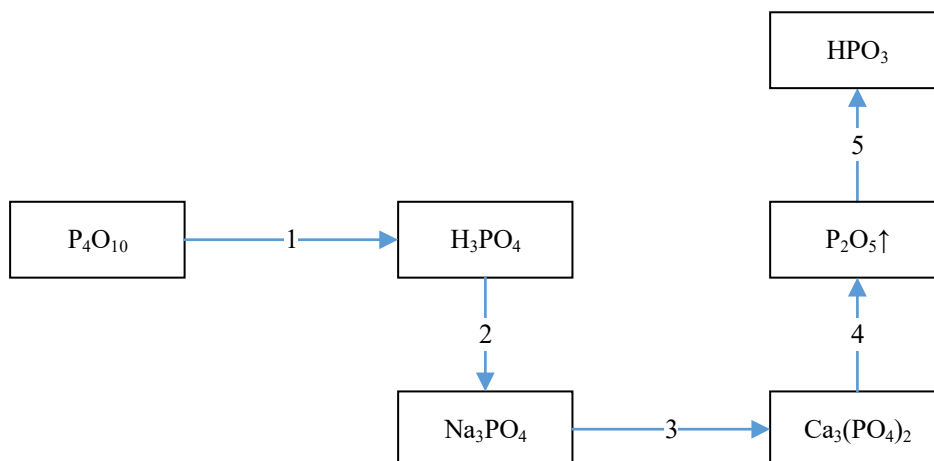
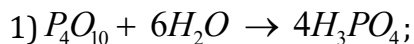
1 балл



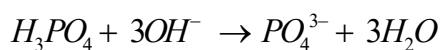
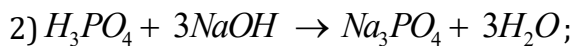
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

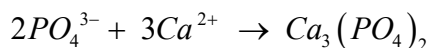
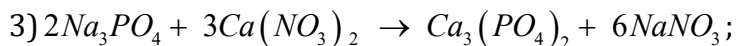
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

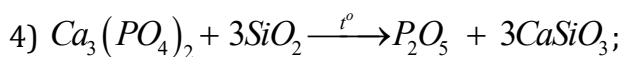
2 балла



2 балла



2 балла



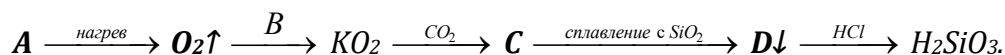
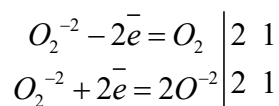
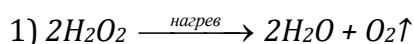
2 балла



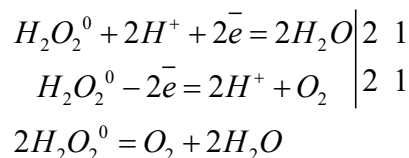
2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

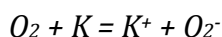
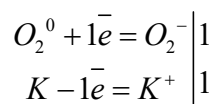
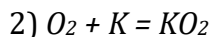
Определите формулы веществ A, B, C, D . Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций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

**Решение:**

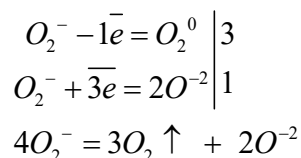
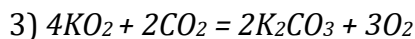
или



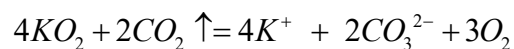
3 балла



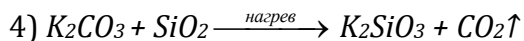
3 балла



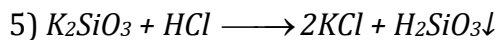
или



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).

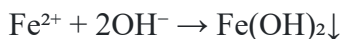
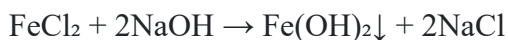
Проверим массовую долю железа в $FeCl_2$: $(56)/(2 \cdot 35,5 + 56) = 56/127 = 0,441 = 44,1\%$, что совпадает с условием (44,1%).

4 балла

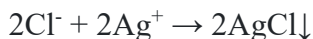
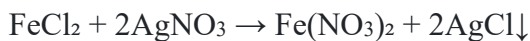


3. Уравнения реакций:

○ Реакция с щелочью:



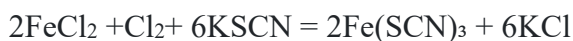
○ Реакция с нитратом серебра:



○ Окисление на воздухе:



Реакция с роданидом калия (только для FeCl_3)



_____ 4 балла

4. Расчёт количества вещества FeCl_2 :

Молярная масса 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 FeCl_2 :

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

Рассчитаем для 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) (FeCl_2) . Масса $\text{Fe}(\text{OH})_3$ при использовании FeCl_2 составляет 8,453 г.



Задание 5 (20 баллов)

Смесь, состоящая из металлического алюминия (Al) и оксида алюминия (Al_2O_3), массой 15,0 г была обработана избытком разбавленного раствора серной кислоты (H_2SO_4). При этом выделилось 5,6 л газа (при нормальных условиях). Определите массовые доли Al и Al_2O_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 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 Al_2O_3 равна 70,0%.

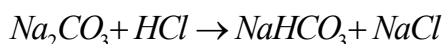
Задание 6 (25 баллов)

Проведен анализ смеси, состоящей из Na_2CO_3 , NaHCO_3 и 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.

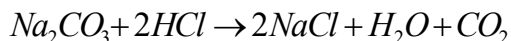
Решение:

- Реакция карбоната натрия (Na_2CO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

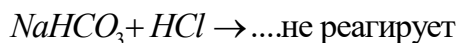


Титрование с применением метилового оранжевого:

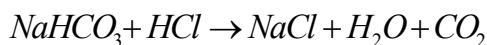


- Реакция гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

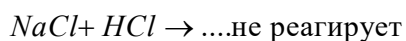


Титрование с применением метилового оранжевого:

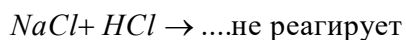


- Реакция хлоридаа натрия (NaCl) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:



Титрование с применением метилового оранжевого:



5 баллов

Количество соляной кислоты, пошедшее на титрование:

Титрование с применением фенолфталеина:



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

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

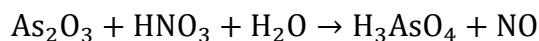
ВАРИАНТ 4

Задание 1 (5 баллов)

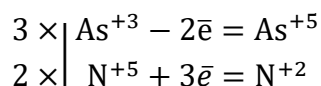
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



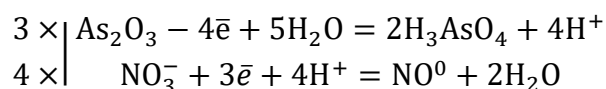
Решение



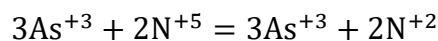
1 балл



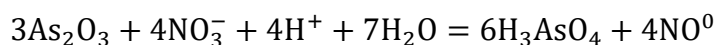
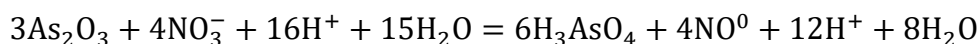
или



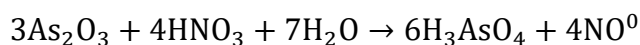
2 балла



или



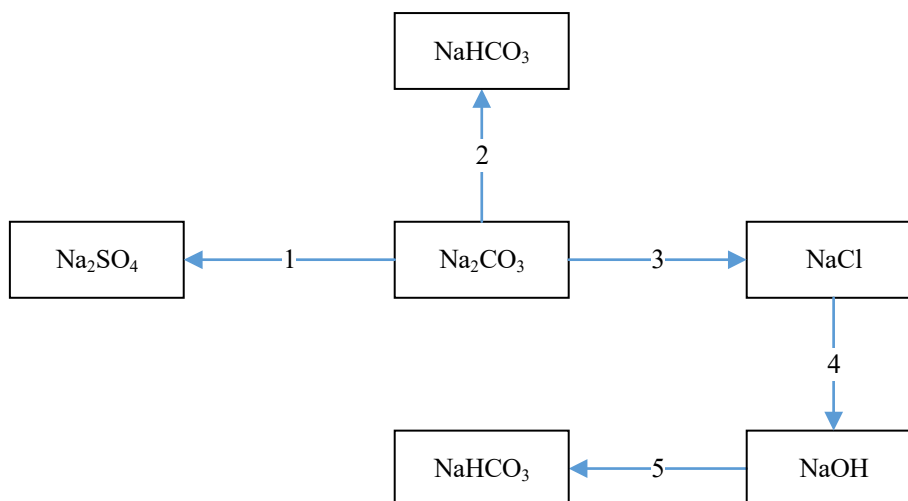
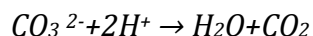
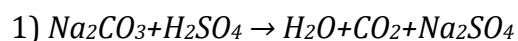
1 балл



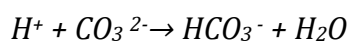
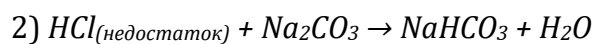
1 балл

**Задание 2 (10 баллов)**

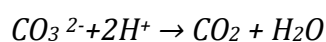
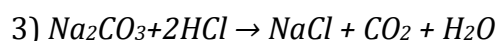
Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

**Решение:**

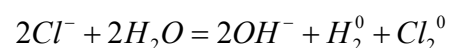
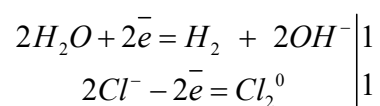
2 балла



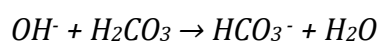
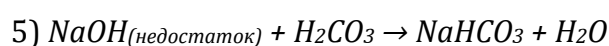
2 балла



2 балл



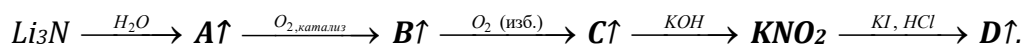
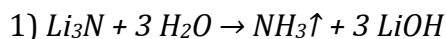
2 балла



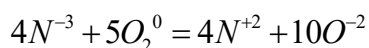
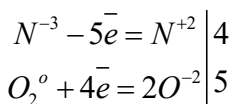
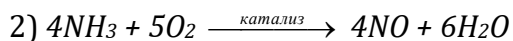
2 балла

**Задание 3 (15 баллов)**

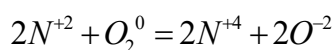
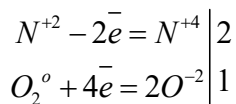
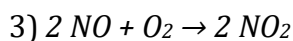
Определите формулы веществ A, B, C, D . Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций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

**Решение:**

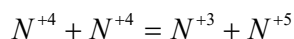
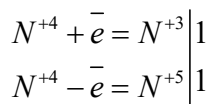
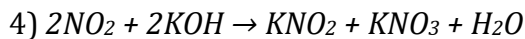
3 балла



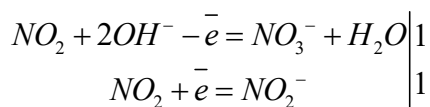
3 балла



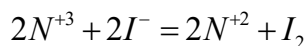
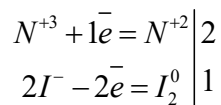
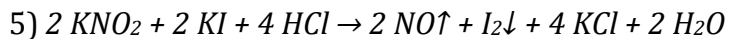
3 балла



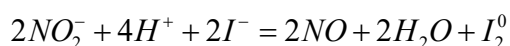
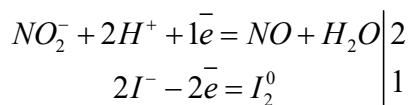
или



3 балла



или



3 балла

Ответ: **A** – NH_3 ; **B** – NO ; **C** – NO_2 ; **D** – NO .

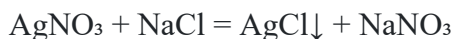
Задание 4 (20 баллов)

Имеется смесь двух солей: нитрата серебра (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 (NaCl). Выпавший осадок отделили, а к фильтрату добавили избыток раствора гидроксида натрия (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.

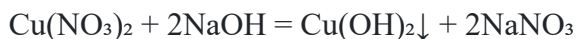
Решение:

1. Описание последовательных реакций:

○ Добавление хлорида натрия приводит к осаждению хлорида серебра (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) (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) (CuO).

Молярная масса 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 (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 AgNO_3 :**

Масса смеси: 20,0 г

Масса 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 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 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 (CaCO_3) и карбоната магния (MgCO_3) массой 28,0 г. При обработке избытком соляной кислоты (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 CaCO_3 , а y - количество моль MgCO_3 в смеси:

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

И, согласно уравнению (3), количество моль 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 BaCO_3 : $m(\text{BaCO}_3) = 59,1$ г

Молярная масса BaCO_3 : $M(\text{BaCO}_3) = 137 + 12 + 48 = 197$ г/моль

Количество моль 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 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 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 CaCO_3 в исходной смеси равна 62,5%; Массовая доля $\text{MgCO}_3 = 37,5\%$.

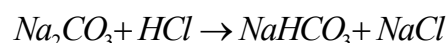
Задание 6 (25 баллов)

При количественном анализе смеси, содержащей Na_2CO_3 , NaHCO_3 и 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.

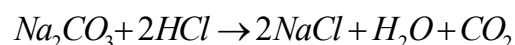
Решение:

- Реакция карбоната натрия (Na_2CO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

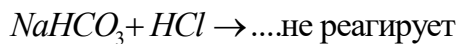


Титрование с применением метилового оранжевого:

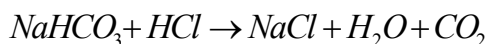


- Реакция гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) с соляной кислотой:

Титрование с применением фенолфталеина:

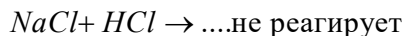


Титрование с применением метилового оранжевого:

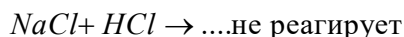


- Реакция хлорида натрия (NaCl) с соляной кислотой:

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 (Na_2CO_3) и гидрокарбоната (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: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 90,56\%$; $\omega(\text{NaHCO}_3) = 8,14\%$