

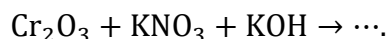


ХИМИЯ

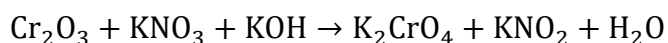
ВАРИАНТ 1

Задание 1 (5 баллов)

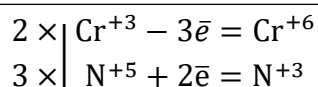
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



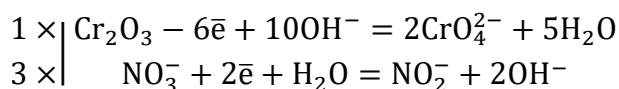
Решение



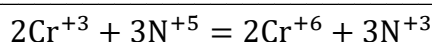
1 балл



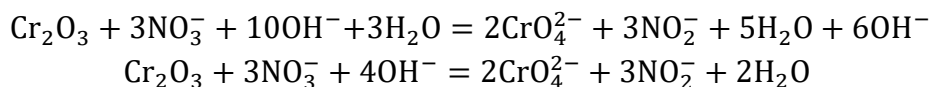
или



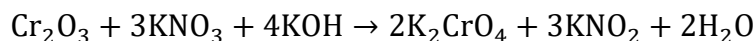
2 балла



или



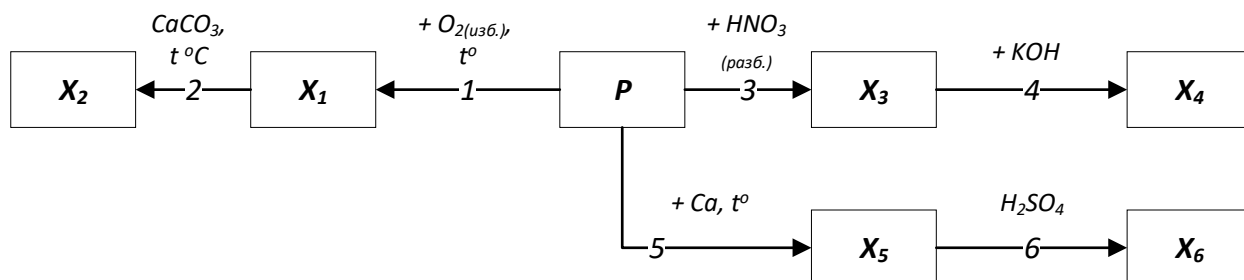
1 балл

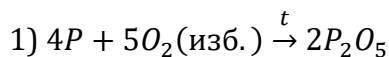


1 балл

Задание 2 (10 баллов)

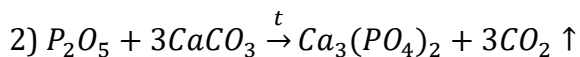
Определите формулы веществ $X_1 - X_6$, содержащих атомы фосфора. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



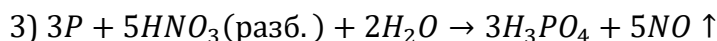
**Решение:**

$$\begin{array}{l} | P^0 - 5\bar{e} = P^{+5} | 2 \\ | O_2^0 + 2\bar{e} = 2O^{-2} | 5 \\ 2P^0 + 5O_2^0 = 2P^{+5} + 10O^{2-} \end{array}$$

_____ 2 балла



_____ 1 балл



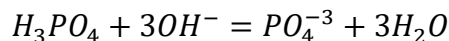
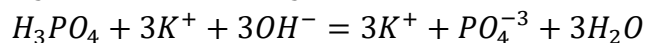
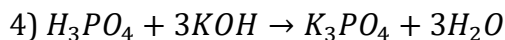
$$\begin{array}{l} | P^0 - 5\bar{e} = P^{+5} | 3 \\ | N^{+5} + 3\bar{e} = N^{+2} | 5 \\ 3P^0 + 5N^{+5} = 3P^{+5} + 5N^{+2} \end{array}$$

_____ 2 балл

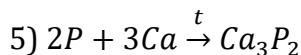
или

$$\begin{array}{l} | P^0 + 4H_2O - 5\bar{e} = PO_4^{-3} + 8H^+ | 3 \\ | NO_3^- + 4H^+ + 3\bar{e} = NO^0 + 2H_2O | 5 \\ 3P^0 + 12H_2O + 5NO_3^- + 20H^+ = 3PO_4^{-3} + 24H^+ + 5NO^0 + 10H_2O \\ 3P^0 + 2H_2O + 5NO_3^- = 3PO_4^{-3} + 4H^+ + 5NO^0 \end{array}$$

_____ 3 балла

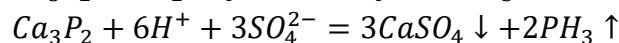
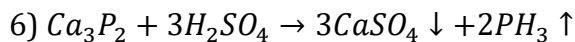


_____ 2 балл



$$\begin{array}{l} | P^0 + 3\bar{e} = P^{-3} | 2 \\ | Ca^0 - 2\bar{e} = Ca^{+2} | 3 \\ 2P^0 + 3Ca^0 = 2P^{-3} + 3Ca^{+2} \end{array}$$

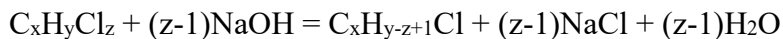
_____ 1 балл



_____ 1 балл

Ответ: X₁ - P₂O₅, X₂ - Ca₃(PO₄)₂, X₃ - H₃PO₄, X₄ - K₃PO₄, X₅ - Ca₃P₂, X₆ - PH₃.**Задание 3 (15 баллов)**

Некоторое полихлорпроизводное углеводорода массой 2.67г реагирует с 1.6г NaOH в среде абсолютного спирта. В результате реакции образуется моногалогенпроизводное углеводорода с тем же числом атомов углерода, содержащее по массе 58.68% хлора. Установить возможные структурные формулы исходного и полученного галогенпроизводных.

**Решение:**1. Формула полигалогенпроизводного $C_xH_yCl_z$.**A** – полигалогенпроизводное.**B** – моногалогенпроизводное.

$$M_A = 12x + y + 35.5z$$

$$M_B = 12x + y - z + 36.5$$

В реакцию вступило 2.67г вещества **A**:

$$n_A = \frac{2.67}{12x + y + 35.5z} \text{ моль}$$

и 1,6г NaOH:

$$n_{NaOH} = \frac{1.6}{40} = 0.04 \text{ моль}$$

Согласно уравнению:

$$\begin{aligned} n_{NaOH} &= (z-1)n_A \\ \frac{2.67(z-1)}{12x + y + 35.5z} &= 0.04 \\ 12x + y &= 31.25z - 66.75 \end{aligned}$$

5 баллов

2. Массовая доля хлора в соединении **B**:

$$\begin{aligned} \omega_B &= \frac{35.5}{12x + y - z + 36.5} = 0.5868 \\ 12x + y &= 24 + z \end{aligned}$$

Из этих уравнений $z = 3$, тогда $12x + y = 27$

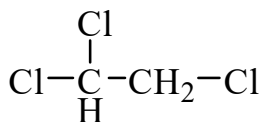
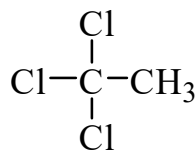
Последнее уравнение имеет два решения:

1) $x = 1$; $y = 15$;

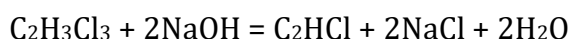
2) $x = 2$; $y = 3$.

Вещество $CH_{15}Cl_3$ – не существует.**A** – $C_2H_3Cl_3$

5 баллов

3. Возможные структурные формулы вещества **A**:

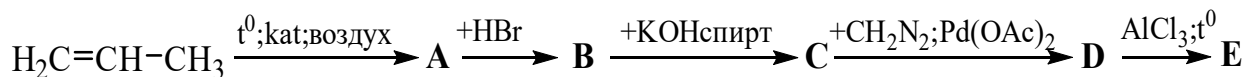
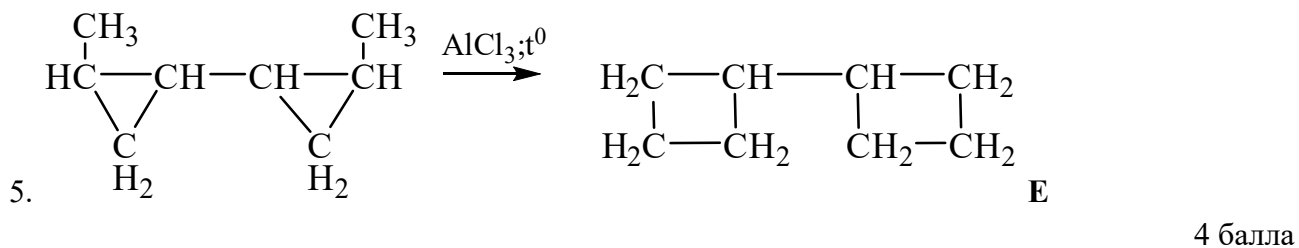
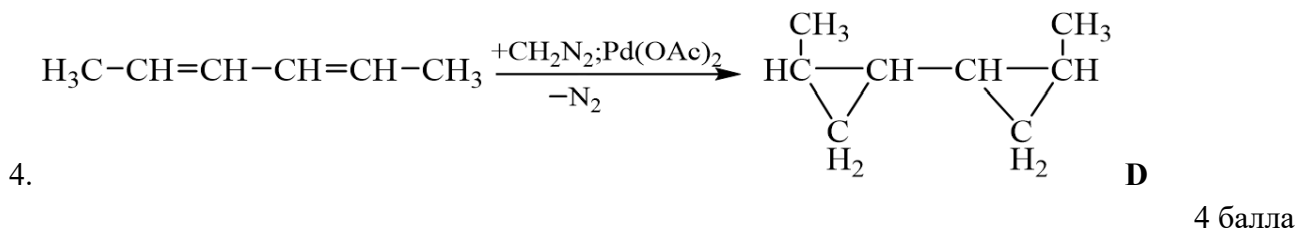
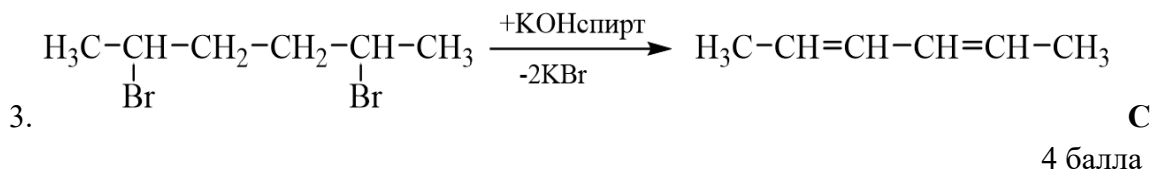
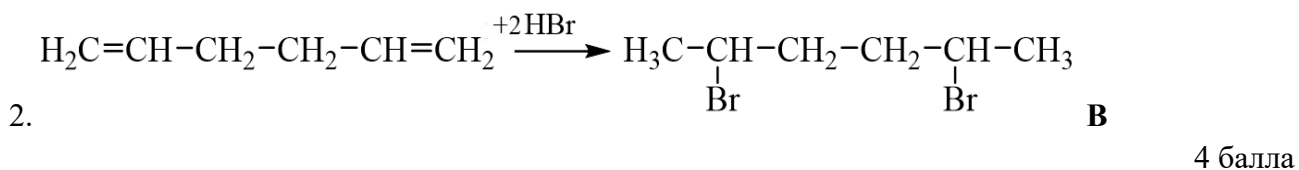
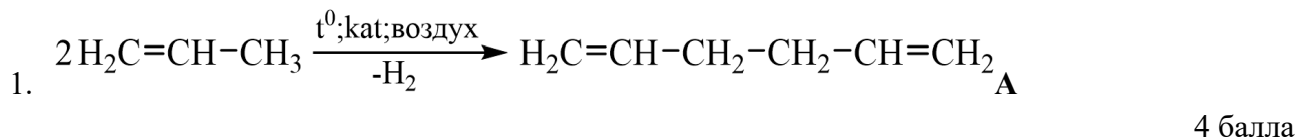
Реакция:

Моногалогенпроизводное **B** - хлорацетилен

5 баллов

**Задание 4 (20 баллов)**

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:****Задание 5 (20 баллов)**

Химик-исследователь проводил эксперимент по определению состава древнего камня, найденного во время археологических раскопок. Образец имел сложную пористую структуру, и его объём был определён с применением газового пикнометра. Общий объём образца, включая поры составил $1,6 \text{ см}^3$, а при замене воздуха в пикнометре на гелий и повторном измерении объёма, выяснилось, что объём пор составляет $1,4 \text{ см}^3$. Ранее была определена плотность образца, которая составила $2,00 \text{ г/см}^3$. Проба, предположительно, состояла исключительно из карбонатов натрия и калия. Чтобы выяснить точный состав находки, ученый решил добавлять в пробу соляную кислоту до полного исчезновения пузырьков углекислого газа, что указывало на завершение реакции. В результате эксперимента оказалось, что для полной нейтрализации карбонатов потребовалось ровно $22,00 \text{ мл } 0,30 \text{ М}$ раствора



соляной кислоты. Помогите химику определить, какую долю в процентах от общей массы составляют карбонат натрия и карбонат калия в этой уникальной смеси.

Решение:

Объем твердого вещества:

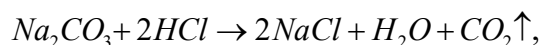
$$V_{\text{вещ}} = 1,6 - 1,4 = 0,2 \text{ см}^3$$

Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 2,00 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ г.}$$

1 балл

Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,300 \cdot 0,022 = 0,0066 \text{ моль.}$$

1 балл

Пусть:

x – количество вещества Na_2CO_3 [моль];

y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,4000 \text{ г.}$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,4000.$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,0066 \\ 105,99x + 138,21y = 0,4000 \end{cases}$$

6 баллов

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,001741 \cdot 105,99 = 0,1845 \text{ г.}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,001559 \cdot 138,21 = 0,2155 \text{ г.}$$

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1845}{0,4000} \cdot 100\% = 46,13\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,2155}{0,4000} \cdot 100\% = 53,87\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 46,13\%$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 53,87\%$

**Задание 6 (30 баллов)**

На старом химическом складе обнаружили 5-ти литровую ёмкость с надписью «Смесь этановой и пропановой кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$) и с помощью пипетки отобрал 10 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 2,33. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил 14,5 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации этановой и пропановой кислот равны $1,754 \cdot 10^{-5}$ и $1,35 \cdot 10^{-5}$. Степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение:

1. Используя закон эквивалентов, определяем суммарную концентрацию кислот:

$$n_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = n_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C_{\text{экв/л}} = 14,5 \text{ мл} \cdot 1 \text{ экв/л}$$

$$C = 1,45 \text{ экв/л} = 1,45 \text{ моль/л}$$

По значению водородного показателя $\text{pH} = 2,33$ определяем концентрацию ионов водорода:

$$[\text{H}^+] = 10^{-2,33} = 4,68 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Этановая и пропановая кислоты обратимо диссоциируют по уравнениям:



и выражения констант диссоциации K_d имеют следующий вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (3)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}]} \quad (4)$$

Так как концентрации в уравнениях (3) и (4) являются равновесными и $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$ и $[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$, то можно записать выражения для констант диссоциации в следующем виде:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{C_1 - \alpha C_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{C_2 - \alpha C_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот.

Пренебрегая величинами степени диссоциации, выражения имеют вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]_1^2}{C_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]_2^2}{C_2} \quad (8)$$

10 баллов



Тогда суммарную концентрацию ионов водорода можно выразить через константы диссоциации кислот:

$$4,68 \cdot 10^{-3} = [\text{H}^+]_1 + [\text{H}^+]_2 = (\text{Kd}_1 \cdot \text{C}_1)^{1/2} + (\text{Kd}_2 \cdot \text{C}_2)^{1/2}$$

$$\text{C}_1 = 1,45 - \text{C}_2$$

$$(4,68 \cdot 10^{-3})^2 = 1,754 \cdot 10^{-5} \cdot (1,45 - \text{C}_2) + 1,35 \cdot 10^{-5} \cdot \text{C}_2,$$

Откуда значение концентрации пропановой кислоты составит $\text{C}_2 = 0,874$ моль/л, а этановой $\text{C}_1 = 1,450 - 0,874 = 0,576$ моль/л

_____ 10 баллов

Учитывая разбавление, массовые концентрации кислот составят:

$$\omega_1 = \frac{0,576 \cdot 10 \cdot 60 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 28,8 \%$$

$$\omega_2 = \frac{0,874 \cdot 10 \cdot 74 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 53,9 \%$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 53,9 - 28,8 = 17,3 \%$$

_____ 6 баллов

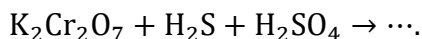


ХИМИЯ

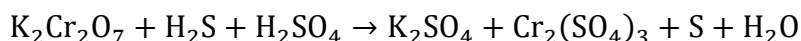
ВАРИАНТ 2

Задание 1 (5 баллов)

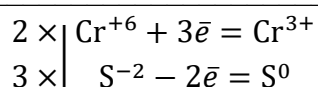
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



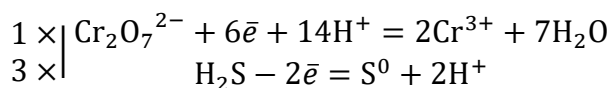
Решение



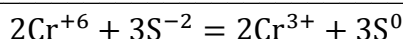
1 балл



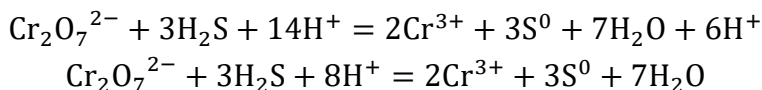
или



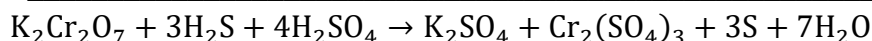
2 балла



или



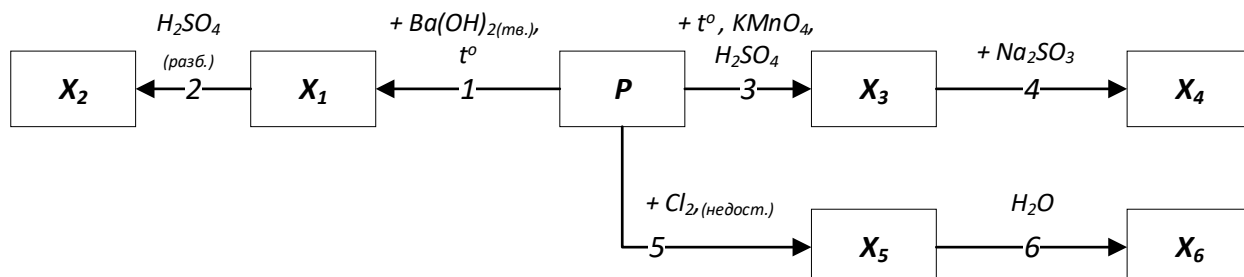
1 балл

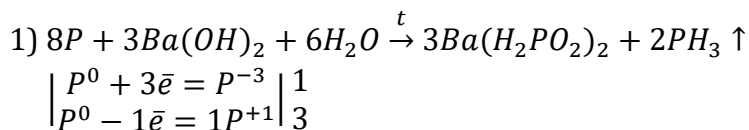


1 балл

Задание 2 (10 баллов)

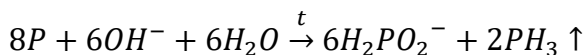
Определите формулы веществ $X_1 - X_6$, содержащих атомы фосфора. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



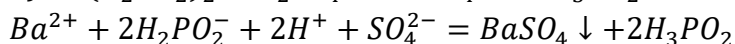
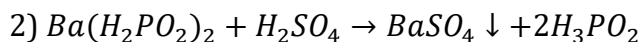
**Решение:**

$$4P^0 = P^{-3} + 3P^{+1}$$

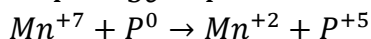
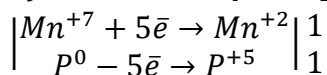
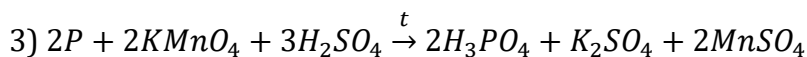
$$8P^0 = 2P^{-3} + 6P^{+1}$$



_____ 2 балла

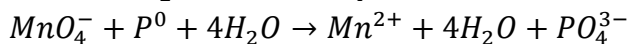
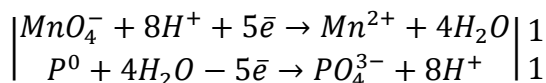


_____ 1 балл

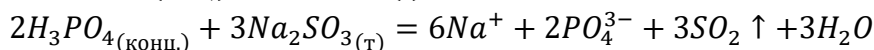
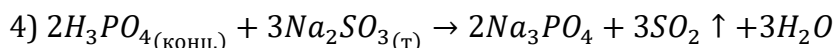


_____ 2 балла

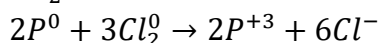
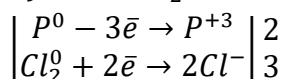
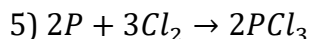
или



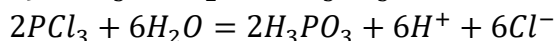
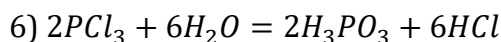
_____ 3 балла



_____ 1 балл



_____ 2 балла



_____ 1 балл

Ответ: X₁ - Ba(H₂PO₂)₂, X₂ - H₃PO₂, X₃ - H₃PO₄, X₄ - Na₃PO₄, X₅ - PCl₃, X₆ - H₃PO₃.

**Задание 3 (15 баллов)**

При полном сгорании 0,7г вещества **A**, относительная молекулярная масса которого равна 70, образуется 1120 мл CO_2 (н.у.) и 0,9г H_2O . При окислении 0,7г вещества **A** дихроматом калия в присутствии серной кислоты образуется смесь, из которой можно выделить 0,58г вещества **B**. Вещество **B** способно присоединить водород с образованием **C**. Установите формулы веществ **A**, **B** и **C**. Напишите уравнения реакции.

Решение:

1. Определение молекулярной формы вещества **A**.

$$n_{\text{C}} = n_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{m}}} = \frac{1.12}{22.4} = 0.05 \text{ моль}$$

$$m_{\text{C}} = M_{\text{C}} \cdot n_{\text{C}} = 0.05 \cdot 12 = 0.6 \text{ г}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.9}{18} = 0.05 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}} = 2 \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 0.05 = 0.1 \text{ моль}$$

$$m_{\text{H}} = M_{\text{H}} \cdot n_{\text{H}} = 1 \cdot 0.1 = 0.1 \text{ г}$$

$$m_{\text{H}} + m_{\text{C}} = 0.1 + 0.6 = 0.7 \text{ г}$$

Сумма масс водорода и углерода равны массе вещества **A**. Таким образом вещество **A** не содержит кислород

$$n_{\text{C}} : n_{\text{H}} = 0.05 : 0.1 = 1 : 2$$

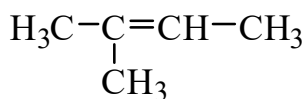
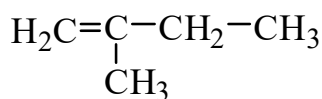
Простейшая формула вещества **A** – CH_2 . Его молекулярная формула – $(\text{CH}_2)_n$

$$n = \frac{M_{\text{A}}}{M_{\text{CH}_2}} = \frac{70}{14} = 5$$

Формула вещества **A** – C_5H_{10}

5 баллов

2. Поскольку **A** окисляется хромовой смесью – это алкен. Так как вещество **B**, полученное при окислении **A** можно присоединить водород, то возможные строения вещества **A** следующие:



При окислении 0.7г **A** образуется 0.58г **B**.

При количественном окислении

$$n_{\text{B}} = n_{\text{A}} = \frac{m_{\text{A}}}{M_{\text{A}}} = \frac{0.7}{70} = 0.01 \text{ моль}$$

$$M_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{n_{\text{B}}} = \frac{0.58}{0.01} = 58 \text{ г/моль}$$

Вещество **A** соответствует 2-метилбутену-2

5 баллов

3. Таким образом:

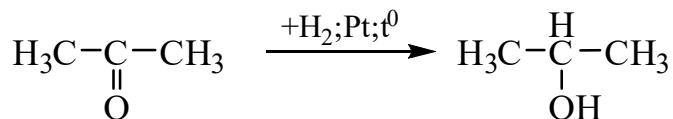
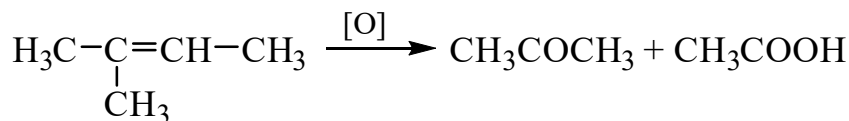
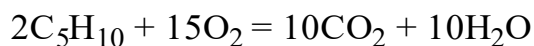
A – 2-метилбутен-2;

B – пропанон-2

При восстановлении пропанона-2 образуется пропанол-2 (вещество **C**)



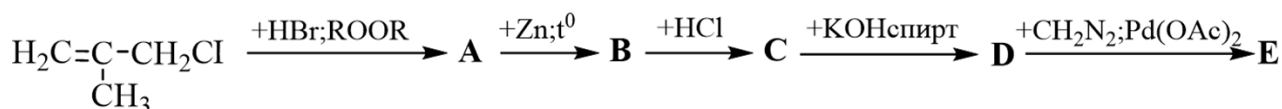
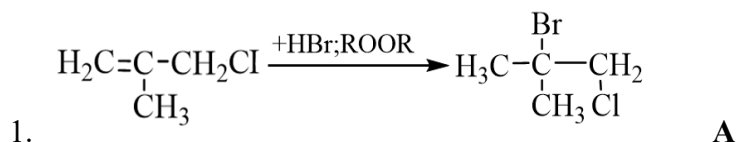
Реакции:



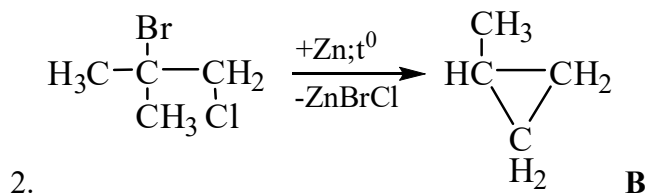
5 баллов

Задание 4 (20 баллов)

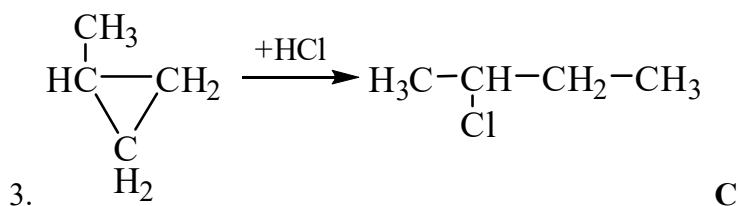
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

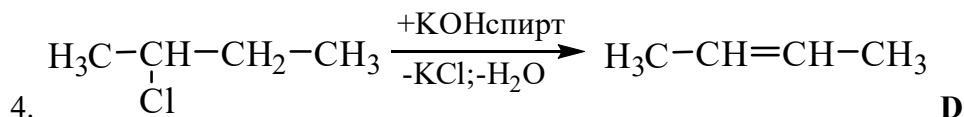
4 балла



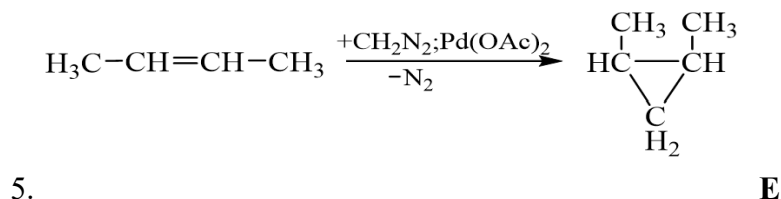
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

**Задание 5 (20 баллов)**

При расшифровке археологических находок учёные обнаружили древний пористый образец, предположительно состоящий из карбонатов натрия и калия. Для исследования его состава был использован газовый пикнометр. Общий объем образца (включая поры) составил $1,5 \text{ см}^3$, а объем пор, определенный при замене воздуха на гелий, равнялся $1,3 \text{ см}^3$. Плотность образца была экспериментально установлена как $2,10 \text{ г/см}^3$. Для анализа химического состава образец подвергли обработке соляной кислотой до полного выделения углекислого газа. В результате было израсходовано $24,00 \text{ мл}$ раствора соляной кислоты концентрацией $0,28 \text{ М}$. Определите массовые доли (%) карбоната натрия и карбоната калия в данном образце.

Решение:

Объем твердого вещества:

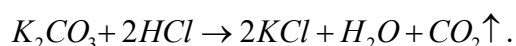
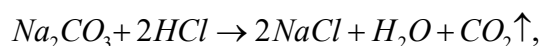
$$V_{\text{вещ}} = 1,5 - 1,3 = 0,2 \text{ см}^3$$

Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 2,10 \cdot 0,2 = 0,42 \text{ г.}$$

1 балл

Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,280 \cdot 0,024 = 0,00672 \text{ моль.}$$

1 балл

Пусть:

x – количество вещества Na_2CO_3 [моль];

y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,4200 \text{ г.}$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,4200.$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,00672 \\ 105,99x + 138,21y = 0,4200 \end{cases}$$

6 баллов

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,00138 \cdot 105,99 = 0,1460 \text{ г.}$$



$$m(K_2CO_3) = y \cdot M(K_2CO_3) = 0,00198 \cdot 138,21 = 0,2740 \text{ г.}$$

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{0,1460}{0,4200} \cdot 100\% = 34,76\%$$

$$\omega(K_2CO_3) = \frac{0,2740}{0,4200} \cdot 100\% = 65,24\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(Na_2CO_3) = 34,76\%$; $\omega(K_2CO_3) = 65,24\%$

Задание 6 (30 баллов)

На химическом складе обнаружили стеклянную емкость с надписью «Смесь бензойной и валериановой кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$) и с помощью пипетки отобрал 5 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 2,0. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил 18,7 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации бензойной и валериановой кислот равны $6,6 \cdot 10^{-5}$ и $1,4 \cdot 10^{-5}$. Степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение

Используя закон эквивалентов, определяем суммарную концентрацию кислот, учитывая, что кислоты одноосновные:

$$n_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = n_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C_{\text{экв/л}} = 18,7 \text{ мл} \cdot 1 \text{ экв/л}$$

$$C = 1,87 \text{ экв/л} = 1,87 \text{ моль/л}$$

По значению водородного показателя $\text{pH} = 1,95$ определяем концентрацию ионов водорода:

$$[H^+] = 10^{-2,0} = 10,00 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Бензойная и валериановая кислоты обратимо диссоциируют по уравнениям:



и выражения констант диссоциации K_d имеют следующий вид:

$$K_{d1} = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]} \quad (3)$$

$$K_{d2} = \frac{[C_4H_9COO^-][H^+]}{[C_4H_9COOH]} \quad (4)$$

Так как концентрации в уравнениях (3) и (4) являются равновесными и $[C_6H_5COO^-] = [H^+]$ и $[C_4H_9COO^-] = [H^+]$, то можно записать выражения для констант диссоциации в следующем виде:



$$K_{d1} = \frac{[H^+]^2 \alpha^2}{c_1 - \alpha c_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[H^+]^2 \alpha^2}{c_2 - \alpha c_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот.

Пренебрегая величинами степени диссоциации, выражения имеют вид:

$$K_{d1} = \frac{[H^+]_1^2}{c_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[H^+]_2^2}{c_2} \quad (8)$$

10 баллов

Тогда суммарную концентрацию ионов водорода можно выразить через константы диссоциации кислот:

$$10,00 \cdot 10^{-3} = [H^+]_1 + [H^+]_2 = (K_{d1} \cdot C_1)^{1/2} + (K_{d2} \cdot C_2)^{1/2}$$

$$C_1 = 1,87 - C_2$$

$$(10,00 \cdot 10^{-3})^2 = 6,6 \cdot 10^{-5} \cdot (1,87 - C_2) + 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot C_2,$$

Откуда значение концентрации валериановой кислоты составит $C_2 = 0,45$ моль/л, а бензойной $C_1 = 1,870 - 0,450 = 1,420$ моль/л

10 баллов

Учитывая разбавление, массовые концентрации кислот составят:

$$\omega_1 = \frac{0,450 \cdot 5 \cdot 122 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100 \% = 22,88 \%$$

$$\omega_2 = \frac{1,420 \cdot 5 \cdot 102 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100 \% = 60,35 \%$$

$$\omega_{H_2O} = 100 - 60,35 - 22,88 = 16,77 \%$$

6 баллов

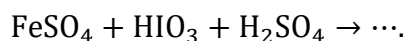


ХИМИЯ

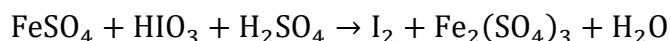
ВАРИАНТ 3

Задание 1 (5 баллов)

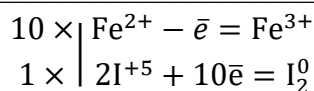
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



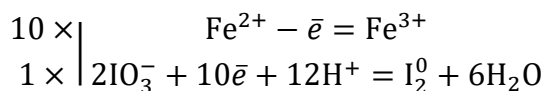
Решение



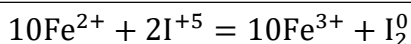
1 балл



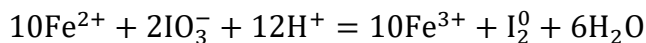
или



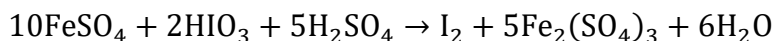
2 балла



или



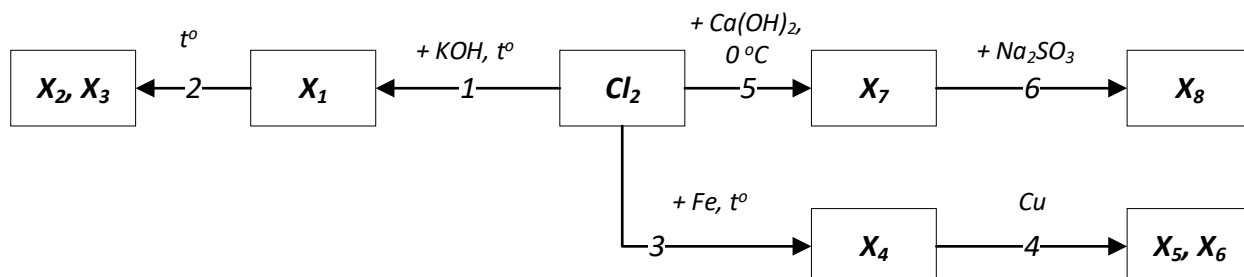
1 балл



1 балл

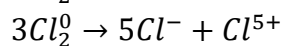
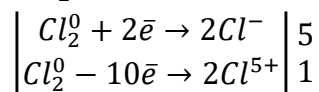
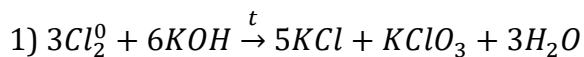
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ $X_1 - X_8$, содержащих атомы хлора. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



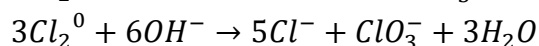
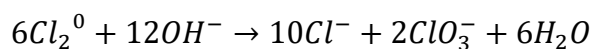
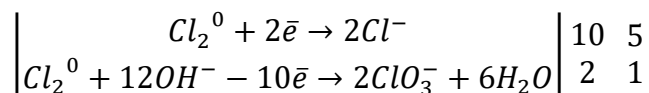


Решение:

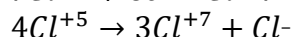
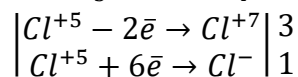
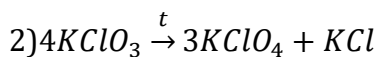


1 балл

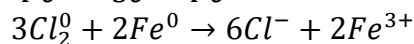
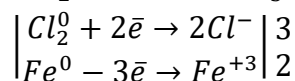
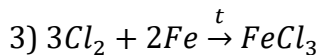
или



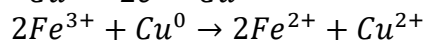
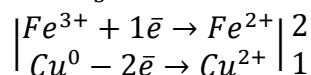
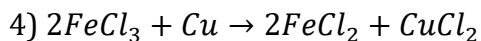
2 балл



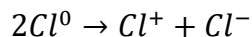
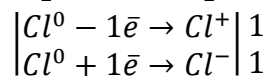
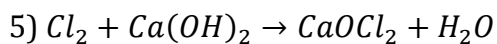
2 балла



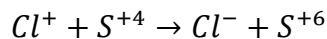
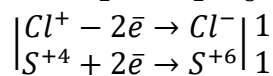
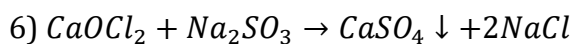
1 балл



1 балл



2 балла



2 балла

Ответ: X₁ - KClO₃, X₂ - KClO₄, X₃ - KCl, X₄ - FeCl₃, X₅ - FeCl₂, X₆ - CuCl₂, X₇ - CaOCl₂, X₈ - NaCl

**Задание 3 (15 баллов)**

Вещество **A**, относительная молекулярная масса которого 168, имеет по массе процентный состав: 42,85% С; 2,38% Н; 38,06% О; 16,71% N. Известны три изомерных вещества такого состава, которые являются производными одного и того же углеводорода и различаются расположением одинаковых группировок атомов. Установить молекулярную формулу вещества **A**. Указать какой из трех возможных изомеров соответствует веществу **A**, если при его обработке хлором в присутствии алюминия образуются два изомерных монохлорпроизводных. Укажите какой из трех изомеров легче синтезировать и приведите схему синтеза.

Решение:

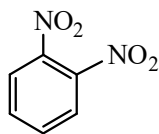
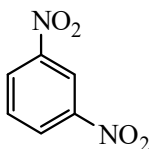
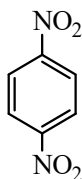
1. Вещество имеет формулу: $C_6H_5N_2O_4$

$$n_C : n_H : n_N : n_O = \frac{\omega_C}{M_C} : \frac{\omega_H}{M_H} : \frac{\omega_N}{M_N} : \frac{\omega_O}{M_O} = \frac{42.85}{12} : \frac{2.38}{1} : \frac{16.71}{14} : \frac{38.06}{16} = \\ = 3.57 : 2.38 : 1.19 : 2.38 = 3 : 2 : 1 : 2$$

Формула вещества: $C_3H_2NO_2$. Молекулярная масса: $M = 84$ г/моль.

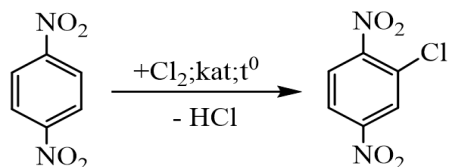
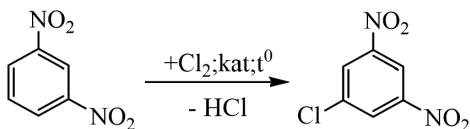
Относительная молекулярная масса вещества 168 и соответствует формуле: $C_6H_4N_2O_4$.

Это могут быть три изомера:

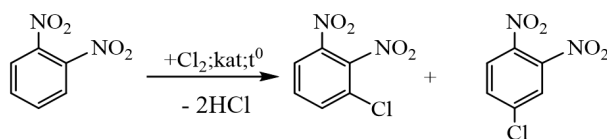
**I****II****III**

5 баллов

2. При хлорировании II и III (в соответствии с правилами ориентации) может быть получено по одному монохлординитробензолу:



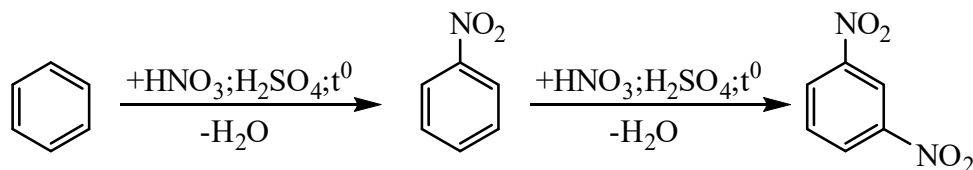
I в результате хлорирования может дать два изомерных продукта:



5 баллов



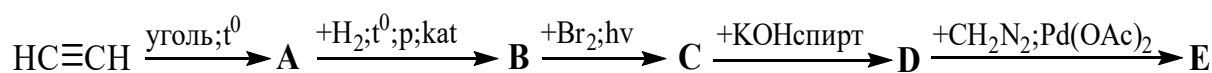
3. Так как группа NO_2 мета-ориентант, то из изомеров легче синтезировать метадинитробензол:



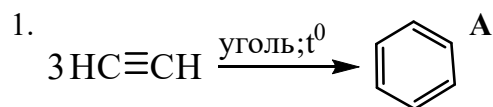
5 баллов

Задание 4 (20 баллов)

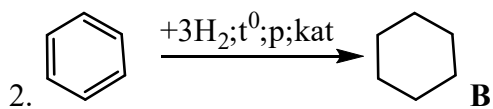
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.



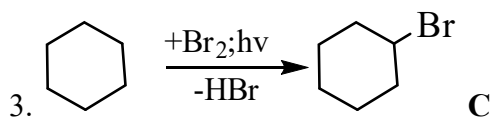
Решение:



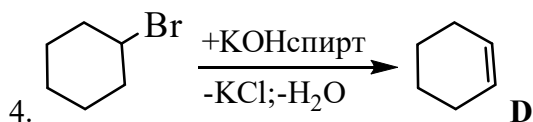
4 балла



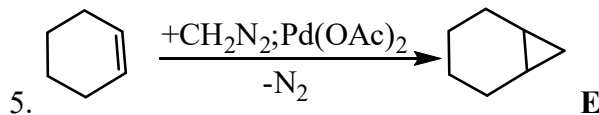
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

Задание 5 (20 баллов)

При исследовании археологической находки был обнаружен пористый образец, предположительно состоящий из смеси карбонатов натрия и калия. Для определения его состава использовали газовый пикнометр. Общий объем образца (включая поры) составил $1,7 \text{ см}^3$, а объем пор, вычисленный при замене воздуха на гелий, равнялся $1,5 \text{ см}^3$. Плотность материала образца была установлена как $1,95 \text{ г/см}^3$. Для анализа химического состава образец подвергли обработке соляной кислотой до полного выделения углекислого газа. На это потребовалось $20,00 \text{ мл}$ раствора соляной кислоты концентрацией $0,32 \text{ М}$. Определите массовые доли (%) карбоната натрия и карбоната калия в данном образце.



Решение:

Объем твердого вещества:

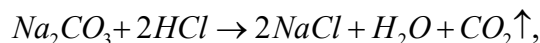
$$V_{\text{вещ}} = 1,7 - 1,5 = 0,2 \text{ см}^3$$

Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 1,95 \cdot 0,20 = 0,39 \text{ г.}$$

1 балл

Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,320 \cdot 0,020 = 0,0064 \text{ моль.}$$

1 балл

Пусть:

x – количество вещества Na_2CO_3 [моль];

y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,3900 \text{ г.}$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,3900.$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,0064 \\ 105,99x + 138,21y = 0,3900 \end{cases}$$

6 баллов

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,00162 \cdot 105,99 = 0,1720 \text{ г.}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,00158 \cdot 138,21 = 0,2180 \text{ г.}$$

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1720}{0,3900} \cdot 100\% = 44,10\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,2180}{0,3900} \cdot 100\% = 55,90\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 40,10 \%$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 55,90 \%$

**Задание 6 (30 баллов)**

В химической лаборатории обнаружили литровый бутыль с надписью «Смесь хлоруксусной и уксусной кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$) и с помощью пипетки отобрал 10 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 2,09. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 0,1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил 12,6 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации хлоруксусной и уксусной кислот равны $1,41 \cdot 10^{-3}$ и $1,75 \cdot 10^{-5}$. Степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение

Используя закон эквивалентов, определяем суммарную концентрацию кислот:

$$n_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = n_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C_{\text{экв/л}} = 12,6 \text{ мл} \cdot 0,1 \text{ экв/л}$$

$$C = 0,126 \text{ экв/л} = 0,126 \text{ моль/л}$$

По значению водородного показателя $\text{pH} = 2,09$ определяем концентрацию ионов водорода:

$$[\text{H}^+] = 10^{-2,09} = 8,13 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Хлоруксусная и уксусная кислоты обратимо диссоциируют по уравнениям:



и выражения констант диссоциации K_d имеют следующий вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_2\text{ClCOOH}]} \quad (3)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (4)$$

Так как концентрации в уравнениях (3) и (4) являются равновесными и $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$ и $[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-] = [\text{H}^+]$, то можно записать выражения для констант диссоциации в следующем виде:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_1 - \alpha C_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_2 - \alpha C_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот.

Пренебрегая величинами степени диссоциации, выражения имеют вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]_1^2}{C_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]_2^2}{C_2} \quad (8)$$

10 баллов

Тогда суммарную концентрацию ионов водорода можно выразить через константы диссоциации кислот:



$$8,13 \cdot 10^{-3} = [\text{H}^+]_1 + [\text{H}^+]_2 = (\text{Kd}_1 \cdot \text{C}_1)^{1/2} + (\text{Kd}_2 \cdot \text{C}_2)^{1/2}$$

$$\text{C}_1 = 0,126 - \text{C}_2$$

$$(8,13 \cdot 10^{-3})^2 = 1,41 \cdot 10^{-3} \cdot (0,126 - \text{C}_2) + 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \text{C}_2,$$

Откуда значение концентрации хлоруксусной кислоты составит $\text{C}_2 = 0,080$ моль/л, а уксусной $\text{C}_1 = 0,126 - 0,080 = 0,046$ моль/л

10 баллов

Учитывая разбавление, массовые концентрации кислот составят:

$$\omega_1 = \frac{0,046 \cdot 10 \cdot 60 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 2,3 \%$$

$$\omega_2 = \frac{0,080 \cdot 10 \cdot 94,5 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 6,3 \%$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 2,3 - 6,3 = 91,4 \%$$

6 баллов

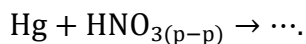


ХИМИЯ

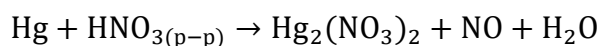
ВАРИАНТ 4

Задание 1 (5 баллов)

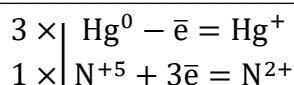
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



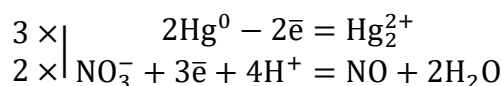
Решение



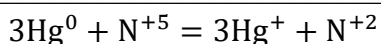
1 балл



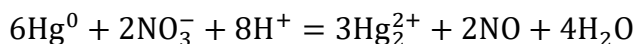
или



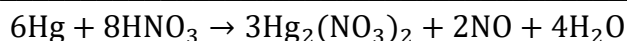
2 балла



или



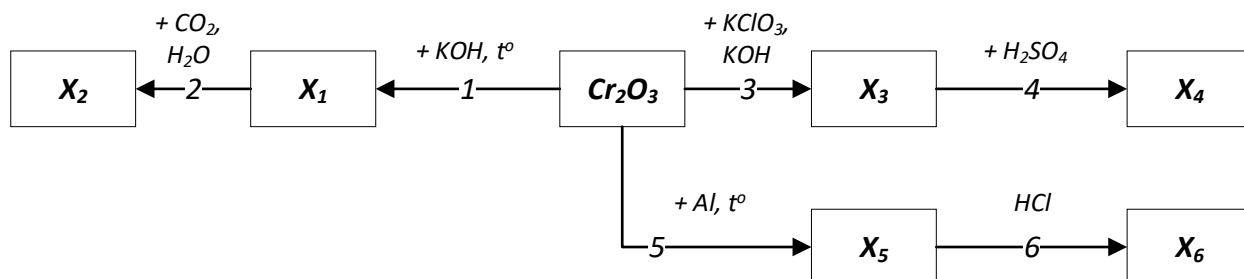
1 балл



1 балл

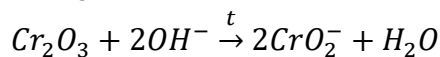
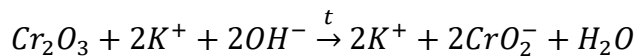
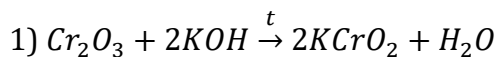
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ $X_1 - X_6$, содержащих атомы хрома. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:

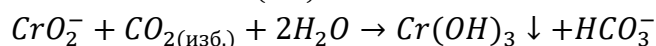
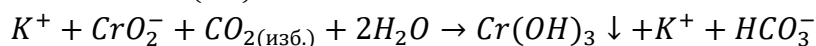
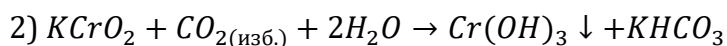




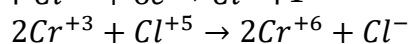
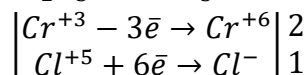
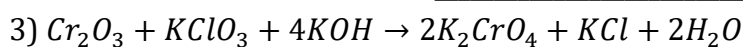
Решение:



1 балл

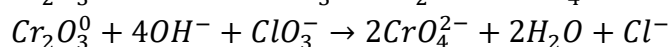
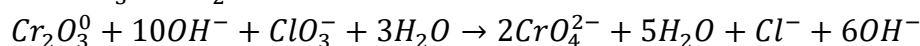
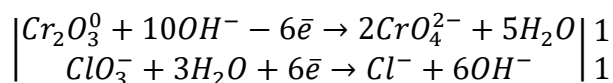


1 балл

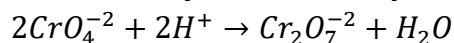
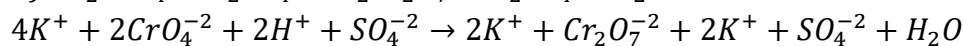
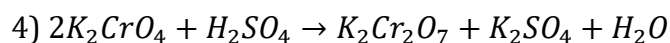


2 балла

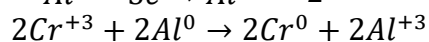
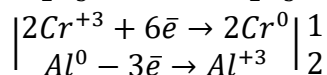
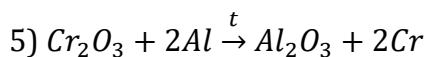
или



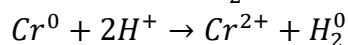
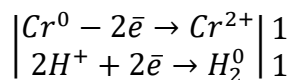
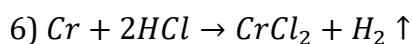
3 балла



1 балл



2 балла



2 балла

Ответ: X₁ - $KCrO_2$, X₂ - $Cr(OH)_3$, X₃ - K_2CrO_4 , X₄ - $K_2Cr_2O_7$, X₅ - Cr , X₆ - $CrCl_2$

**Задание 3 (15 баллов)**

Смесь двух изомерных углеводородов, содержащих 90.57% С и имеющих в газовой фазе плотность по воздуху 3.66, окислили водным раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты. Отделив твердые органические вещества, образовавшиеся в результате реакции, получили смесь, содержащую 59.51% бензойной кислоты и 40.49% о-фталевой кислоты. Установить структурные формулы исходных углеводородов. Вычислить мольные соотношения углеводородов в исходной смеси. Рассчитать количество молей перманганата калия для окисления 318 г смеси углеводородов

Решение:

1.

$$n_C : n_H = \frac{\omega_C}{M_C} : \frac{\omega_H}{M_H} = \frac{90.57}{12} : \frac{100 - 90.57}{1} = 7.54 : 9.43 = 4 : 5$$

Простейшая формула изомеров: C_4H_5 . Молекулярная формула: $(C_4H_5)_n$.Молярная масса $M_{ув} = 53 \cdot n$.

$$M_{ув} = M_{возд} \cdot D = 29 \cdot 3.66 = 106 \text{ г/моль}$$

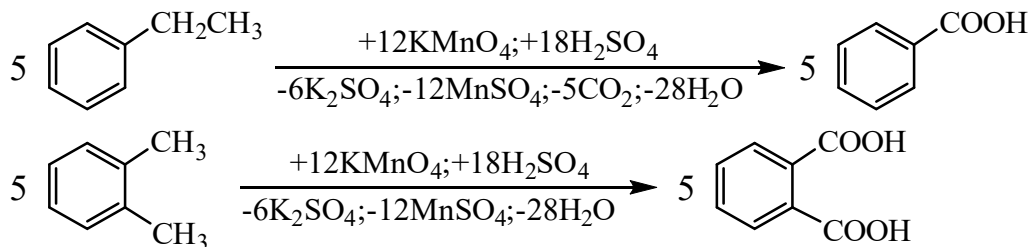
$$53 \cdot n = 106$$

$$n = 2$$

Формула изомеров: C_8H_{10} .

5 баллов

2. Образование смеси бензойной и о-фталевой кислот в результате окисления, указывают, что исходные углеводороды: этилбензол и о-ксилол.



Из уравнений реакции следует:

$$n_{C_6H_5C_2H_5} : n_{C_6H_4(CH_3)_2} = n_{C_6H_5COOH} : n_{C_6H_4(COOH)_2} = \frac{\omega_{C_6H_5COOH}}{M_{C_6H_5COOH}} : \frac{\omega_{C_6H_4(COOH)_2}}{M_{C_6H_4(COOH)_2}} = \frac{59.51}{122} : \frac{40.49}{166} = 2 : 1$$

5 баллов

3. В реакцию ввели количество смеси изомеров равное:

$$n_{ув} = \frac{m_{ув}}{M_{ув}} = \frac{318}{106} = 3 \text{ моль}$$

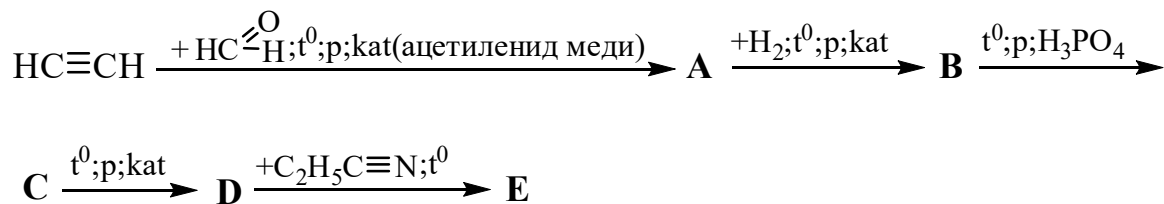
Для их окисления перманганата калия потребуется:

$$n_{KMnO_4} = \frac{12 \cdot n_{ув}}{5} = \frac{12 \cdot 3}{5} = 7.2 \text{ моль}$$

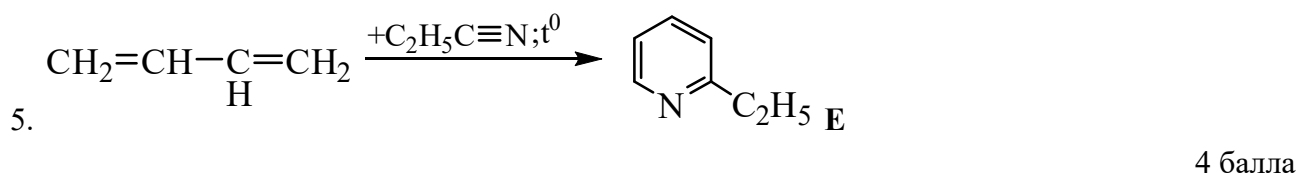
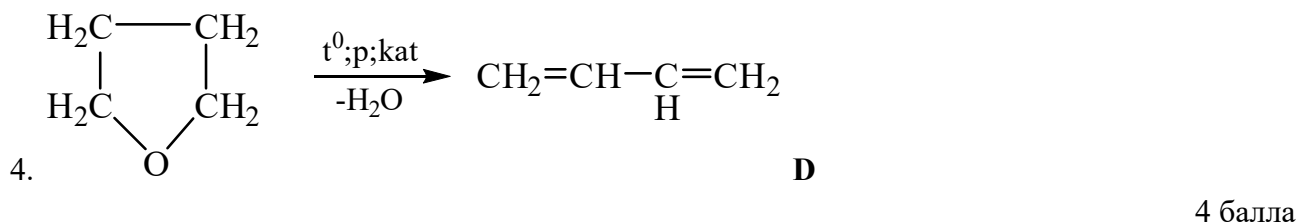
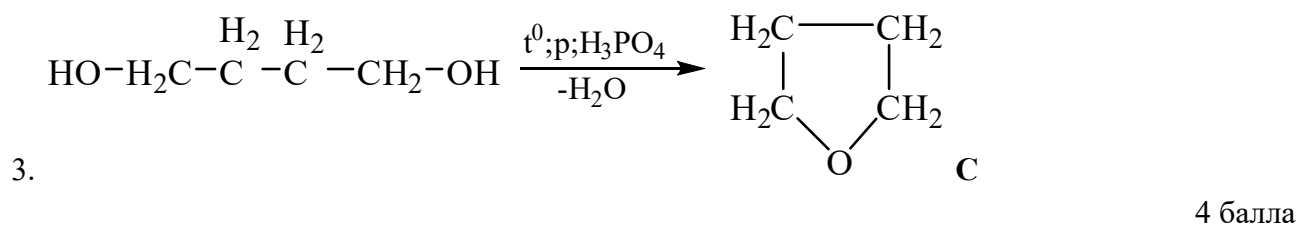
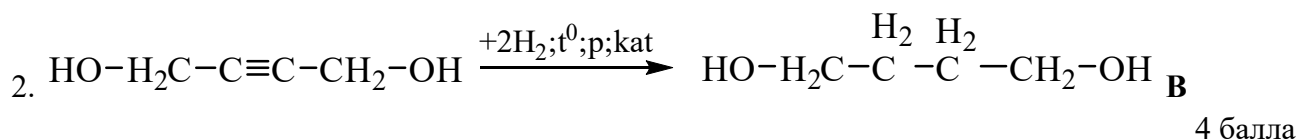
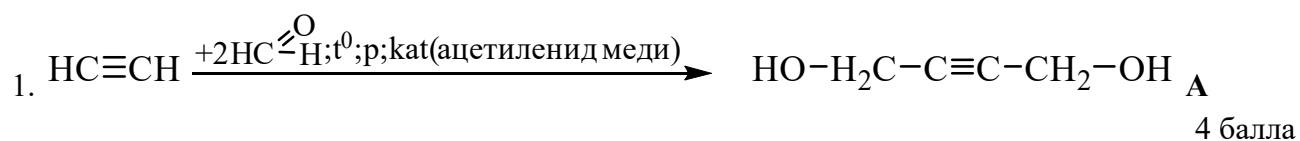
5 баллов

**Задание 4 (20 баллов)**

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.



Решение:

**Задание 5 (20 баллов)**

В ходе работы над древними артефактами исследователи обнаружили необычный пористый камень, который, согласно предварительным данным, мог быть использован в ритуальных целях. Предполагается, что этот материал состоит из смеси карбонатов натрия и калия. Чтобы понять его состав, учёные провели комплексный анализ. Сначала они определили объем образца с помощью газового пикнометра. Общий объем камня (включая поры) составил 1,8 см³, а объем внутренних пор, вычисленный при замене воздуха на гелий, равнялся 1,6 см³. Плотность материала была экспериментально установлена как 2,00 г/см³. Далее, для анализа химического состава, образец подвергли реакции с соляной кислотой. Процесс продолжался до тех пор, пока не прекратилось выделение пузырьков углекислого газа — это указывало на завершение реакции. В результате было израсходовано 21,50 мл раствора соляной кислоты



концентрацией 0,29 М. Какую долю (%) от общей массы составляют карбонат натрия и карбонат калия в этом образце?

Решение:

Объем твердого вещества:

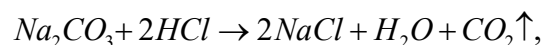
$$V_{\text{вещ}} = 1,80 - 1,60 = 0,20 \text{ см}^3$$

Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 2,00 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ г.}$$

1 балл

Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,290 \cdot 0,0215 = 0,00623 \text{ моль.}$$

1 балл

Пусть:

x – количество вещества Na_2CO_3 [моль];

y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,4000 \text{ г.}$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,4000.$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,00623 \\ 105,99x + 138,21y = 0,4000 \end{cases}$$

6 баллов

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,000947 \cdot 105,99 = 0,1004 \text{ г.}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,00217 \cdot 138,21 = 0,2996 \text{ г.}$$

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1004}{0,4000} \cdot 100\% = 25,10\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,2996}{0,4000} \cdot 100\% = 74,90\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 25,10\%$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 74,90\%$

**Задание 6 (30 баллов)**

Лаборант на химическом складе обнаружили стеклянную банку с надписью «Смесь масляной и уксусной кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$) и с помощью пипетки отобрал 10 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 2,49. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил 6,39 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации масляной и уксусной кислот равны $1,510 \cdot 10^{-5}$ и $1,754 \cdot 10^{-5}$, а степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение

Используя результаты кислотно-основного титрования рассчитываем суммарную концентрацию кислот, используя закон эквивалентов:

$$N_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = N_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C \text{ моль/л} = 6,39 \text{ мл} \cdot 1 \text{ моль/л}$$

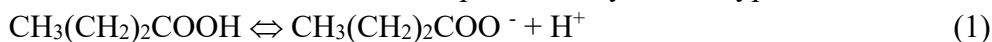
$$C = 0,639 \text{ моль/л} - \text{суммарная концентрация масляной и уксусной кислот}$$

Из значения $\text{pH} = 2,49$ определяем концентрацию ионов водорода:

$$[\text{H}^+] = 10^{-2,49} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Уксусная и масляная кислоты являются слабыми электролитами, поэтому процесс диссоциации слабых кислоты выразим следующими уравнениями:



для которых выражения констант диссоциации K_d принимают вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}]} \quad (3)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (4)$$

где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации ионов и кислот.

Выражения (3) и (4), учитывая равенство концентраций $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$ и $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$, можно представить в виде (5) и (6), из которых пренебрегая степенью диссоциации уксусной и масляной кислотами, выражают значения содержания ионов водорода в водном растворе:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_1 - \alpha C_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_2 - \alpha C_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот,

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]_1^2}{C_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]_2^2}{C_2} \quad (8)$$

10 баллов



Учитывая, что ионы водорода образуются по реакции диссоциации кислот, выразим сумму ионов водорода через значения констант диссоциации и концентрацию одной из кислот – через суммарную концентрацию $C=0,639$ моль/л:

$$3,24 \cdot 10^{-3} = [H^+]_1 + [H^+]_2 = (Kd_1 \cdot C_1)^{1/2} + (Kd_2 \cdot C_2)^{1/2}$$

$$C_1 = 0,639 - C_2$$

$$(3,24 \cdot 10^{-3})^2 = 1,510 \cdot 10^{-5} (0,639 - C_2) + C_2 \cdot 1,754 \cdot 10^{-5}$$

и рассчитаем значение концентрации уксусной кислоты C_2 :

$$C_2 = 0,348 \text{ моль/л и масляной кислоты } C_1:$$

$$C_1 = 0,639 - 0,348 = 0,291 \text{ моль/л}$$

_____ 10 баллов

Учитывая разбавление аликвоты водного раствора кислот в 10 раз:

$n=10$ мл/100 мл, рассчитаем массовое содержание компонентов:

$$\omega_1 = \frac{0,291 \cdot 10 \cdot 88 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 21,34 \%$$

$$\omega_2 = \frac{0,348 \cdot 10 \cdot 60 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 17,4 \%$$

$$\omega_{H_2O} = 100 - 21,34 - 17,40 = 61,26 \%$$

_____ 6 баллов



ХИМИЯ

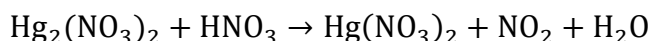
ВАРИАНТ 5

Задание 1 (5 баллов)

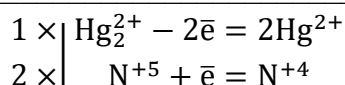
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



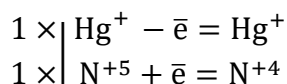
Решение



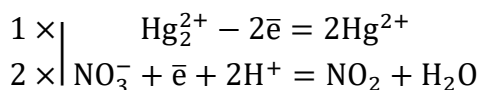
1 балл



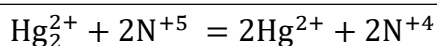
допустимо



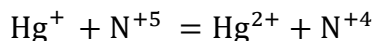
или



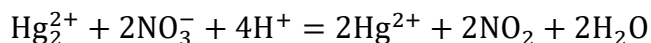
2 балла



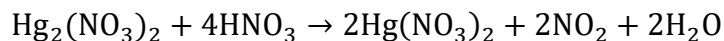
допустимо



или



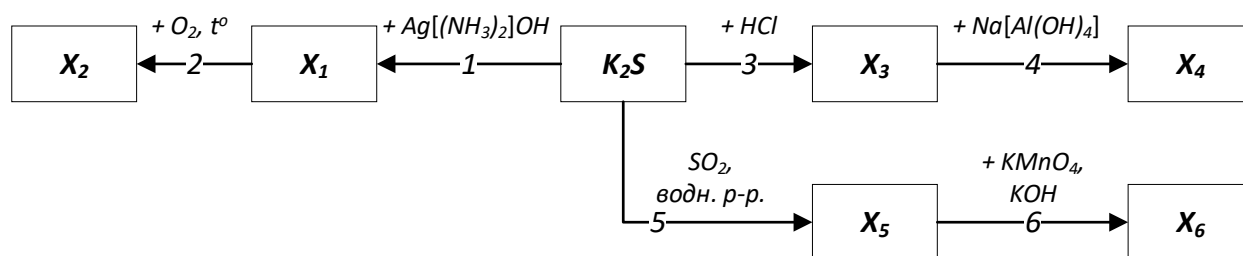
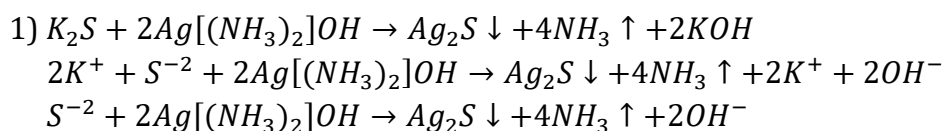
1 балл



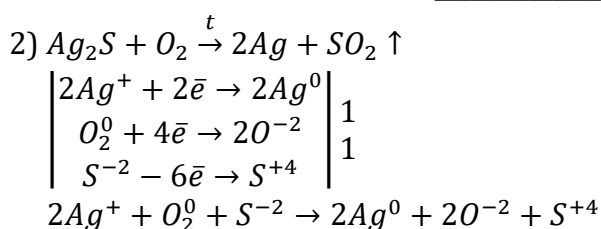
1 балл

Задание 2 (10 баллов)

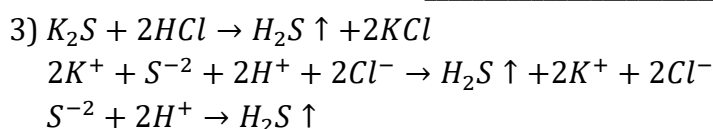
Определите формулы веществ $X_1 - X_6$, содержащих атомы серы. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:

**Решение:**

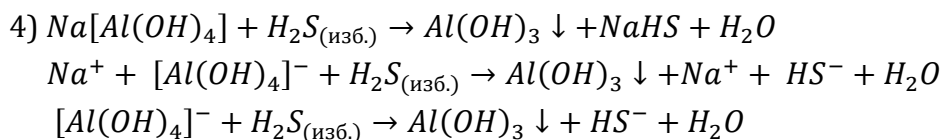
_____ 1 балл



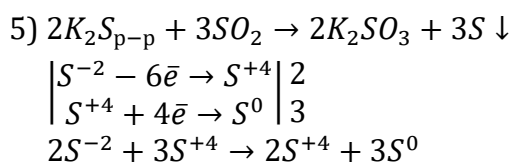
_____ 1 баллf



_____ 1 балл

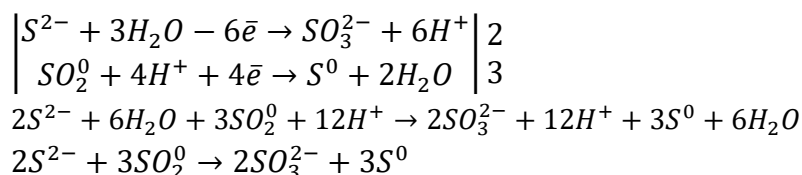


_____ 1 балл

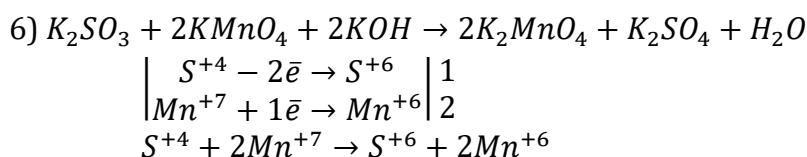


_____ 2 балла

или

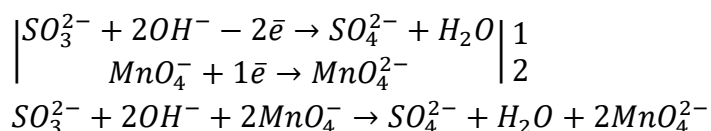


_____ 3 балла



_____ 2 балла

или



3 балла

Ответ: X₁ - Ag₂S, X₂ - SO₂, X₃ - H₂S, X₄ - NaHS, X₅ - K₂SO₃, X₆ - K₂SO₄

Задание 3 (15 баллов)

Относительная молекулярная масса предельного спирта 92. При обработке спирта избытком уксусного ангидрида образуется вещество с относительной молекулярной массой 218. Установить структурную формулу спирта.

Решение:

1. Спирт с общей формулой C_xH_y(OH)_z по реакции с уксусным ангидридом образует сложный эфир общей формулой C_xH_y(OCOCH₃)_z.



Относительные молекулярные массы спирта и эфира равны:.

$$M_{\text{спирт}} = 12x + y + 17z = 92$$

$$M_{\text{эфир}} = 12x + y + 59z = 218$$

5 баллов

2. Решаем уравнение при z=3.

$$12x + y = 41$$

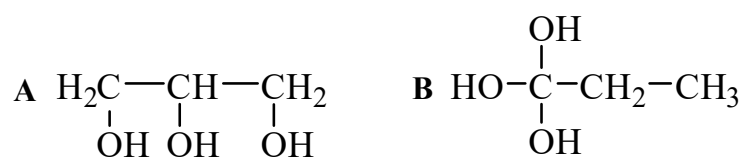
Необходимо выполнения условия x ≥ 3.

Из уравнения и условия получается x=3; y=5.

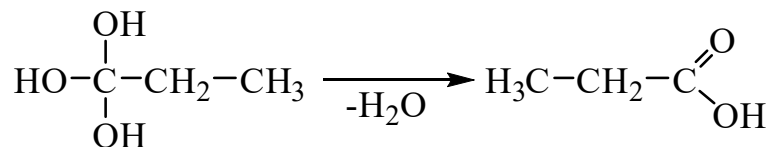
Формула спирта: C₃H₅(OH)₃

5 баллов

3. Возможные структурные формулы спирта:



Соединение В с тремя группами при одном углероде не устойчиво. Оно теряет воду с образованием кислоты:

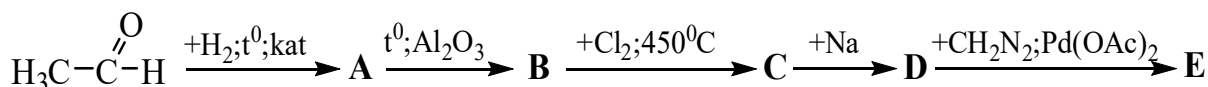


Исходный спирт – глицерин.

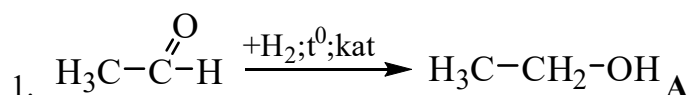
5 баллов

**Задание 4 (20 баллов)**

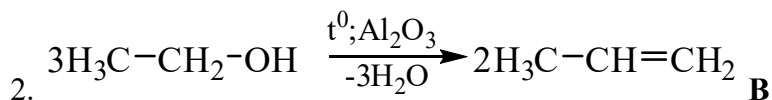
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.



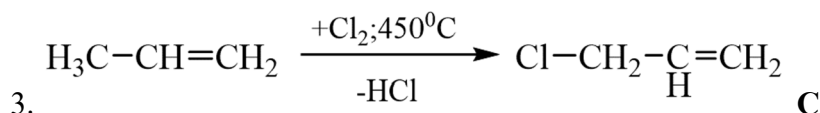
Решение



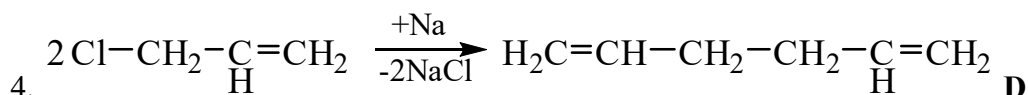
4 балла



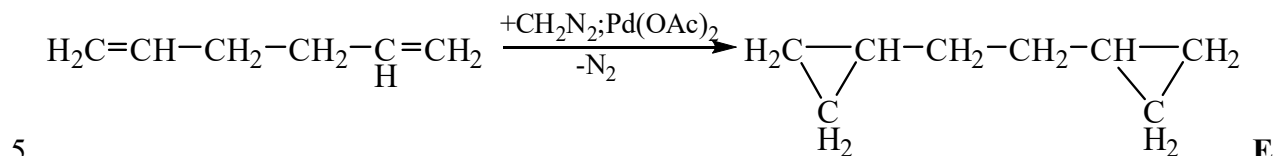
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

Задание 5 (20 баллов)

При археологическом исследовании древнего захоронения учёные обнаружили пористый образец, состоящий из карбонатов натрия и калия. Для определения его состава использовали газовый пикнометр. Общий объем образца (включая поры) составил 1,55 см³, а объем пор, вычисленный при замене воздуха на гелий, равнялся 1,35 см³. Плотность материала образца была установлена как 2,00 г/см³. Для анализа химического состава образец подвергли обработке соляной кислотой до полного выделения углекислого газа. На это потребовалось 23,00 мл раствора соляной кислоты концентрацией 0,27 М. Определите массовые доли (%) карбоната натрия и карбоната калия в данном образце.

Решение:

Объем твердого вещества:

$$V_{\text{вещ}} = 1,55 - 1,35 = 0,20 \text{ см}^3$$

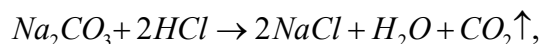
Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 2,00 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ г.}$$

1 балл



Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,270 \cdot 0,0230 = 0,00621 \text{ моль}.$$

1 балл

Пусть:

x – количество вещества Na_2CO_3 [моль];

y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,4000 \text{ г}.$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,4000.$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,00621 \\ 105,99x + 138,21y = 0,4000 \end{cases}$$

6 баллов

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,000904 \cdot 105,99 = 0,0959 \text{ г}.$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,00220 \cdot 138,21 = 0,3041 \text{ г}.$$

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,0959}{0,4000} \cdot 100\% = 23,98\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,3041}{0,4000} \cdot 100\% = 76,02\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 23,98\%$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 76,02\%$

Задание 6 (30 баллов)

На старом химическом складе лаборант обнаружил стеклянную банку с надписью «Смесь молочной и муравьиной кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$) и с помощью пипетки отобрал 10 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 1,81. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил



15,46 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации молочной и муравьиной кислот равны $1,37 \cdot 10^{-4}$ и $1,772 \cdot 10^{-4}$, а степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение

Используя результаты кислотно-основного титрования рассчитываем суммарную концентрацию кислот, используя закон эквивалентов:

$$N_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = N_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C \text{ моль/л} = 15,46 \text{ мл} \cdot 1 \text{ моль/л}$$

$$C = 1,546 \text{ моль/л} - \text{суммарная концентрация молочной и муравьиной кислот}$$

Из значения $\text{pH} = 1,81$ определяем концентрацию ионов водорода:

$$[\text{H}^+] = 10^{-1,81} = 15,488 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Молочная и муравьиная кислоты являются слабыми электролитами, поэтому процесс диссоциации слабых кислоты выразим следующими уравнениями:



для которых выражения констант диссоциации K_d принимают вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]} \quad (3)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{HCOOH}]} \quad (4)$$

где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации ионов и кислот.

Выражения (3) и (4), учитывая равенство концентраций $[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$ и $[\text{HCOO}^-] = [\text{H}^+]$, можно представить в виде (5) и (6), из которых пренебрегая степенью диссоциации молочной и муравьиной кислотами, выражают значения содержания ионов водорода в водном растворе:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{C_1 - \alpha C_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{C_2 - \alpha C_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот,

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]_1^2}{C_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]_2^2}{C_2} \quad (8)$$

10 баллов

Учитывая, что ионы водорода образуются по реакции диссоциации кислот, выразим сумму ионов водорода через значения констант диссоциации и концентрацию одной из кислот – через суммарную концентрацию $C = 1,546$ моль/л:

$$15,488 \cdot 10^{-3} = [\text{H}^+]_1 + [\text{H}^+]_2 = (K_{d1} \cdot C_1)^{1/2} + (K_{d2} \cdot C_2)^{1/2}$$

$$C_1 = 1,546 - C_2$$

$$(15,488 \cdot 10^{-3})^2 = 1,37 \cdot 10^{-4} (1,546 - C_2) + C_2 \cdot 1,772 \cdot 10^{-4}$$

и рассчитаем значение концентрации муравьиной кислоты C_2 :

$$C_2 = 0,698 \text{ моль/л и муравьиной кислоты } C_1:$$



$$C_1 = 1,546 - 0,698 = 0,848 \text{ моль/л}$$

10 баллов

Учитывая разбавление аликвоты водного раствора кислот в 10 раз:

n=10 мл/100 мл, рассчитаем массовое содержание компонентов:

$$\omega_1 = \frac{0,848 \cdot 10 \cdot 90 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 63,6 \%$$

$$\omega_2 = \frac{0,698 \cdot 10 \cdot 46 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 26,76 \%$$

$$\omega_{H_2O} = 100 - 63,60 - 26,76 = 9,64 \%$$

6 баллов

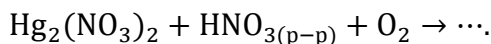


ХИМИЯ

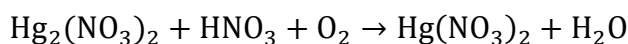
ВАРИАНТ 6

Задание 1 (5 баллов)

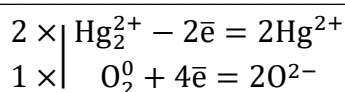
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



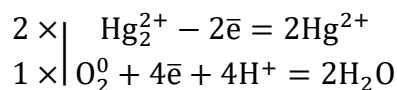
Решение



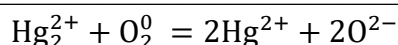
1 балл



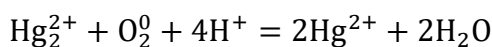
или



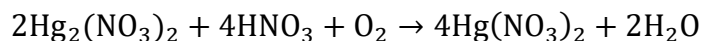
2 балла



или



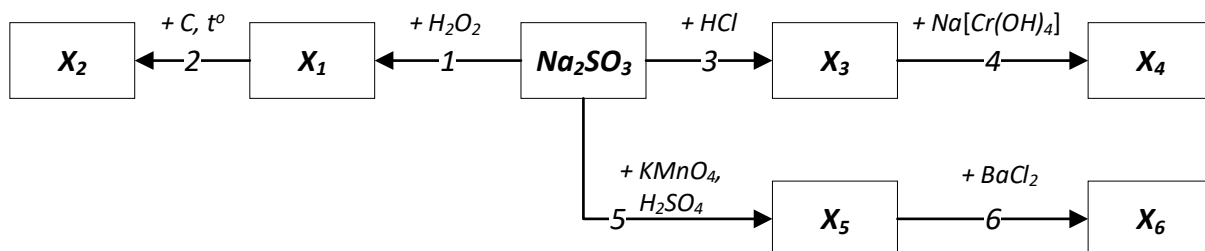
1 балл

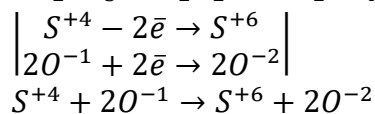
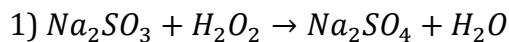


1 балл

Задание 2 (10 баллов)

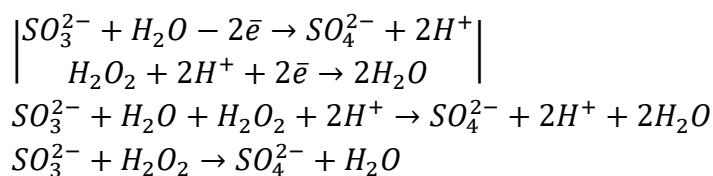
Определите формулы веществ $X_1 - X_6$, содержащих атомы серы. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



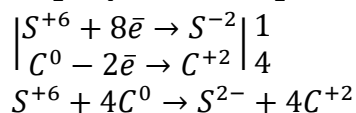
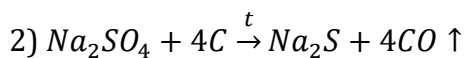
**Решение:**

_____ 1 балл

или

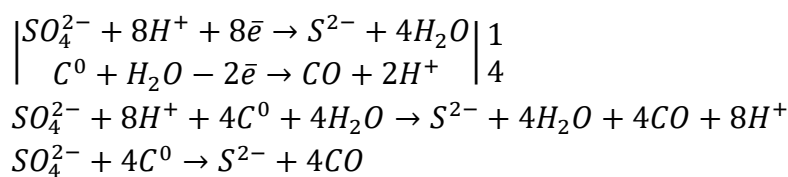


_____ 2 балла

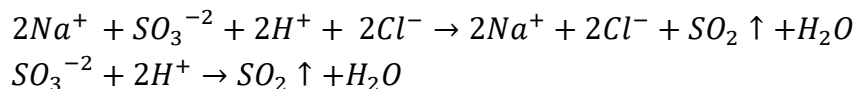
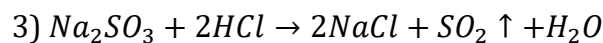


_____ 1 балла

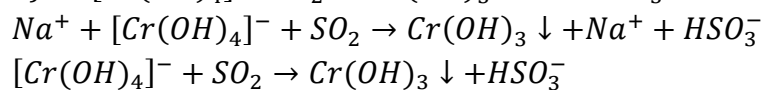
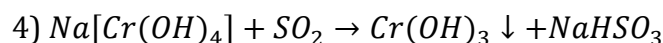
или



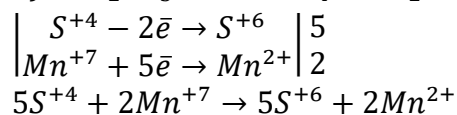
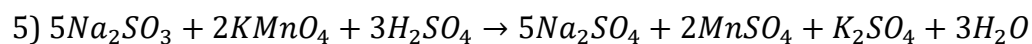
_____ 2 балла



_____ 1 балл

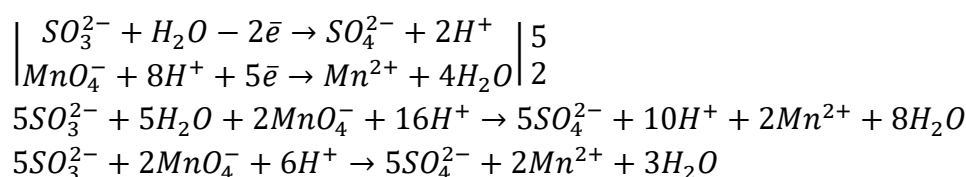


_____ 1 балл

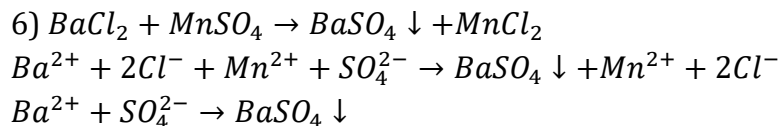


_____ 2 балла

или



_____ 3 балла



1 балл

Ответ: X₁ - Na₂SO₄, X₂ - Na₂S, X₃ - SO₂, X₄ - NaHSO₃, X₅ - MnSO₄, X₆ - BaSO₄

Задание 3 (15 баллов)

Относительная молекулярная масса органического вещества, состоящего из углерода, водорода и кислорода равна 88. при полном сгорании 0.44 г этого вещества образуется 560 мл CO₂ (н.у.). Установить молекулярную формулу вещества. Написать все возможные структурные формулы его изомеров.

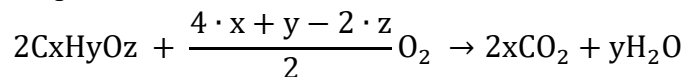
Решение:

1. Вещество имеет формулу: C_xH_yO_z.

Относительная молекулярная масса вещества равна:

$$M_{\text{в-во}} = 12x + y + 16z = 88$$

Уравнение сгорания органического вещества:



$$n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z} = \frac{m_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}}{M_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}} = \frac{0.44}{88} = 0.005 \text{ моль}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{0.56}{22.4} = 0.025 \text{ моль}$$

$$\frac{n_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z}}{n_{\text{CO}_2}} = \frac{1}{x} = \frac{0.005}{0.025}$$
$$x = 5$$

$$M_{\text{в-во}} = 12 \cdot 5 + y + 16z = 88 \text{ или } y = 28 - 16z$$

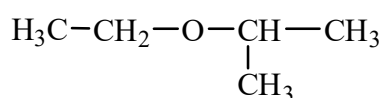
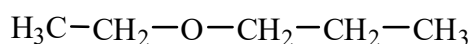
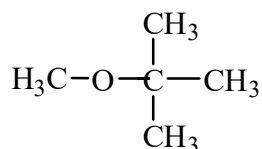
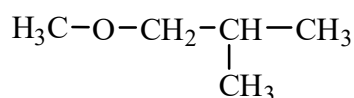
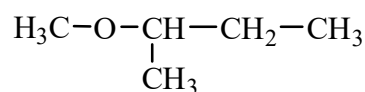
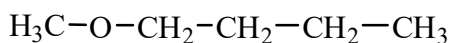
Необходимо выполнение следующих условий: $y \geq 1$; $z \geq 1$, y и z – целые числа. Тогда есть одно решение, выполняющие эти условия: $y = 12$; $z = 1$.

Формула органического вещества – C₅H₁₂O.

5 баллов

C₅H₁₂O относится к ряду с общей формулой C_nH_{2n+2}O. Это насыщенный простой эфир или насыщенный спирт.

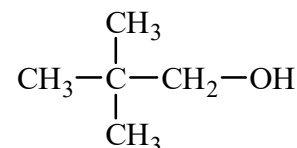
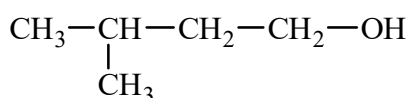
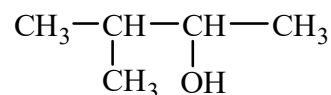
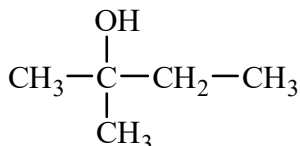
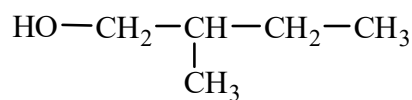
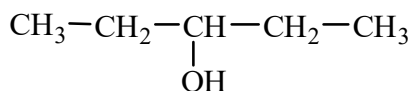
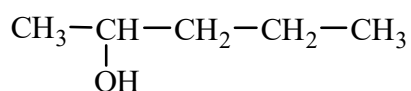
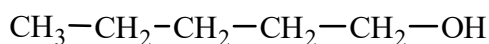
Возможные изомеры эфира:



5 баллов



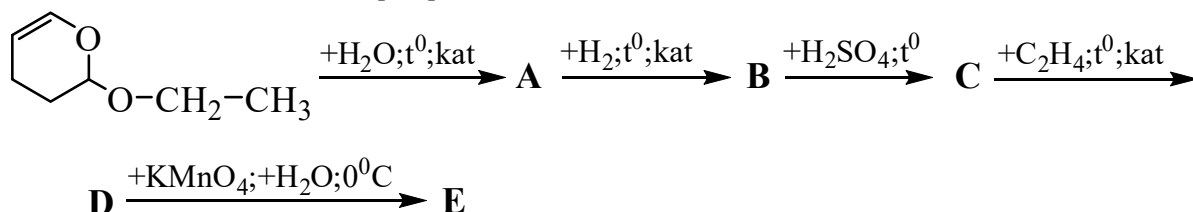
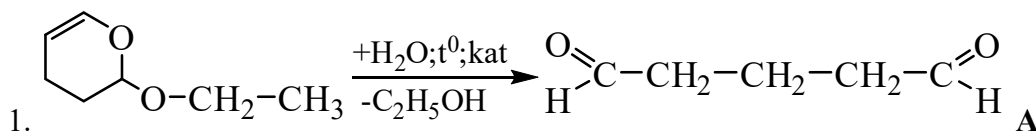
Возможные изомеры спирта:



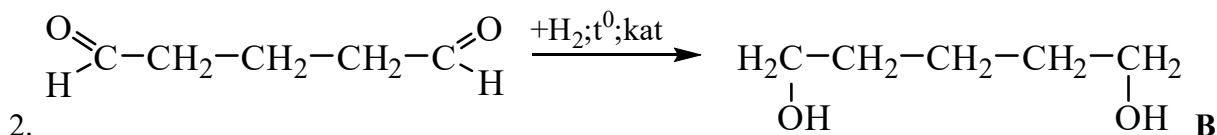
5 баллов

Задание 4 (20 баллов)

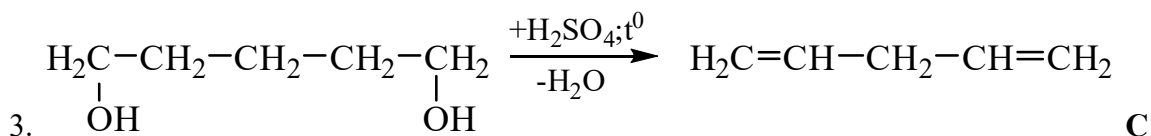
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

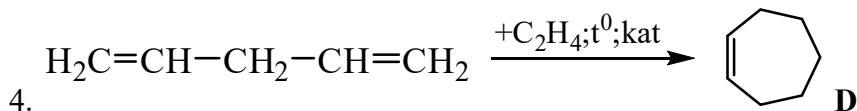
4 балла



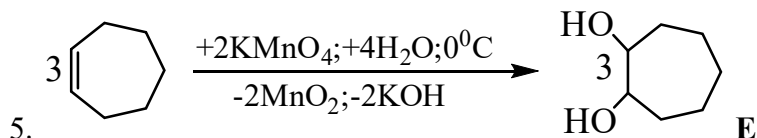
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

Задание 5 (20 баллов)

Во время раскопок древнего храма археологи обнаружили необычный пористый камень. Предполагается, что этот материал состоит из смеси карбонатов натрия и калия. Чтобы понять его состав, с помощью газового пикнометра определили, что общий объем образца (включая поры) составляет 1,75 см³, а объем внутренних пор, измеренный при замене воздуха на гелий, равен 1,55 см³. Плотность материала оказалась равной 1,95 г/см³. Для анализа химического состава образец подвергли реакции с соляной кислотой, добавляя её до тех пор, пока пузырьки углекислого газа полностью не прекратили выходить. В результате эксперимента было израсходовано 21,80 мл раствора соляной кислоты концентрацией 0,31 М. Какую долю (%) от общей массы составляют карбонат натрия и карбонат калия в этом образце?

Решение:

Объем твердого вещества:

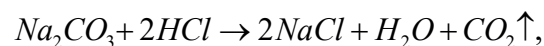
$$V_{\text{вещ}} = 1,75 - 1,55 = 0,20 \text{ см}^3$$

Масса твердого вещества:

$$m_{\text{вещ}} = 1,95 \cdot 0,2 = 0,39 \text{ г.}$$

1 балл

Реакции растворения:



2 балла

Определим сколько соляной кислоты потребовалось до полного растворения:

$$n(\text{HCl}) = 0,310 \cdot 0,0218 = 0,00676 \text{ моль.}$$

1 балл

Пусть:

 x – количество вещества Na_2CO_3 [моль]; y – количество вещества K_2CO_3 [моль];

Из уравнений реакций видно, что на 1 моль карбоната требуется 2 моль HCl . Следовательно, затраченное количество HCl связано с карбонатами следующим образом:

$$2x + 2y = n(\text{HCl}).$$

Также известна масса смеси, которая равна сумме масс обоих карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,3900 \text{ г.}$$

Массы карбонатов выражаются через их молярные массы $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль}$, $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21 \text{ г/моль}$:

$$105,99x + 138,21y = 0,3900.$$

Решаем систему уравнений:



$$\begin{cases} 2x + 2y = 0,00676 \\ 105,99x + 138,21y = 0,3900 \end{cases}$$

Массы карбонатов:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,00239 \cdot 105,99 = 0,2538 \text{ г.}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = y \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,000986 \cdot 138,21 = 0,1362 \text{ г.}$$

6 баллов

Массовые доли карбонатов:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,2538}{0,3900} \cdot 100\% = 65,08\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1362}{0,3900} \cdot 100\% = 34,92\%$$

10 баллов

Ответ: $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 65,08\%$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 34,92\%$

Задание 6 (30 баллов)

На старом химическом складе лаборант споткнулся о стеклянную банку с надписью «Смесь каприловой и акриловой кислот». Лаборант измерил плотность раствора ($1,2 \text{ г/см}^3$), с помощью пипетки отобрал 10 мл анализируемого раствора и перенес мерную колбу на 100 мл, добавив в колбу дистиллированной воды до риски. Измеренное значение pH раствора в мерной колбе составило 2,77. Затем из колбы он отобрал аликвоту объемом 10 мл и оттитровал ее раствором едкого натра концентрацией 0,1 моль/л. Эквивалентный объем титранта составил 7,84 мл. Какова массовая концентрация каждой из кислот в исходной смеси, если константы диссоциации каприловой и акриловой кислот равны $1,28 \cdot 10^{-5}$ и $5,56 \cdot 10^{-5}$, а степень диссоциации кислот значительно меньше единицы.

Решение:

Используя результаты кислотно-основного титрования рассчитываем суммарную концентрацию кислот, используя закон эквивалентов:

$$N_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = N_{\text{экв}}(\text{щелочи})$$

$$10 \text{ мл} \cdot C \text{ моль/л} = 7,84 \text{ мл} \cdot 0,1 \text{ моль/л}$$

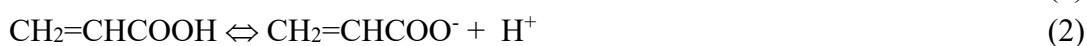
$$C = 0,0784 \text{ моль/л} - \text{суммарная концентрация масляной и уксусной кислот}$$

Из значения pH=2,27 определяем концентрацию ионов водорода:

$$[\text{H}^+] = 10^{-2,77} = 1,698 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

4 балла

Каприловая и акриловая кислоты являются слабыми электролитами, поэтому процесс диссоциации слабых кислоты выразим следующими уравнениями:



для которых выражения констант диссоциации K_d принимают вид:

$$K_{d1} = \frac{[\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COOH}]} \quad (3)$$



$$K_{d2} = \frac{[\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_2=\text{CHCOOH}]} \quad (4)$$

где квадратными скобками обозначены равновесные концентрации ионов и кислот.

Выражения (3) и (4), учитывая равенство концентраций $[\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COO}^-]=[\text{H}^+]$ и $[\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-]=[\text{H}^+]$, можно представить в виде (5) и (6), из которых пренебрегая степенью диссоциации каприловой и акриловой кислотами, выражают значения содержания ионов водорода в водном растворе:

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{c_1 - \alpha c_1} \quad (5)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]^2 \alpha^2}{c_2 - \alpha c_2} \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – исходные концентрации кислот,

$$K_{d1} = \frac{[\text{H}^+]_1^2}{c_1} \quad (7)$$

$$K_{d2} = \frac{[\text{H}^+]_2^2}{c_2} \quad (8)$$

10 баллов

Учитывая, что ионы водорода образуются по реакции диссоциации кислот, выразим сумму ионов водорода через значения констант диссоциации и концентрацию одной из кислот – через суммарную концентрацию $C=0,0784$ моль/л:

$$1,698 \cdot 10^{-3} = [\text{H}^+]_1 + [\text{H}^+]_2 = (K_{d1} \cdot C_1)^{1/2} + (K_{d2} \cdot C_2)^{1/2}$$

$$C_1 = 0,0784 - C_2$$

$$(1,698 \cdot 10^{-3})^2 = 1,28 \cdot 10^{-5} (0,0784 - C_2) + C_2 \cdot 5,56 \cdot 10^{-5}$$

и рассчитаем значение концентрации акриловой кислоты C_2 :

$$C_2 = 0,0439 \text{ моль/л и каприловой кислоты } C_1:$$

$$C_1 = 0,0784 - 0,0439 = 0,0345 \text{ моль/л}$$

10 баллов

Учитывая разбавление аликвоты водного раствора кислот в 10 раз:

$n=10$ мл/100 мл, рассчитаем массовое содержание компонентов:

$$\omega_1 = \frac{0,0439 \cdot 10 \cdot 72 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 2,63 \%$$

$$\omega_2 = \frac{0,0345 \cdot 10 \cdot 144 \text{ г/моль}}{1000 \cdot 1,2 \text{ г/см}^3} 100\% = 4,14 \%$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 2,63 - 4,14 = 93,23 \%$$

6 баллов