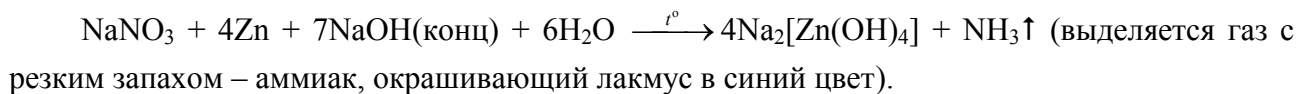
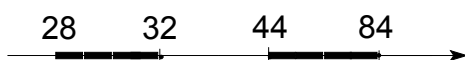


В последней пробирке находился нитрат натрия. Подтвердим это реакцией с цинком в щелочной среде:



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь азота и кислорода со смесью криптона и углекислого газа? (8 баллов)

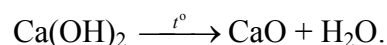
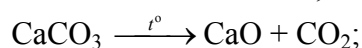
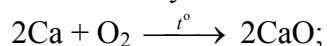
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $28 \text{ г/моль} < M_1 < 32 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси $44 \text{ г/моль} < M_2 < 84 \text{ г/моль}$:



5. Бинарное соединение имеет ионное строение. Общее число электронов в положительном ионе превышает число электронов в отрицательном ионе в 1.8 раза, а заряды ядер двух элементов отличаются в 2.5 раза. Установите формулу соединения, предложите два способа его получения. (10 баллов)

Решение. Оба иона, вероятнее всего, имеют электронные оболочки инертных газов, по соотношению числа электронов подходят Ne ($Z = 10$) и Ar ($Z = 18$). Значит, у отрицательного иона 10 электронов (меньше), тогда возможные ионы F^- или O^{2-} . У положительного – 18 электронов (больше), возможные ионы: K^+ и Ca^{2+} . Отношение зарядов ядер 2.5 соответствует оксиду кальция CaO : $Z(\text{Ca}^{2+}) = 20$, $Z(\text{O}^{2-}) = 8$.

Способы получения оксида кальция:



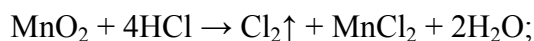
Ответ: CaO .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что с осадком, полученным при взаимодействии 16.8 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, может прореагировать 200 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 4 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{HCl}) = c \cdot V = 0.2 \cdot 4 = 0.8 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.2 \text{ моль}$.

Из уравнения первой реакции получаем, что $\nu(C_nH_{2n}) = 0.3$ моль.

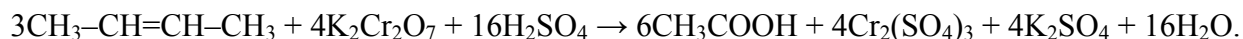
Определим неизвестный алкен:

$$M(C_nH_{2n}) = 16.8 / 0.3 = 56 \text{ г/моль,}$$

$$14n = 56; n = 4.$$

Алкен имеет формулу C_4H_8 , которой соответствуют бутен-1, бутен-2 и 2-метилпропен.

Все три вещества удовлетворяют условию задачи. Реакция окисления бутена-2:



При окислении бутена-1 получится пропановая кислота и CO_2 , окисление изобутена приведет к образованию ацетона и CO_2 .

Ответ: бутен-2, бутен-1, 2-метилпропен.

7. Значение pH 0.141%-ного раствора одноосновной кислоты составляет 2.436. Определите формулу кислоты, если известно, что ее константа диссоциации $K_d = 5.1 \cdot 10^{-4}$, а плотность раствора равна 1 г/мл. Диссоциацией воды пренебечь. (12 баллов)

Решение. Концентрация ионов H^+ равна

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.436} = 3.664 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Кислота обратимо диссоциирует в растворе:

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-.$$
$$K_d = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]} = \frac{(3.664 \cdot 10^{-3})^2}{c - 3.664 \cdot 10^{-3}} = 5.1 \cdot 10^{-4}.$$

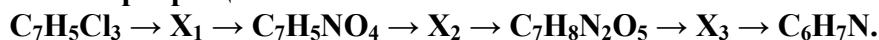
Из полученного уравнения определим c – молярную концентрацию кислоты:

$$c = 0.03 \text{ моль/л.}$$

В 1000 мл (это 1000 г, т.к. плотность равна единице) содержится 1.41 г кислоты HA, и это 0.03 моль. Тогда $M(HA) = 1.41 / 0.03 = 47$ г/моль, что соответствует азотистой кислоте HNO_2 .

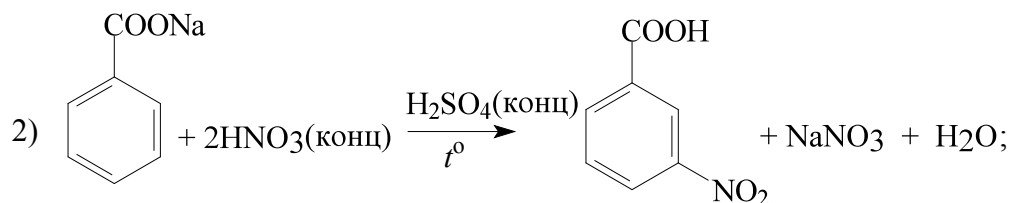
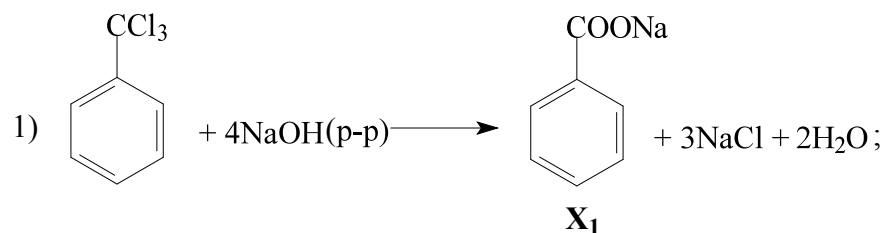
Ответ: HNO_2 .

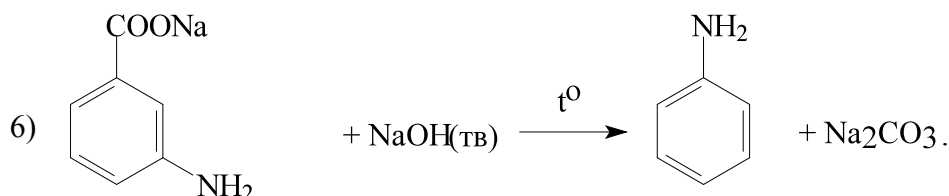
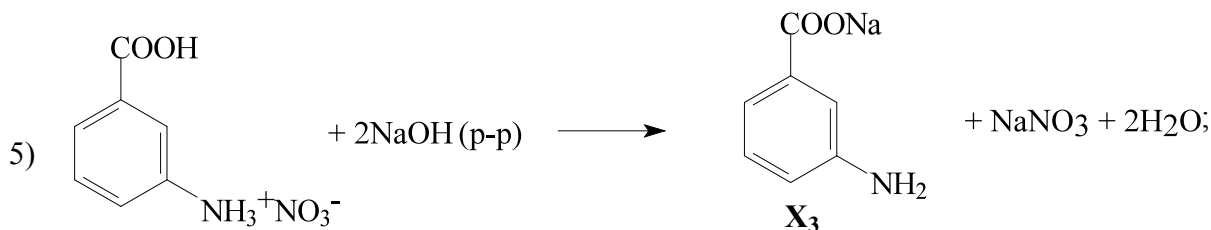
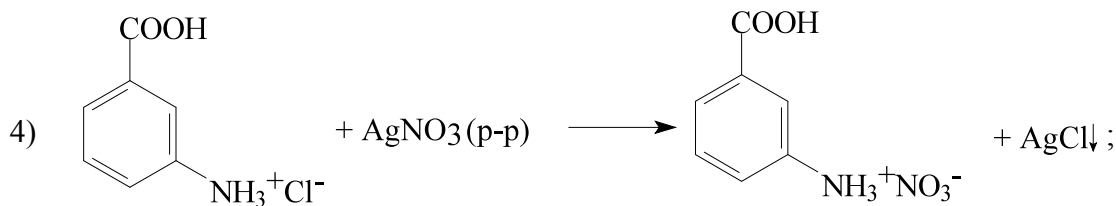
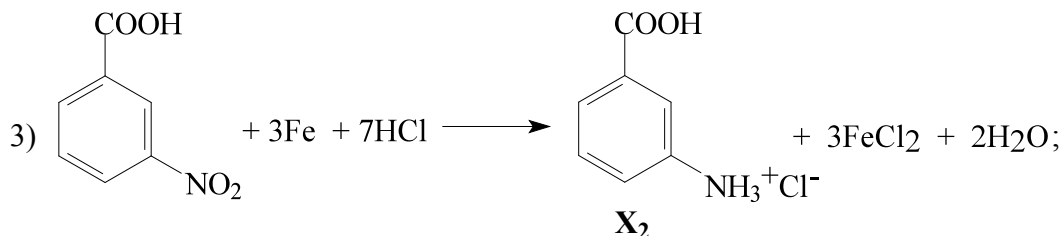
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



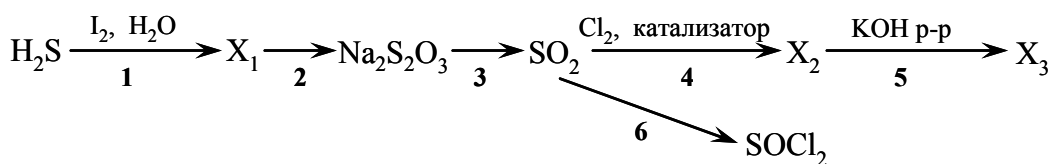
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение.



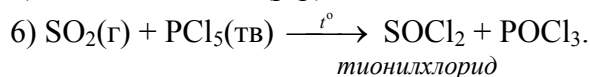
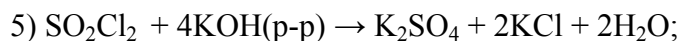
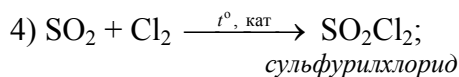
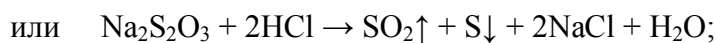
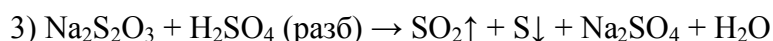
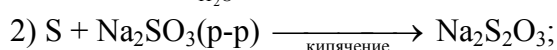
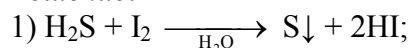


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (\mathbf{X}_i – вещества, содержащие серу):



(12 баллов)

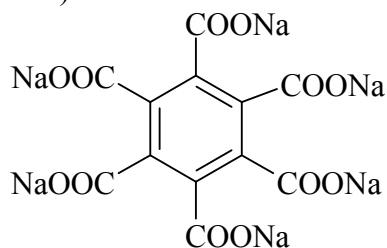
Решение:



Ответ: \mathbf{X}_1 – S; \mathbf{X}_2 – SO_2Cl_2 ; \mathbf{X}_3 – K_2SO_4 .

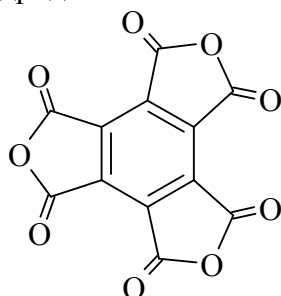
10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль **Y** образовалась при взаимодействии вещества **X** с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, **X** – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе **X** нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – **Y**:

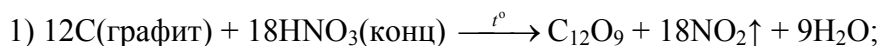


соль **Y**

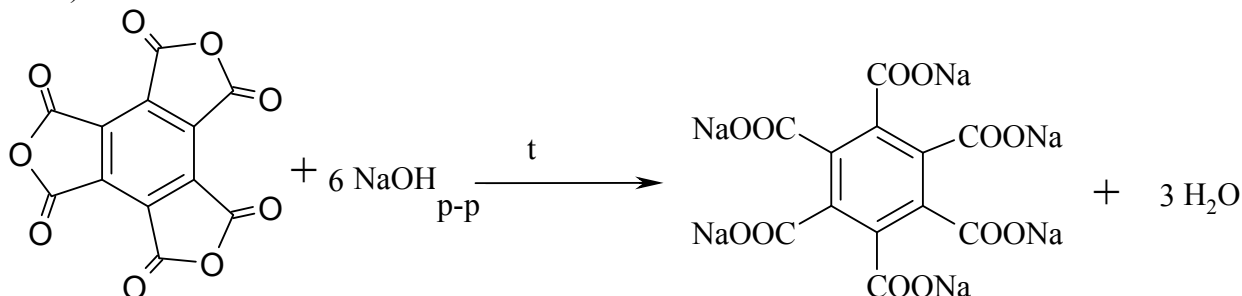
Соль **Y** образовалась из **X** – ангидрида меллитовой кислоты:



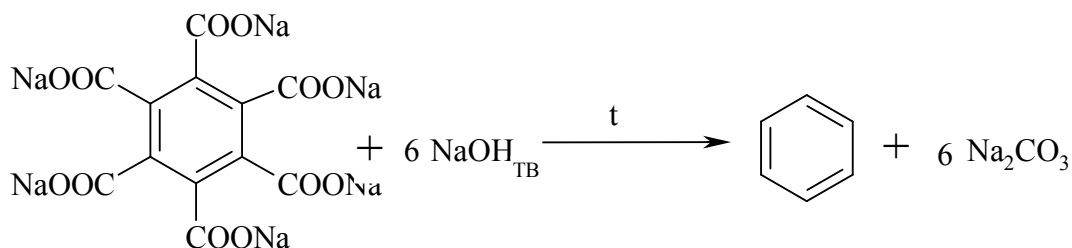
соединение **X**



2)



3)



ВАРИАНТ 2

1. Определите валентности и степени окисления элементов переходных металлов в следующих соединениях: **A1.** KMnO_4 , **A2.** K_2MnO_4 .

Напишите уравнение реакции, соответствующее схеме превращения **A1** → **A2**. (6 баллов)

Решение.

$28 \text{ г/моль} < M_1 < 44 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $40 \text{ г/моль} < M_2 < 131 \text{ г/моль}$:



5. Вещество ионного строения состоит из двух элементов-неметаллов. Массовая доля одного из них составляет 93.3%, а мольная доля – 50%. Установите строение вещества. Определите, геометрическую форму катиона и аниона и тип гибридизации каждого атома в них. (10 баллов)

Решение. Поскольку мольные доли неметаллов равны, простейшую формулу вещества можно записать как XY. Выразим отношение масс элементов:

$$m(X) : m(Y) = 93.3 : 6.7 = 14 : 1 = M(X) : M(Y).$$

Вероятнее всего, это – N и H. Катион NH_4^+ содержит четыре атома H, тогда анион должен содержать три атома N – это азид-ион N_3^- . Следовательно, вещество – *азид аммония* NH_4N_3 .

Ион NH_4^+ имеет форму правильного тетраэдра – sp^3 -гибридизация атома азота. Ион N_3^- имеет линейную структуру $\text{N}=\text{N}=\text{N}$, центральный атом азота в нем имеет sp -гибридизацию, а крайние атомы – sp^2 -гибридизацию.

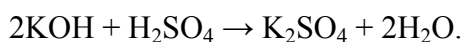
Ответ: азид аммония NH_4N_3 .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что для нейтрализации раствора, полученного при взаимодействии 50.4 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, требуется 80 мл раствора серной кислоты с концентрацией 2.5 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Нейтрализация раствора:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = c \cdot V = 2.5 \cdot 0.08 = 0.2 \text{ моль},$$

$$v(\text{KOH}) = 0.4 \text{ моль}.$$

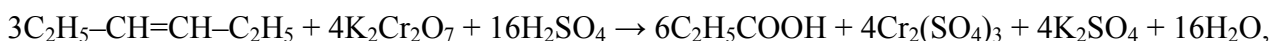
Тогда, из уравнения реакции окисления,

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.6 \text{ моль},$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 50.4 / 0.6 = 84 \text{ г/моль},$$

$$14n = 84, \quad n = 6.$$

Условию задачи удовлетворяют изомеры гексена, дающие при жестком окислении пропионовую кислоту (гексен-3):

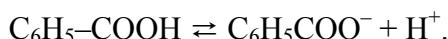


или же дающие один органический продукт и углекислый газ. Так, гексен-1 превращается в пентановую кислоту и CO_2 , 1-метилпентен-1 и 2-этилбутен-1 дают соответствующие кетоны и CO_2 .

Ответ: гексен-3, гексен-1, изомерные метилпентены-1, 2-этилбутен-1.

7. Вычислите pH раствора бензойной кислоты с концентрацией 0.01 моль/л, если константа диссоциации этой кислоты равна $6.6 \cdot 10^{-5}$. Как изменится pH, если к 1 л этого раствора добавить 0.2 моль бензоата натрия? Считайте, что соль диссоциирована полностью. (12 баллов)

Решение. Диссоциация слабой бензойной кислоты:



$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]} = \frac{x^2}{0.01 - x} = 6.6 \cdot 10^{-5}$$

Получаем квадратное уравнение:

$$x^2 + 6.6 \cdot 10^{-5}x - 6.6 \cdot 10^{-5} = 0$$

Решаем уравнение и из двух корней выбираем положительный: $x = [\text{H}^+] = 7.8 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

$$\text{pH}_1 = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(7.8 \cdot 10^{-4}) = 3.11$$

При добавлении к раствору кислоты $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ концентрация бензоат-иона будет определяться концентрацией соли:

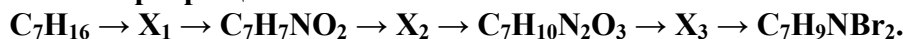
$$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}) = 0.2 \text{ моль/л.}$$

$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot 0.2}{0.01 - [\text{H}^+]} = \frac{0.2x}{0.01 - x} = 6.6 \cdot 10^{-5}$$

Отсюда $x = [\text{H}^+] = 3.3 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $\text{pH}_2 = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(3.3 \cdot 10^{-6}) = 5.48$.

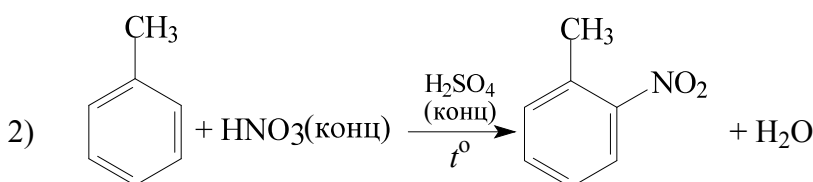
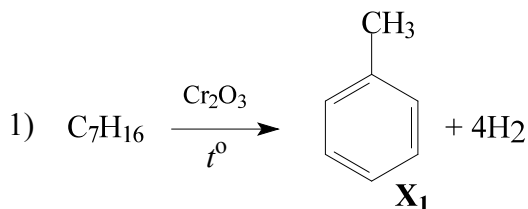
Ответ: $\text{pH}_1 = 3.11$; $\text{pH}_2 = 5.48$.

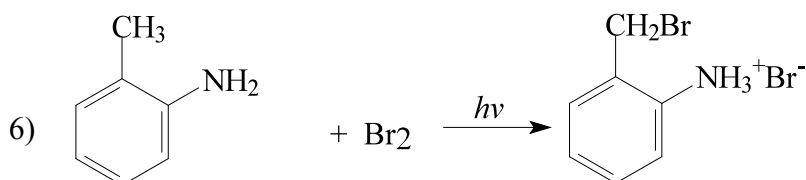
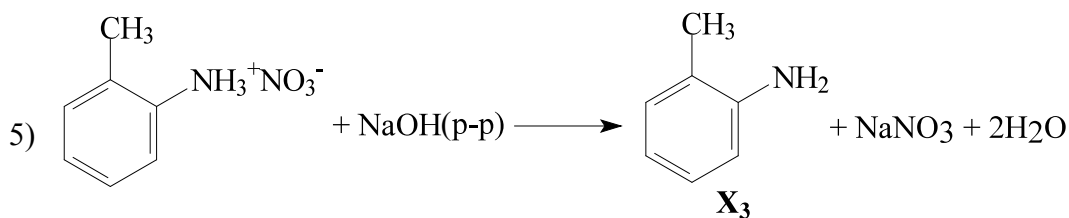
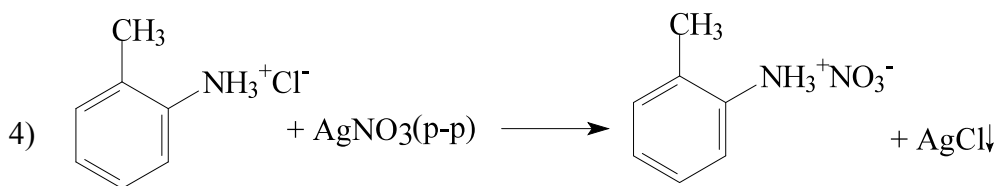
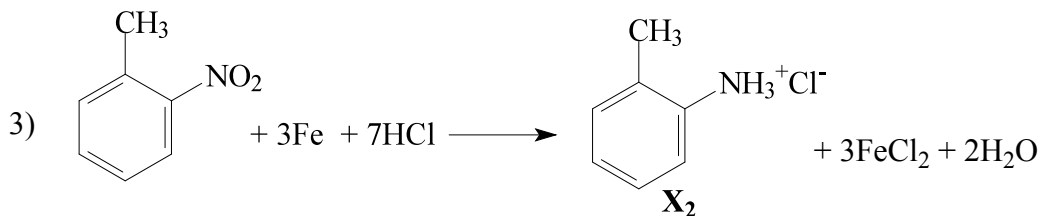
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



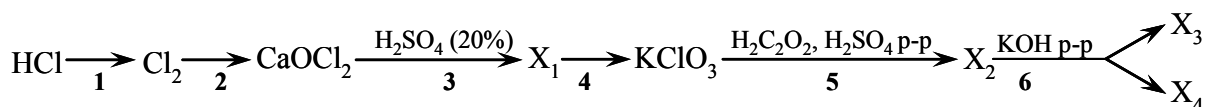
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



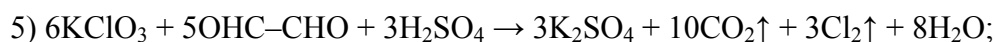
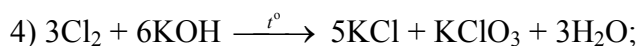
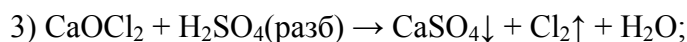
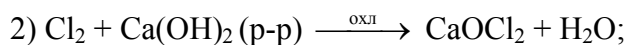
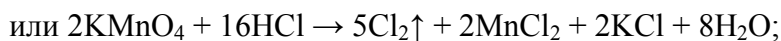


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения:



(12 баллов)

Решение:



глиоксаль

Хлор уже фигурирует в качестве вещества X_1 , поэтому мы не можем выбрать его в качестве X_2 . Пусть X_2 – это углекислый газ, тогда

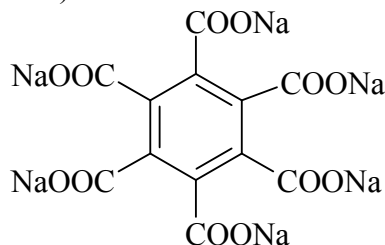


Ответ: $\text{X}_1 - \text{Cl}_2$; $\text{X}_2 - \text{CO}_2$; $\text{X}_3 - \text{K}_2\text{CO}_3$; $\text{X}_4 - \text{H}_2\text{O}$.

10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с

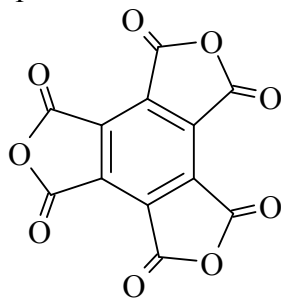
дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

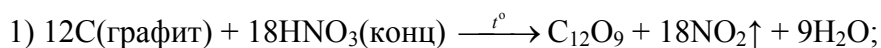


соль Y

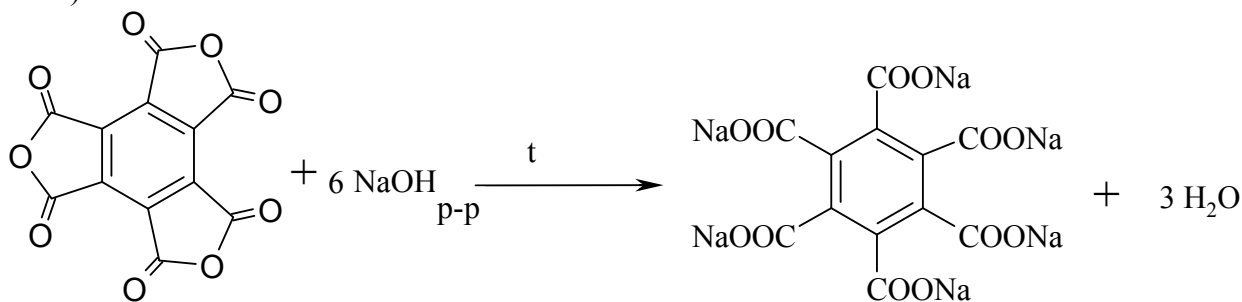
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



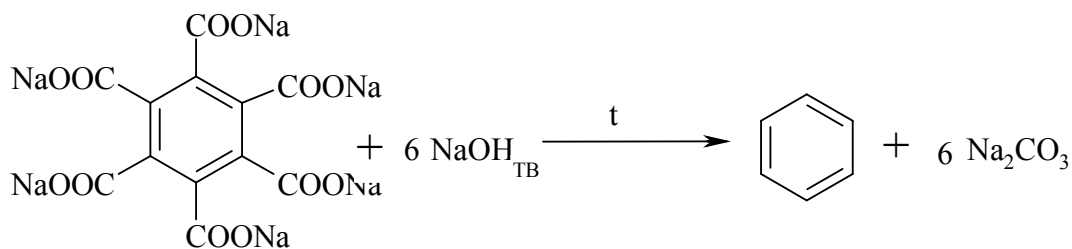
соединение X



2)



3)



ВАРИАНТ 3

1. Определите валентности и степени окисления элементов переходных металлов в следующих соединениях: A1. $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$, A2. $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Напишите уравнение реакции, соответствующее схеме превращения A1 → A2. (6 баллов)

Решение.

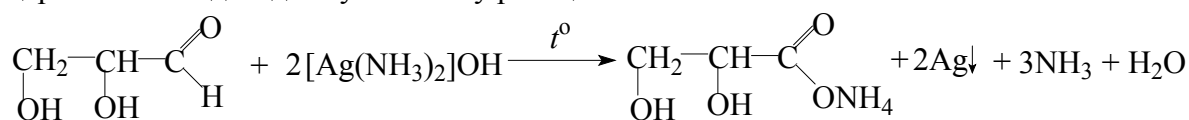
A1. Тетрагидроксохромат калия $K[Cr(OH)_4]$: степень окисления хрома +3, валентность IV.

A2. Гидроксид хрома $Cr(OH)_3$: степень окисления хрома +3, валентность III.

Превращение: $2K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3\downarrow + K_2CO_3 + H_2O$.

2. В вашем распоряжении имеются образцы глицеринового альдегида, крахмала и сахарозы. Как их различить? (6 баллов)

Решение. Прежде всего, можно определить крахмал благодаря его плохой растворимости в холодной воде (глицериновый альдегид и сахароза растворяются хорошо). Для подтверждения обработаем вещество раствором иода (водным или спиртовым) – крахмал дает синее окрашивание. Для идентификации оставшихся двух соединений проводим реакцию «серебряного зеркала» с аммиачным раствором оксида серебра $[Ag(NH_3)_2]OH$. Глицериновый альдегид вступает в эту реакции:

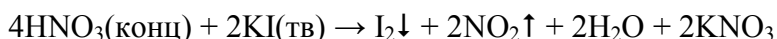


Образуется «серебряное зеркало», налет на стенке пробирки. В случае с сахарозой (невосстанавливающий дисахарид) ничего наблюдаться не будет – реакции не идут. Подтвердить определение сахарозы можно по реакции с хлоридом кальция – сахароза даст белый осадок сахарата кальция.

3. В пробирках без подписей находятся концентрированные растворы HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCl . Предложите способы определения содержимого пробирок. Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Данная задача может быть решена многими способами. Мы приводим один из возможных вариантов решения.

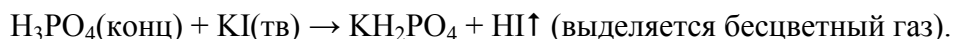
Ко всем растворам добавим твердый иодид калия:



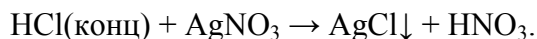
(образуется темно-серый осадок иода и выделяется бурый газ);



(выделяется бесцветный газ с запахом тухлых яиц и образуется темно-серый осадок);



В четвертом случае реакция не происходит. Подтвердить, что четвертое вещество – концентрированный раствор HCl можно, добавив раствор нитрата серебра: образуется белый творожистый осадок, нерастворимый в концентрированной кислоте.



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь водорода и угарного газа со смесью азота и хлороводорода? (8 баллов)

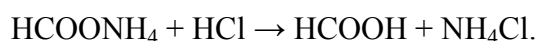
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $2 \text{ г/моль} < M_1 < 28 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $28 \text{ г/моль} < M_2 < 36.5 \text{ г/моль}$:



Обе смеси не могут иметь среднюю массу, равную 28 г/моль (неравенства – строгие).

5. Вещество X имеет ионное строение. В составе положительного и отрицательного ионов есть общий элемент. Общая масса отрицательных ионов в 2.5 раза больше массы положительных ионов. Установите формулу X и напишите по одному уравнению реакций X со щелочью и кислотой. (10 баллов)

Решение. Возможный катион, имеющий сложный состав, – это NH_4^+ . Тогда общим элементом в составе аниона и катиона могут быть или H, или N. Масса катиона 18 г/моль. Если рассмотреть самый простой случай, когда и катион, и анион однозарядные, получим массу аниона $18 \cdot 2.5 = 45 \text{ г/моль}$. Из анионов, содержащих азот или водород, подходит формиат, значит, X – это формиат аммония HCOONH_4 . Уравнения реакций:



Если рассматривать вариант, когда общим элементом является азот, можно подобрать нитрит-анион NO_2^- , однако это решение не совсем точно соответствует условию задачи: масса нитрит-иона 46 г/моль, а $46 / 18 = 2.556 \approx 2.6$.

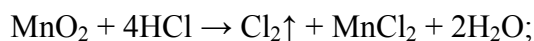
Ответ: формиат аммония HCOONH_4 .

6. Определите возможное строение неизвестного алкена А, если известно, что при взаимодействии осадка, полученного при реакции 25.2 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, с соляной кислотой выделяется 6.72 л газа, измеренного при н.у., а при взаимодействии А с подкисленным раствором дихромата калия при нагревании образуется только одно органическое соединение. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{Cl}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.3 \text{ моль}$.

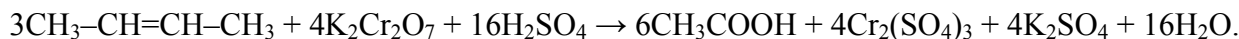
Из уравнения первой реакции получаем, что $v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.45 \text{ моль}$.

Определим неизвестный алкен:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 25.2 / 0.45 = 56 \text{ г/моль},$$

$$14n = 56; n = 4.$$

Алкен имеет формулу C_4H_8 , которой соответствуют бутен-1, бутен-2 и 2-метилпропен. Все три вещества удовлетворяют условию задачи. Реакция окисления бутена-2:



При окислении бутена-1 получится пропановая кислота и CO_2 , окисление изобутена приведет к образованию ацетона и CO_2 .

Ответ: бутен-2, бутен-1, 2-метилпропен.

7. Взвесь 1.27 г $CaOCl_2$ в 1 л раствора количественно прореагировала с карбонатом натрия. Выпавший осадок отфильтровали, причем объем раствора не изменился. Напишите уравнение реакции. Определите pH полученного раствора, если константа диссоциации хлорноватистой кислоты $K_d(HClO)=2.9 \cdot 10^{-8}$. (12 баллов)

Решение. Запишем реакцию хлорной извести с карбонатом натрия:

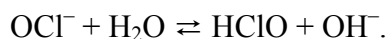


Количество хлорной извести:

$$v(CaOCl_2) = 1.27 / 127 = 0.01 \text{ моль},$$

следовательно, $v(NaOCl) = 0.01$ моль, $c(NaOCl) = 0.01$ моль/л.

Среда (pH) полученного раствора будет определяться гидролизом гипохлорита натрия:



Константа равновесия этого процесса (константа гидролиза) имеет следующий вид:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[HClO][OH^-]}{[OCl^-]} = \frac{[OH^-]^2}{c(NaClO) - [OH^-]},$$

ее величина связана с константой диссоциации кислоты и ионным произведением воды:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_w}{K_d} = \frac{10^{-14}}{2.9 \cdot 10^{-8}} = 3.45 \cdot 10^{-7}.$$

$$3.45 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{0.01 - x}.$$

Получаем квадратное уравнение относительно x (концентрации ионов OH^-):

$$x^2 + 3.45 \cdot 10^{-7}x - 3.45 \cdot 10^{-9} = 0,$$

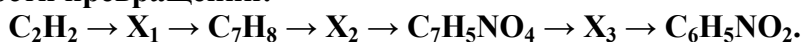
решение которого дает $x = [OH^-] = 5.85 \cdot 10^{-5}$ моль/л,

тогда $[H^+] = 10^{-14} / [OH^-] = 1.71 \cdot 10^{-10}$ моль/л.

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(1.71 \cdot 10^{-10}) = 9.77.$$

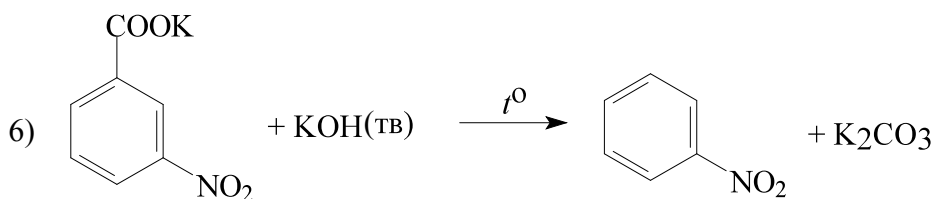
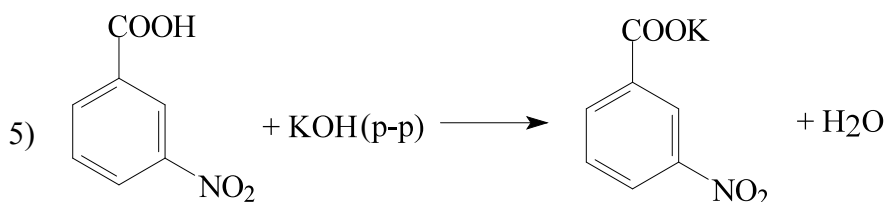
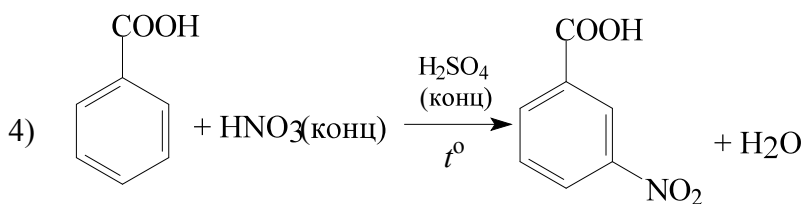
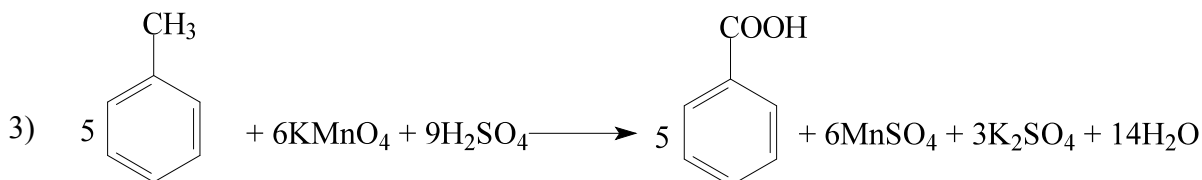
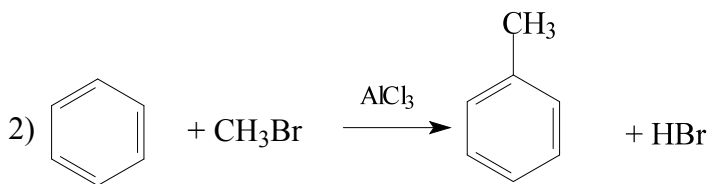
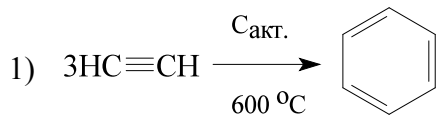
Ответ: pH = 10.26.

7. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:

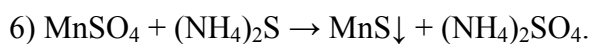
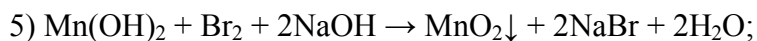
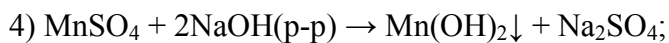
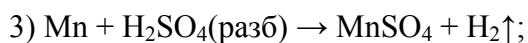
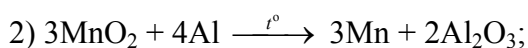
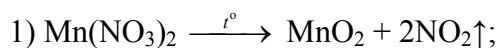


9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения:



(12 баллов)

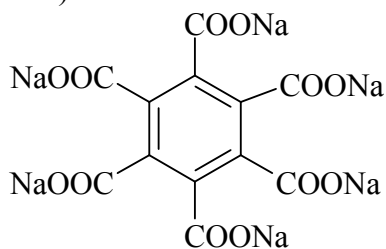
Решение.



Ответ: $X_1 - Mn(OH)_2$, $X_2 - MnO_2$.

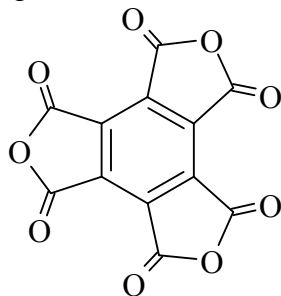
10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

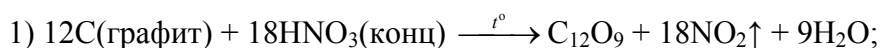


соль Y

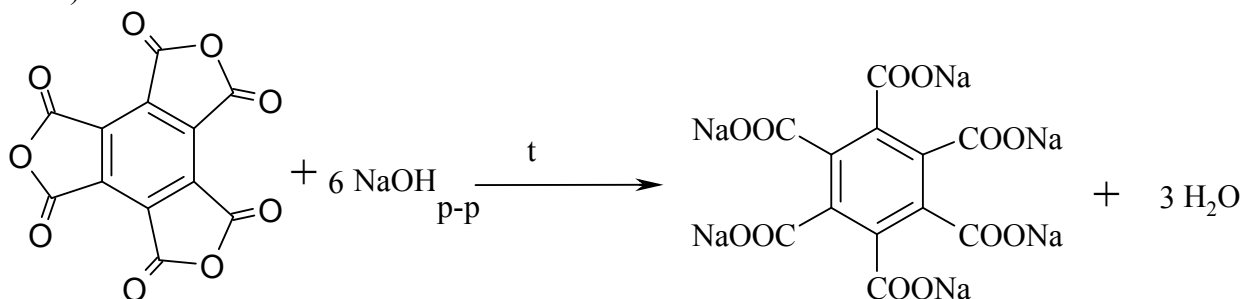
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



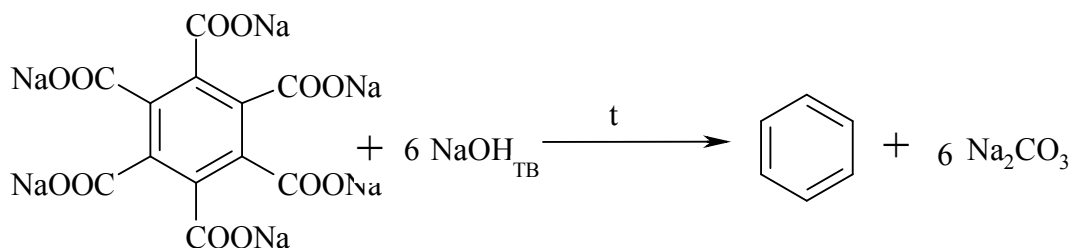
соединение X



2)



3)



ВАРИАНТ 4

1. Определите валентности и степени окисления элементов переходных металлов в следующих соединениях: A1. $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, A2. $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

Напишите уравнение реакции, соответствующее схеме превращения $\text{A1} \rightarrow \text{A2}$. (6 баллов)

Мы приносим извинения участникам Олимпиады за опечатку в условии данной задачи. Конечно же, соединения $\text{Na}[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ не существует! Мы будем с особым вниманием проверять это задание, чтобы никто не пострадал от допущенной нами ошибки.

Решение.

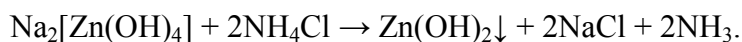
A1. Тетрагидроксоцинкат натрия $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$: степень окисления цинка +2, валентность IV.

A2. Гидроксид цинка $\text{Zn}(\text{OH})_2$: степень окисления цинка +2, валентность II.

Превращение:



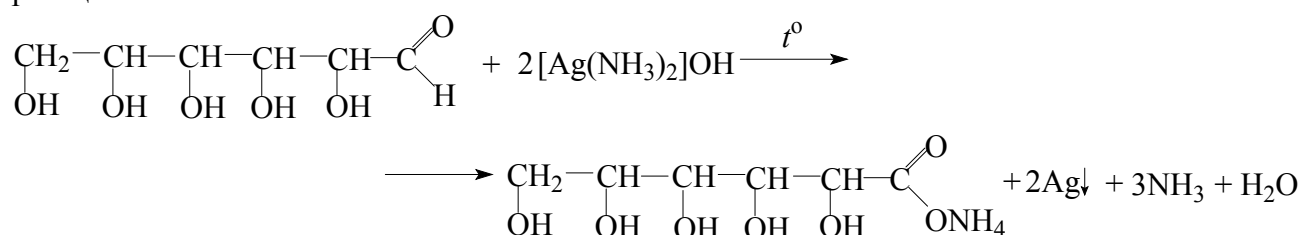
Использовать пропускание углекислого газа в случае цинка не рекомендуется, т. к. возможно образование основного карбоната цинка вместо гидроксида. Еще один вариант:



Гидролиз хлорида аммония создает необходимую кислую среду.

2. В вашем распоряжении имеются образцы глюкозы, фруктозы и крахмала. Как их различить? (6 баллов)

Решение. Прежде всего, можно определить крахмал благодаря его плохой растворимости в холодной воде (глюкоза и фруктоза растворяются хорошо). Для подтверждения обработаем вещество раствором иода (водным или спиртовым) – крахмал дает синее окрашивание. Для идентификации оставшихся двух соединений проводим реакцию «серебряного зеркала» с аммиачным раствором оксида серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Глюкоза (альдогексоза) вступает в эту реакцию:



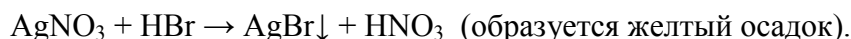
При нагревании образуется «серебряное зеркало», налет на стенке пробирки. В случае фруктозы (которая является кетогексозой) ничего наблюдаться не будет – реакция не идет.

3. В пробирках без подписей находятся растворы H_2S , HBr , H_3PO_4 , HCOH . Предложите способы определения содержимого пробирок. Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

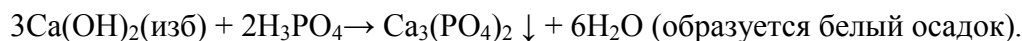
Решение. Данная задача может быть решена многими способами. Мы приводим один из возможных вариантов решения.

Добавим к растворам раствор нитрата серебра:

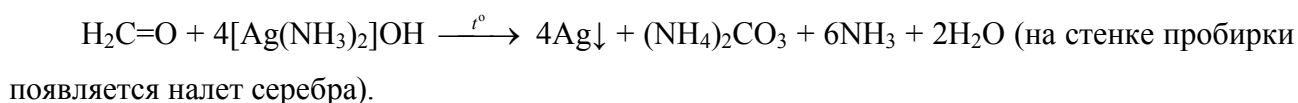




Фосфорную кислоту можно определить по реакции с избытком известковой воды:



Формальдегид вступает в реакцию «серебряного зеркала»:



4. Докажите, могут ли две газовые смеси при одинаковых условиях иметь равную плотность: смесь фосфина и неона со смесью фтороводорода и гелия? (8 баллов)

Решение:

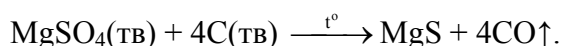
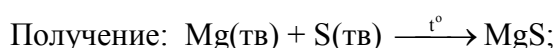
Решение. Равная плотность газовых смесей при одинаковых условиях означает, что у них одинаковые средние молярные массы. Данные газовые смеси не могут иметь равную плотность, так как средняя молярная масса первой смеси находится в интервале $20 \text{ г/моль} < M_1 < 34 \text{ г/моль}$, а средняя молярная масса второй смеси – в интервале $4 \text{ г/моль} < M_2 < 20 \text{ г/моль}$:



Обе смеси не могут иметь среднюю массу, равную 20 г/моль (неравенства – строгие).

5. Бинарное соединение имеет ионное строение. Общее число электронов в отрицательном ионе превышает число электронов в положительном ионе в 1.8 раза, а заряды ядер двух элементов отличаются в 0.75 раза. Установите формулу соединения, предложите два способа его получения. (10 баллов)

Решение. Оба иона, вероятнее всего, имеют оболочки инертных газов, по соотношению числа электронов подходят Ne ($Z = 10$) и Ar ($Z = 18$). Отношение 1.8 говорит о том, что у положительного иона 10 электронов, а у отрицательного – 18. Возможные ионы: Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cl^- , S^{2-} . Отношение зарядов ядер 0.75 соответствует MgS. ($Z(\text{Mg}) = 12$, $Z(\text{S}) = 18$).



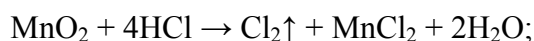
Ответ: сульфид магния MgS.

6. Определите строение неизвестного алкена А, если известно, что с осадком, полученным при взаимодействии 10.5 г А с водным раствором перманганата калия при охлаждении, может прореагировать 250 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1.6 моль/л, а при взаимодействии А с подкисленным раствором перманганата калия при нагревании образуется две карбоновые кислоты. Напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Реакция неизвестного алкена с холодным водным раствором перманганата калия:



Реакция осадка с соляной кислотой:



$$v(\text{HCl}) = c \cdot V = 0.25 \cdot 1.6 = 0.4 \text{ моль};$$

тогда $v(\text{MnO}_2) = 0.1 \text{ моль}$.

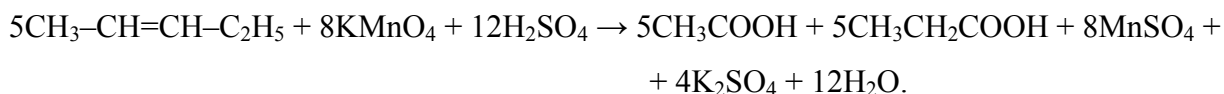
Из уравнения первой реакции получаем, что $\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0.15$ моль.

Определим неизвестный алкен:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 10.5 / 0.15 = 70 \text{ г/моль},$$

$$14n = 70; n = 1.$$

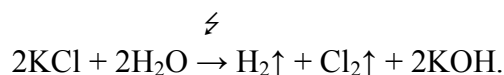
Алкен имеет формулу C_5H_{10} . Условию задачи отвечает пентен-2:



Ответ: пентен-2.

7. При электролизе (с диафрагмой) водного раствора хлорида калия получено 80 л 11.2 %-ного раствора едкого кали (плотность 1.14 г/мл). Какое количество (в кг) хлорида калия превратилось в КОН, если выход реакции составил 88 % от теоретического? (12 баллов)

Решение. Уравнение реакции процесса электролиза:



Масса исходного раствора составляла

$$m = 80 \cdot 10^3 \cdot 1.14 = 91200 \text{ г};$$

масса КОН в нем

$$m(\text{KOH}) = 91200 \cdot 1.14 = 10214 \text{ г}.$$

Так как выход составил 88%, то должно было образоваться

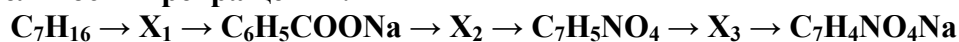
$$m(\text{KOH})_{\text{теор}} = 10214 / 0.88 = 11607 \text{ г}, \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{11607}{56} = 207.3 \text{ моль}.$$

Так как $\nu(\text{KOH}) = \nu(\text{KCl})$, масса хлорида калия составляла

$$m(\text{KCl}) = 207.3 \cdot 74.5 = 15444 \text{ г} = 15.44 \text{ кг}.$$

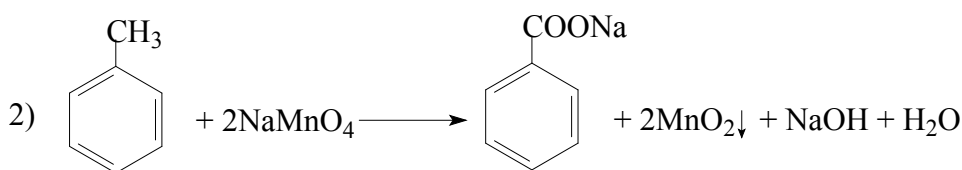
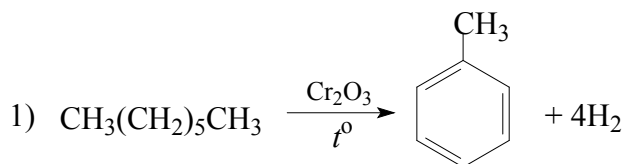
Ответ: 15.44 кг.

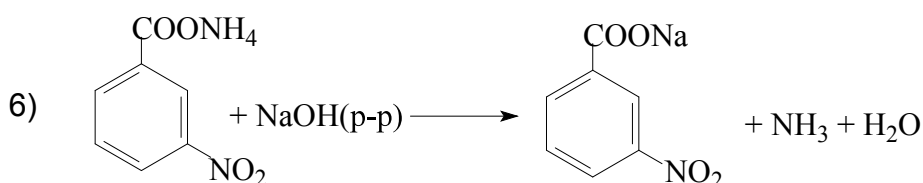
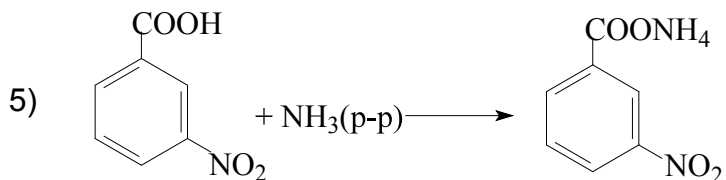
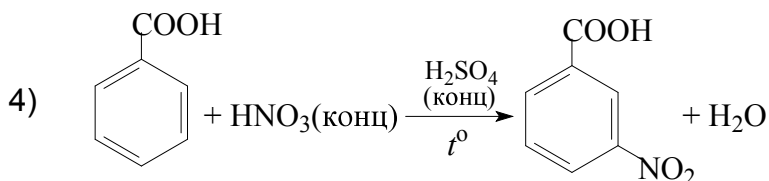
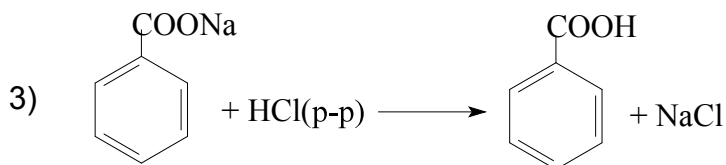
8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



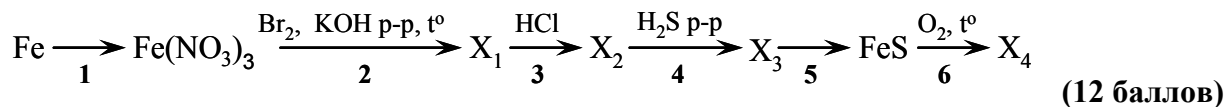
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение.





9. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X_i – вещества, содержащие железо):



Решение:

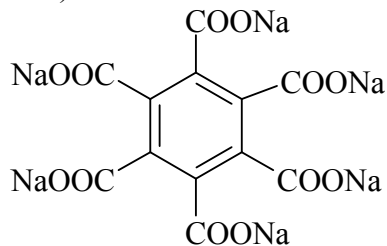
- 1) $\text{Fe} + 6\text{HNO}_3(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe(NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;
- 2) $2\text{Fe(NO}_3)_3 + 3\text{Br}_2 + 16\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KNO}_3 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$;
- 3) $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{KCl} + 4\text{H}_2\text{O}$;
- 4) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S(p-p)} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{S}\downarrow + 2\text{HCl}$;
- 5) $\text{FeCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S(p-p)} \rightarrow \text{FeS}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$;
- 6) $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2\uparrow$.

Ответ: X_1 – K_2FeO_4 ; X_2 – FeCl_3 ; X_3 – FeCl_2 ; X_4 – Fe_2O_3 .

10. Соединение X, состоящее только из углерода и кислорода, получают при кипячении графита с концентрированной азотной кислотой. Соединение X взаимодействует с горячим раствором гидроксида натрия с образованием соли Y. После полного испарения воды из этого раствора и прокаливания сухого остатка с дополнительным количеством твердого NaOH образуется бензол. Количество углерода в бензоле равно половине количества углерода в соединении X. Предложите графическую формулу соединения X, напишите уравнения упомянутых реакций. (14 баллов)

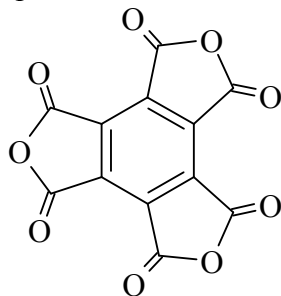
Решение. Соль Y образовалась при взаимодействии вещества X с горячим раствором гидроксида натрия. Значит, X – или кислота, или ангидрид кислоты, но, поскольку по условию в составе X нет водорода, это ангидрид. При нагревании соли со щелочью

происходит реакция декарбоксилирования, а декарбоксилировалась натриевая соль бензолгексакарбоновой (меллитовой) кислоты – Y:

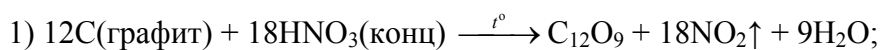


соль Y

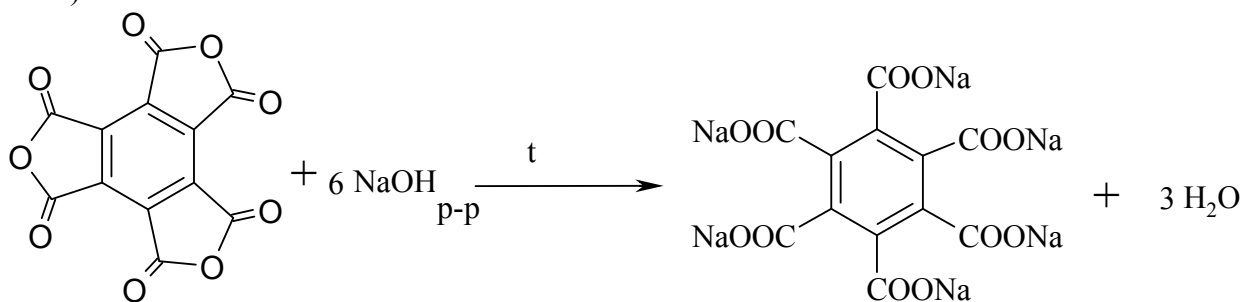
Соль Y образовалась из X – ангидрида меллитовой кислоты:



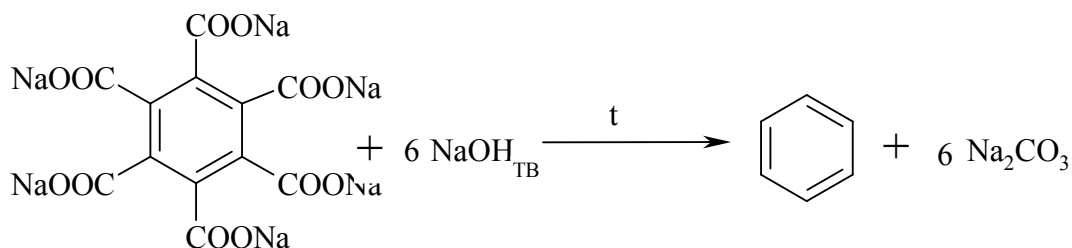
соединение X



2)



3)



2013/2014

ХИМИЯ ВАРИАНТЫ 10-11 КЛ ДЕКАБРЬ

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 5

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства хлороводорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$;

б) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

2. Молярный объем толуола равен $106.11 \text{ см}^3/\text{моль}$. Определите его плотность при данных условиях. (6 баллов)

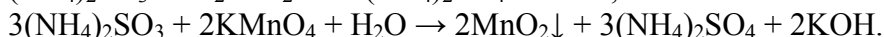
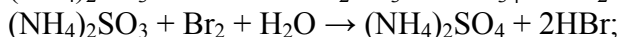
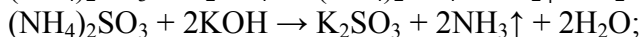
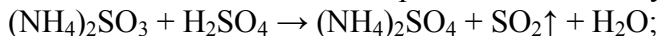
Решение. Толуол при рассматриваемых условиях – жидкость, судя по данному молярному объему. Его плотность

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m} = \frac{92}{106.11} = 0.8670 \text{ г/см}^3.$$

Ответ: 0.8670 г/см³.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: H₂SO₄, KOH, Br₂, KMnO₄? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из многих вариантов ответа – сульфит аммония (NH₄)₂SO₃:



Возможны и другие подходящие вещества: HI, (NH₄)₂S, Al₂S₃ и пр.

4. Для серы известны два соединения состава SX₂Y₂ и SX₂Y₂. В первом соединении массовая доля серы составляет 26.89%, а элемента X – 13.45%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении один атом серы, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

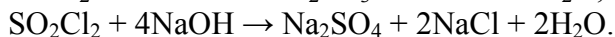
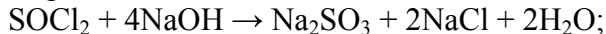
$$M = 32 / 0.2689 = 119 \text{ г/моль.}$$

Тогда масса X составляет

$$M(X) = 119 \cdot 0.1345 = 16 \text{ г/моль} - \text{это кислород.}$$

$$M(Y) = (119 - 32 - 16) / 2 = 35.5 \text{ г/моль} - \text{это хлор.}$$

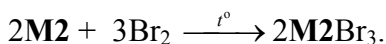
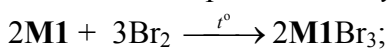
Неизвестные соединения – тионилхлорид SOCl₂ и сульфурилхлорид SO₂Cl₂. Их реакции с раствором щелочи:



Ответ: SOCl₂ и SO₂Cl₂.

5. В результате полного взаимодействия с парами брома при нагревании эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь бромидов (степень окисления каждого из металлов равна +3) с массой, превышающей массу исходной смеси в 4.934 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с бромом:



Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 240) + (y + 240);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию
$$\frac{x + y + 480}{x + y} = 4.934,$$

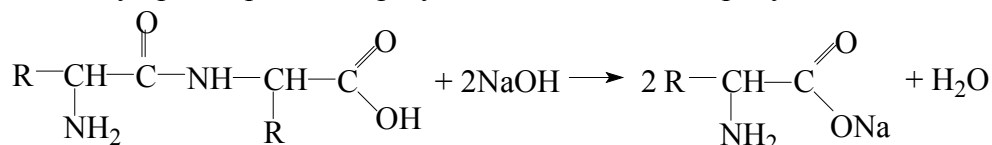
откуда $x + y = 122.$

Единственно возможная смесь: **M1** – хром ⁵²Cr, **M2** – галлий ⁷⁰Ga.

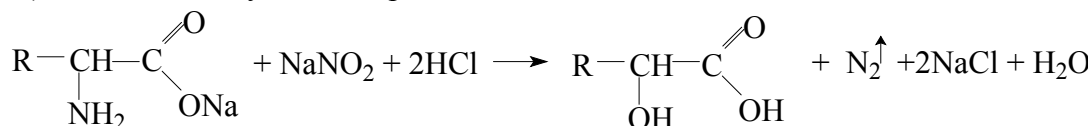
Ответ: Cr и Ga.

6. При щелочном гидролизе образца дипептида массой 12 г образовался единственный продукт, который обработали раствором, полученным при смешивании нитрита натрия и избытка соляной кислоты. При этом выделилось 3.74 л газа (измерено при 720 мм рт. ст. и 15°C). Определите строение дипептида и напишите уравнения всех реакций. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что дипептид состоит из одинаковых аминокислотных остатков, поскольку при гидролизе образуется единственный продукт:



Рассмотрим самый простой случай, когда в радикале аминокислоты не содержится аминогрупп. Тогда реакция с нитритом натрия и соляной кислотой (т. е. с азотистой кислотой) выглядит следующим образом:



Рассчитаем количество выделившегося газа – азота. Для этого сначала переведем давление из мм рт. ст. в кПа:

$$p = \frac{720 \cdot 101.3}{760} = 96 \text{ кПа};$$

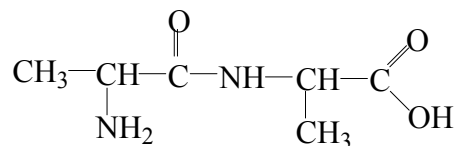
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{96 \cdot 3.76}{8.314 \cdot 288} = 0.15 \text{ моль};$$

$$v(\text{дипептида}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.075 \text{ моль};$$

$$M(\text{дипептида}) = \frac{12}{0.075} = 160 = 2R + 130.$$

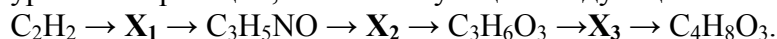
$$R = 15 \text{ г/моль},$$

следовательно, R – это CH₃, а дипептид – аланилаланин:



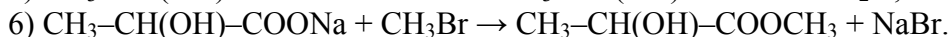
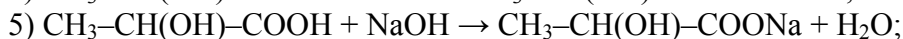
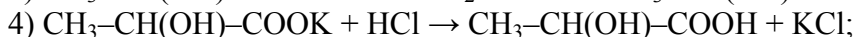
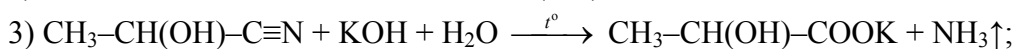
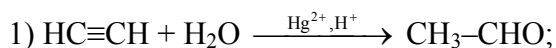
Ответ: аланилаланин.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



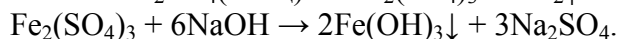
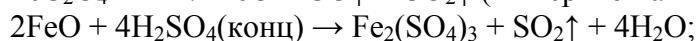
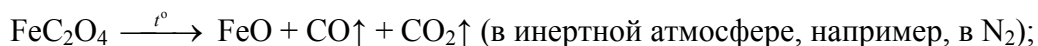
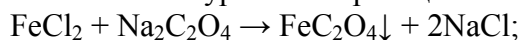
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. К 250 г 10%-ного раствора хлорида железа(II) добавили стехиометрическое количество оксалата натрия. Осадок отделили от раствора и нагрели в инертной атмосфере до постоянной массы. Полученное твердое вещество растворили в 80%-ном растворе серной кислоты, после чего к раствору добавили избыток щелочи. Рассчитайте массу выпавшего осадка и напишите уравнения всех перечисленных реакций. (12 баллов)

Решение. Запишем уравнения реакций:



$$m(\text{FeCl}_2) = 250 \cdot 0.1 = 25 \text{ г};$$

$$v(\text{FeCl}_2) = m / M = 25 / 127 = 0.197 \text{ моль};$$

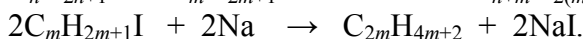
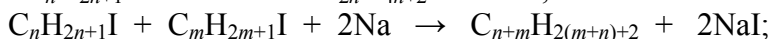
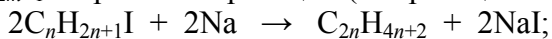
$$v(\text{Fe}(\text{OH})_3) = v(\text{FeCl}_2) = 0.197 \text{ моль};$$

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = M \cdot \nu = 107 \cdot 0.197 = 21.08 \text{ г.}$$

Ответ: 21.08 г Fe(OH)₃.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов получили 6.6 г смеси газообразных при н. у. веществ также в эквимольных количествах и 45 г иодида натрия. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это иодпроизводные, обозначим их C_nH_{2n+1}I и C_mH_{2m+1}I. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество иодида натрия:

$$\nu(\text{NaI}) = \frac{45}{150} = 0.3 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$\nu(\text{NaI}) = 2\nu(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$\nu(\text{алканов}) = 0.15 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.05 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

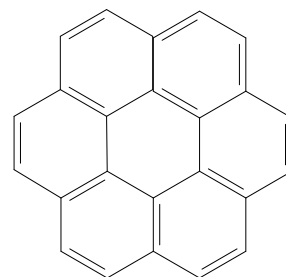
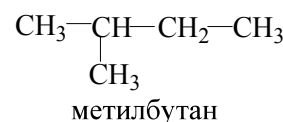
$$\begin{aligned} 6.6 / 0.05 &= 132 \text{ г/моль;} \\ (14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) &= 132; \\ 14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 &= 132; \\ 42(n + m) &= 126; \\ n + m &= 3. \end{aligned}$$

Это означает, что для реакции Вюрца были использованы иодметан CH₃I и иодэтан C₂H₅I.

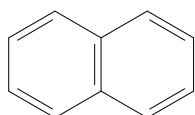
Ответ: CH₃I и C₂H₅I.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH, одна группа CH₂ и три группы CH₃. Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH₂ 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH₃. Тогда Q_{обр}(C₅H_{12(ж)}) = 9.2 + 25.5 + 3 · 48.5 = 180.2 кДж/моль.

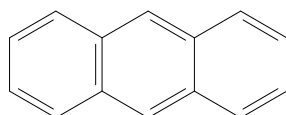
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину Q_{обр} для твердого коронена C₂₄H₁₂ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



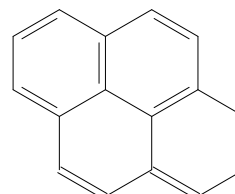
коронен



нафталин C₁₀H₈



антрацен C₁₄H₁₀



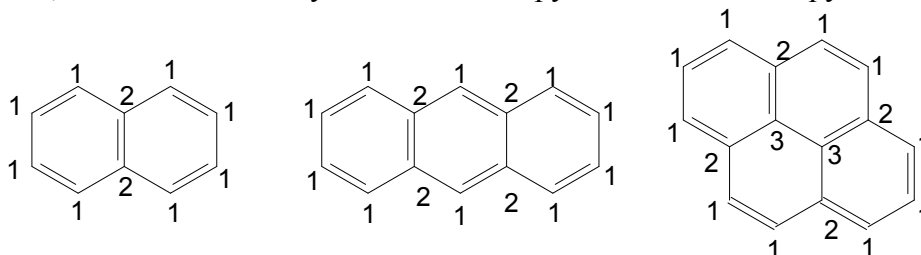
пирен C₁₆H₁₀

$$\begin{aligned} Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{тв})}) &= -78.0 \text{ кДж/моль, } Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -127.5 \text{ кДж/моль,} \\ Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{тв})}) &= -125.2 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

(14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода

(восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

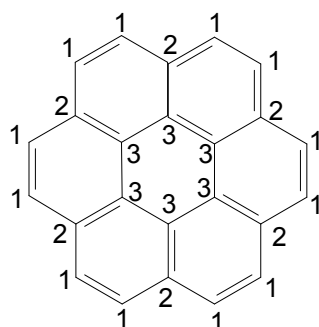


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



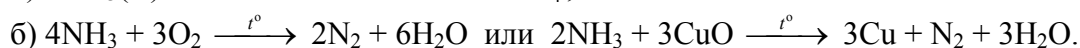
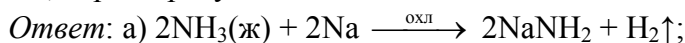
Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 6

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства аммиака. (6 баллов)



2. Плотность глицерина составляет 1.261 г/см^3 . Рассчитайте его молярный объем при данных условиях. (6 баллов)

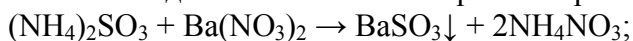
Решение. Глицерин в рассматриваемых условиях – жидкость, что следует из величины его плотности. Молярный объем связан с молярной массой и плотностью вещества:

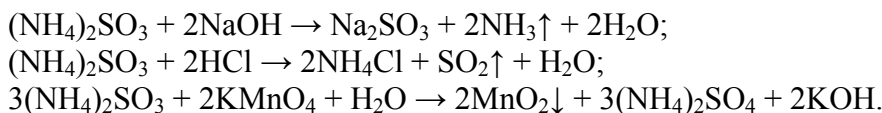
$$m = \rho V; \\ V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{92}{1.261} = 72.958 \text{ см}^3/\text{моль.}$$

Ответ: $72.958 \text{ см}^3/\text{моль}$

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NaOH , HCl , KMnO_4 ? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из возможных вариантов решения – сульфит аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$:





4. Для фосфора известны два соединения состава PX_3Y_4 и PX_3Y_3 . В первом соединении массовая доля фосфора составляет 31.63%, а элемента Y – 65.31%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении один атом фосфора, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

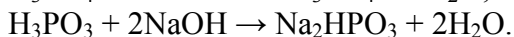
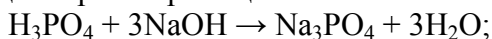
$$M = 31 / 0.3163 = 98 \text{ г/моль}.$$

Тогда масса Y составляет

$$M(\text{Y}) = 98 \cdot 0.6531 / 4 = 16 \text{ г/моль} - \text{это кислород}.$$

$$M(\text{X}) = (98 - 31 - 64) / 3 = 1 \text{ г/моль} - \text{это водород}.$$

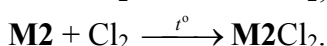
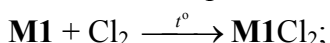
Неизвестные соединения – фосфорная H_3PO_4 и фосфористая H_3PO_3 кислоты. Их реакции с раствором щелочи:



Ответ: H_3PO_4 и H_3PO_3 .

5. В результате полного сжигания в атмосфере хлора эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь хлоридов (степень окисления каждого из металлов равна +2) с массой, превышающей массу исходной смеси в 1.807 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с хлором:



Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 71) + (y + 71);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию
$$\frac{x + y + 142}{x + y} = 1.807,$$

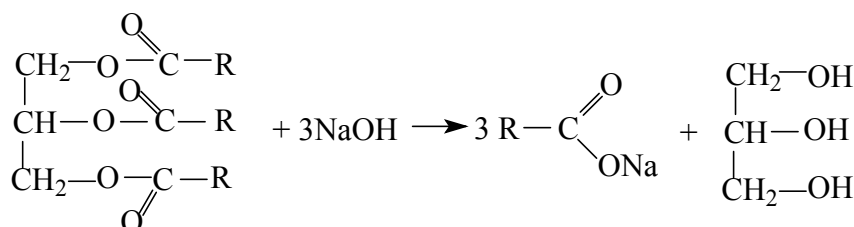
откуда $x + y = 176$.

Единственно возможная смесь: **M1** – медь ^{64}Cu , **M2** – кадмий ^{112}Cd .

Ответ: Cu и Cd.

6. Полное омыление 161.2 г жира привело к образованию единственной натриевой соли карбоновой кислоты массой 166.8 г. Приведите формулу жира и назовите соль. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что жир образован тремя одинаковыми остатками жирных кислот (радикал в молекуле кислоты обозначим R). Реакция омыления жира:



Обозначим $M(\text{R}) = x$ (г/моль), тогда $M(\text{соли}) = x + 67$.

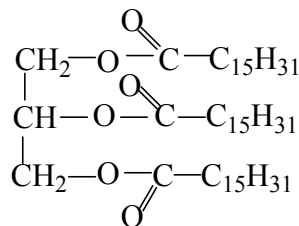
Количества соли и жира по условию:

$$v(\text{соли}) = \frac{166.8}{x + 67}; \quad v(\text{жира}) = \frac{161.2}{3x + 173}.$$

По уравнению реакции $v(\text{соли}) = 3v(\text{жира})$, отсюда

$$\frac{166.8}{x + 67} = 3 \cdot \frac{161.2}{3x + 173};$$

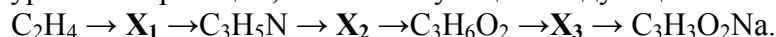
решив это уравнение, получим $x = 211$ г/моль. Тогда R – это $C_{15}H_{31}$. Жир построен из трех остатков пальмитиновой кислоты:



Образовавшаяся при гидролизе жира соль – пальмитат натрия $C_{15}H_{31}-COONa$.

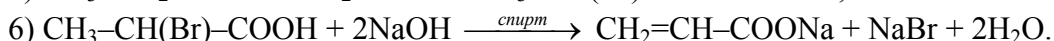
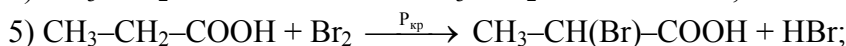
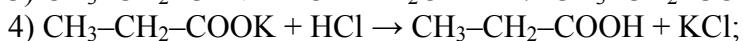
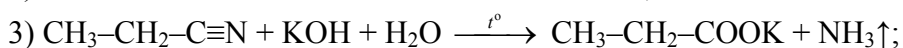
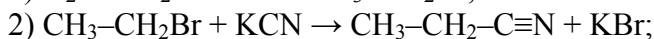
Ответ: В молекуле жира три остатка пальмитиновой кислоты; пальмитат натрия.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. Металл А реагирует с кислородом, образуя два различных соединения В и С. Оба вещества взаимодействуют с водой с образованием одного и того же соединения D. Массовая доля металла в соединении D составляет 80.12%. Определите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций. (12 баллов)

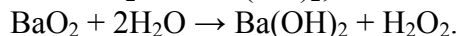
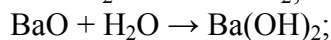
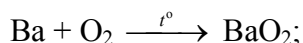
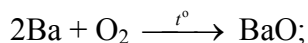
Решение. Из условия задачи очевидно, что А – активный металл (щелочной или щелочноземельный), дающий с кислородом оксид и пероксид, или пероксид и надпероксид. В любом случае, эти соединения при взаимодействии с водой образуют гидроксид (соединение D). Предположим, что А – одновалентный металл, тогда его гидроксид – АОН. По условию,

$$\omega(A) = \frac{M}{M + 17} = 0.8012,$$

тогда молярная масса металла $M = 68.5$ г/моль. Такого одновалентного металла нет. Предположим, что А – двухвалентный, тогда его гидроксид $A(OH)_2$, и

$$\frac{M}{M + 34} = 0.8012,$$

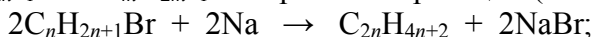
тогда молярная масса металла составляет 137 г/моль. Это – барий. Уравнения реакций:

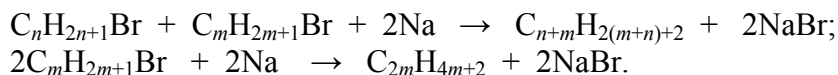


Ответ: Ba, BaO, BaO₂, Ba(OH)₂.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов получили 17.4 г смеси веществ также в эквимольных количествах и 61.8 г бромида натрия. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это бромпроизводные, обозначим их $C_nH_{2n+1}Br$ и $C_mH_{2m+1}Br$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):





Рассчитаем количество бромида натрия:

$$v(\text{NaBr}) = \frac{61.8}{103} = 0.6 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$v(\text{NaBr}) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.3 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.1 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$17.4 / 0.1 = 174 \text{ г/моль;}$$

$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 174;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 174;$$

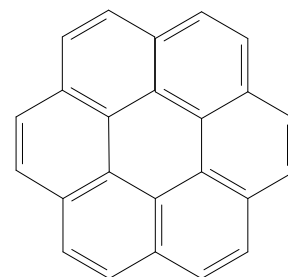
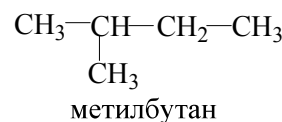
$$42(n + m) = 168;$$

$$n + m = 4.$$

Это означает, что для реакции Вюрца были использованы бромметан CH_3Br и бромпропан $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$.

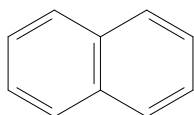
Ответ: CH_3Br и $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

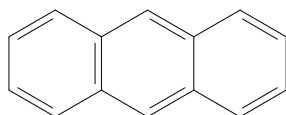


коронен

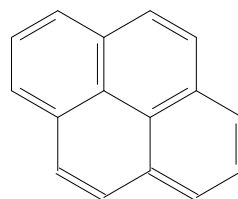
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронена $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$



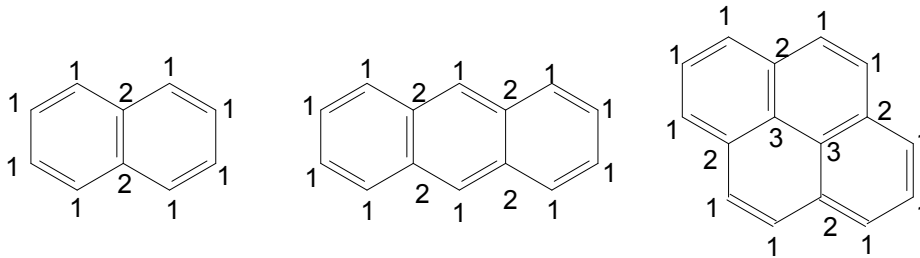
пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{тв})}) = -78.0 \text{ кДж/моль, } Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -127.5 \text{ кДж/моль,}$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -125.2 \text{ кДж/моль.}$$

(14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

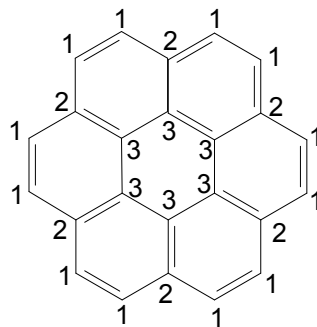


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 7

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства сероводорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{Mg} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{MgS} + \text{H}_2$;

б) $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2(\text{изб.}) \xrightarrow{t^\circ} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

2. Молярный объем многоатомного спирта равен $55.71 \text{ см}^3/\text{моль}$, а плотность 1.113 г/см^3 . Установите строение неизвестного спирта. (6 баллов)

Решение. Поскольку $m = \rho V$, можно рассчитать молярную массу спирта:

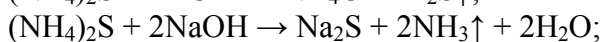
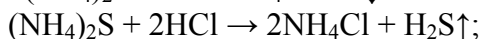
$$M = \rho \cdot V_m = 1.113 \cdot 55.71 = 62 \text{ г/моль.}$$

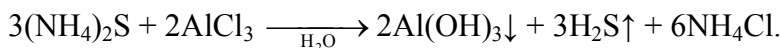
Возможная формула спирта $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, при этом минимальное значение z составляет 2. Тогда спирт – $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (этиленгликоль).

Ответ: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: KMnO_4 , HCl , NaOH , AlCl_3 ? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из возможных вариантов решения – $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.





4. Кислород входит в состав двух соединений: $\text{O}_3\text{X}_2\text{Y}_2$ и $\text{O}_3\text{X}_2\text{Y}$. В первом соединении массовая доля кислорода составляет 42.11%, а элемента **Y** – 56.14%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении три атома кислорода, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

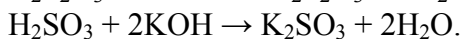
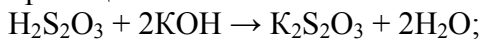
$$M = 16 \cdot 3 / 0.4211 = 114 \text{ г/моль}.$$

Тогда масса **Y** составляет

$$M(\text{Y}) = 114 \cdot 0.5614 / 2 = 32 \text{ г/моль} - \text{это сера}.$$

$$M(\text{X}) = (114 - 48 - 64) / 2 = 1 \text{ г/моль} - \text{это водород}.$$

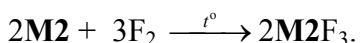
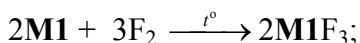
Неизвестные соединения – тиосерная $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и сернистая H_2SO_3 кислоты. Их реакции с раствором щелочи:



Ответ: $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и H_2SO_3 .

5. В результате полного сжигания в атмосфере фтора эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь фторидов (степень окисления каждого из металлов равна +3) с массой, превышающей массу исходной смеси в 1.905 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x . Второй металл – **M2** с молярной массой y . Тогда реакции металлов с фтором:



Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 57) + (y + 57);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию

$$\frac{x + y + 114}{x + y} = 1.905,$$

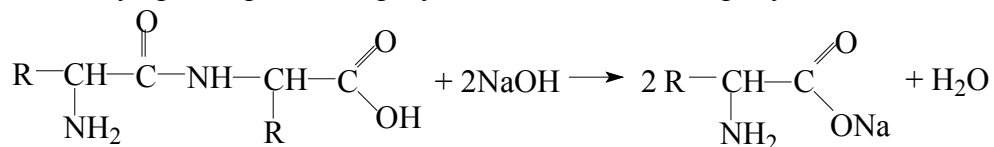
откуда $x + y = 126$.

Единственно возможная смесь: **M1** – железо ^{56}Fe , **M2** – галлий ^{70}Ga .

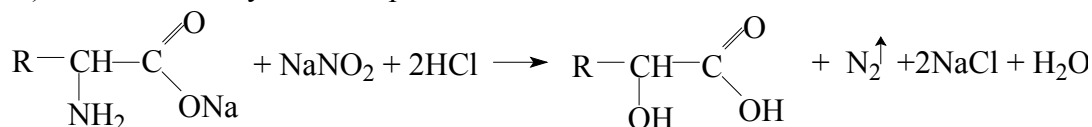
Ответ: Fe и Ga.

6. При щелочном гидролизе образца дипептида массой 4.68 г образовался единственный продукт, который обработали раствором, полученным при смешивании нитрита натрия и избытка соляной кислоты. При этом выделилось 733 мл газа (измерено при 745 мм рт. ст. и 19°C). Определите строение дипептида и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что дипептид состоит из одинаковых аминокислотных остатков, поскольку при гидролизе образуется единственный продукт:



Рассмотрим самый простой случай, когда в радикале аминокислоты не содержится аминогрупп. Тогда реакция с нитритом натрия и соляной кислотой (т. е. с азотистой кислотой) выглядит следующим образом:



Рассчитаем количество выделившегося газа – азота. Для этого сначала переведем давление из мм рт. ст. в кПа:

$$p = \frac{745 \cdot 101.3}{760} = 99.3 \text{ кПа};$$

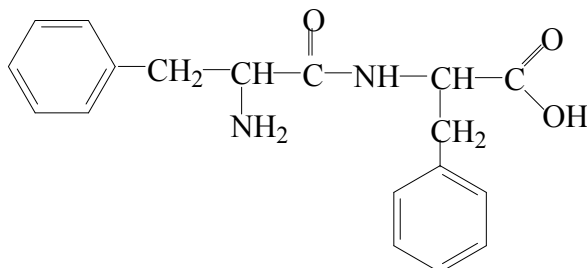
$$v(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.3 \cdot 0.733}{8.314 \cdot 292} = 0.03 \text{ моль};$$

$$v(\text{дипептида}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.015 \text{ моль};$$

$$M(\text{дипептида}) = \frac{4.68}{0.015} = 312 = 2R + 130.$$

$$R = 91 \text{ г/моль},$$

следовательно, R – это $\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$, а дипептид – фенилаланил-фенилаланин:



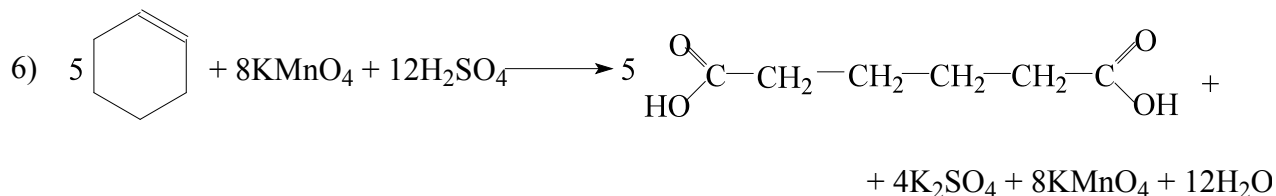
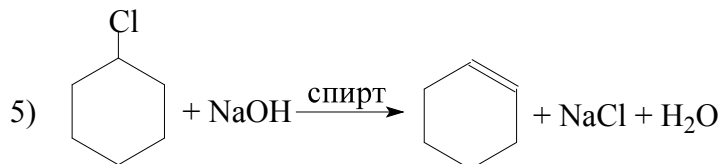
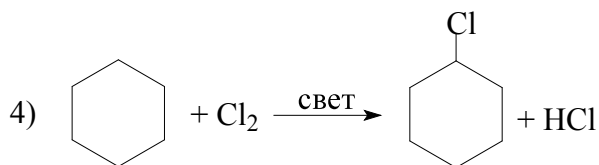
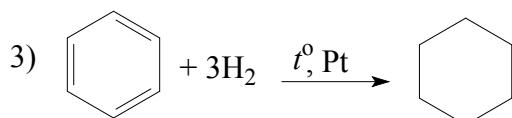
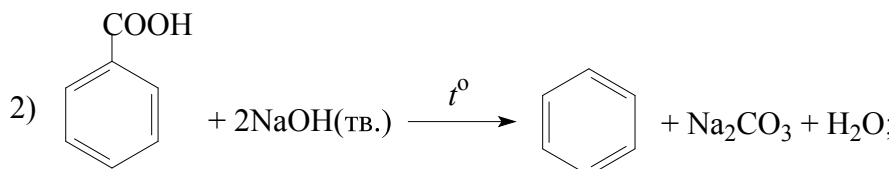
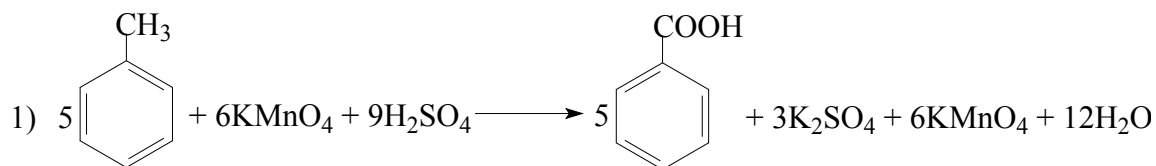
Ответ: фенилаланил-фенилаланин.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



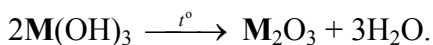
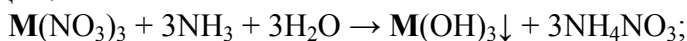
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. Кристаллогидрат соли неизвестного металла состава $M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ растворили в воде, а затем из раствора количественно осадили гидроксид, который выделили и прокалили до образования оксида. Определите, какой металл входил в состав кристаллогидрата, если известно, что из 1.0 г исходного вещества образуется 0.159 г оксида. (12 баллов)

Решение. Обозначим молярную массу неизвестного металла через x . Произошедшие реакции:



Количество оксида равно

$$v(M_2O_3) = \frac{0.159}{2x + 48};$$

количество кристаллогидрата

$$v(M(NO_3)_3 \cdot 6H_2O) = 2v(M_2O_3) = \frac{1}{x + 62 \cdot 3 + 6 \cdot 18} = \frac{1}{x + 294};$$

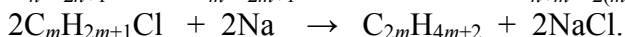
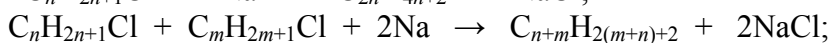
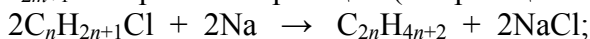
$$\frac{2 \cdot 0.159}{2x + 48} = \frac{1}{x + 294};$$

откуда $x = 27$ (г/моль). Металл – алюминий Al.

Ответ: алюминий.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов было получено 35.1 г хлорида натрия и 25.8 г смеси жидких при н. у. веществ также в эквимольных количествах. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это хлорпроизводные, обозначим их $C_nH_{2n+1}Cl$ и $C_mH_{2m+1}Cl$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество хлорида натрия:

$$v(NaCl) = \frac{35.1}{58.5} = 0.6 \text{ моль.}$$

По уравнениям реакций

$$v(NaCl) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.3 \text{ моль,}$$

и каждого из алканов образовалось 0.1 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$25.8 / 0.1 = 258 \text{ г/моль;}$$

$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 258;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 258;$$

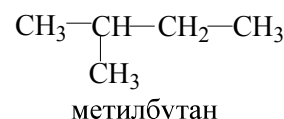
$$42(n + m) = 252;$$

$$n + m = 6.$$

Если мы выберем значения $n = 2$ и $m = 4$, это не будет соответствовать условию задачи (продукты реакции Вюрца должны быть жидкими при н.у., а бутан ($C_{2n}H_{4n+2}$) становится жидким ниже $0^\circ C$). Это означает, что $n = m = 3$, и для реакции Вюрца были использованы 1-хлорпропан C_3H_7Cl и 2-хлорпропан $CH_3-CHCl-CH_3$.

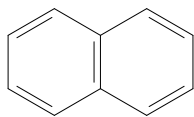
Ответ: 1-хлорпропан и 2-хлорпропан.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из

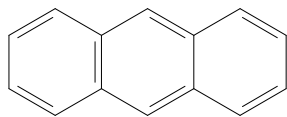


групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

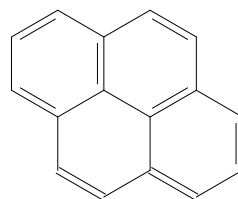
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронена $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



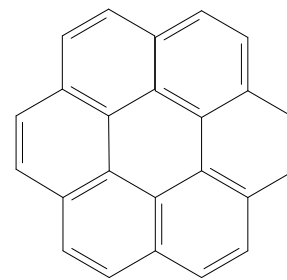
нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$



пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

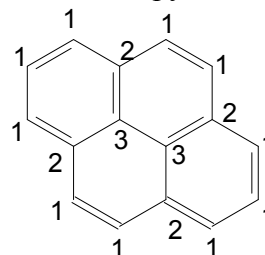
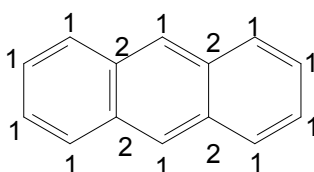
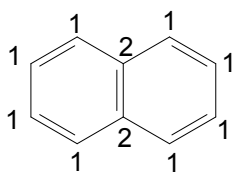


коронен

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{тв})}) = -78.0$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -127.5$ кДж/моль,

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{тв})}) = -125.2$ кДж/моль. (14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

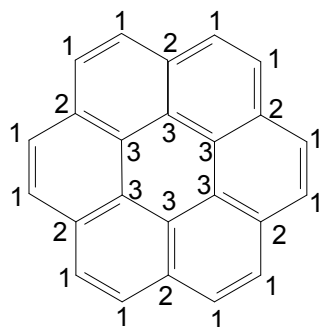


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронена. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



Вычислим теплоту образования коронена на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{тв})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: -170.1 кДж/моль.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА 8

1. Напишите уравнение а) реакции, характеризующей окислительные свойства, б) реакции, характеризующей восстановительные свойства пероксида водорода. (6 баллов)

Ответ: а) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;

б) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$.

2. Рассчитайте плотность этана при температуре 293 К и давлении 100 кПа. (6 баллов)

Решение. Этан – газ, воспользуемся формулой Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \frac{m}{M}RT;$$

откуда

$$p = \frac{\rho RT}{M} \text{ и } \rho = \frac{pM}{RT} = \frac{100 \cdot 30}{8.314 \cdot 293} = 1.232 \text{ г/л.}$$

Ответ: 1.232 г/л.

3. Какое вещество может реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных веществ: KOH, AgNO₃, HI, KMnO₄? Напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Один из вариантов ответа – (NH₄)₂S:

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$;

$(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{HI} \rightarrow 2\text{NH}_4\text{I} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$;

$3(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 3\text{S}\downarrow + 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH} + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

4. Азот входит в состав двух соединений: N₂X₂Y₄ и N₂X₃Y₄. В первом соединении массовая доля азота равна 43.75%, а элемента X – 50.0%. Установите неизвестные соединения и запишите уравнения их реакций с раствором щелочи. (8 баллов)

Решение. Поскольку в первом соединении два атома азота, можно рассчитать молярную массу этого вещества:

$$M = 14 \cdot 2 / 0.4375 = 64 \text{ г/моль.}$$

Тогда масса X составляет

$M(\text{X}) = 64 \cdot 0.50 / 2 = 16 \text{ г/моль}$ – это кислород.

$M(\text{Y}) = (64 - 28 - 32) / 4 = 1 \text{ г/моль}$ – это водород.

Неизвестные соединения – нитрит аммония NH₄NO₂ и нитрат аммония NH₄NO₃. Их реакции с раствором щелочи:

$\text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

Ответ: NH₄NO₂ и NH₄NO₃.

5. В результате полного взаимодействия с парами иода при нагревании эквимольной смеси двух металлов образовалась смесь иодидов (степень окисления каждого из металлов равна +2) с массой, превышающей массу исходной смеси в 6.708 раза. Определите неизвестные металлы. (10 баллов)

Решение. Обозначим первый металл **M1**, а его молярную массу (г/моль) – x. Второй металл – **M2** с молярной массой y. Тогда реакции металлов с иодом:

$\text{M1} + \text{I}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{M1I}_2$;

$\text{M2} + \text{I}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{M2I}_2$.

Поскольку смесь металлов эквимольная, можно записать:

$$m(\text{солей}) = (x + 254) + (y + 254);$$

$$m(\text{металлов}) = x + y.$$

По условию

$$\frac{x + y + 508}{x + y} = 6.708,$$

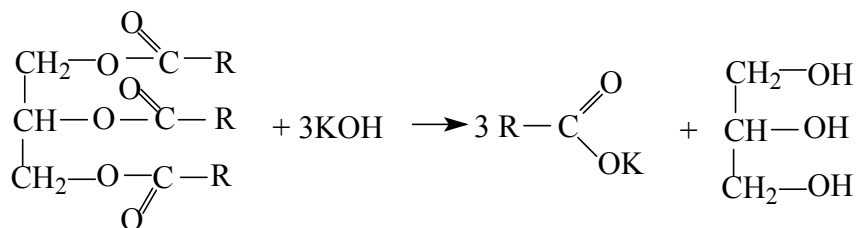
откуда $x + y = 89$.

Единственно возможная смесь: **M1** – магний ²⁴Mg, **M2** – цинк ⁶⁵Zn.

Ответ: Mg и Zn.

6. Полное омыление 88.4 г жира привело к образованию единственной калиевой соли карбоновой кислоты и 9.2 г глицерина. Приведите формулу жира и назовите соль. (12 баллов)

Решение. Из условия понятно, что жир образован тремя одинаковыми остатками жирных кислот (радикал в молекуле кислоты обозначим R). Реакция омыления жира:



Обозначим $M(\text{R}) = x$ (г/моль), тогда $M(\text{жира}) = 3x + 173$.

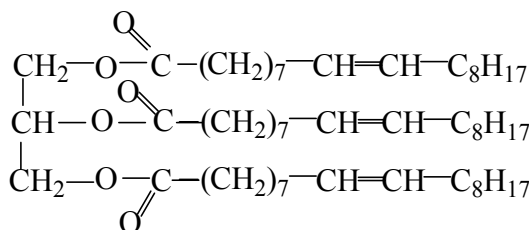
Количества глицерина и жира по условию:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \frac{9.2}{92} = 0.1 \text{ моль}; \quad \nu(\text{жира}) = \frac{88.4}{3x + 173}$$

По уравнению реакции $\nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \nu(\text{жира})$, отсюда

$$\frac{88.4}{3x + 173} = 0.1;$$

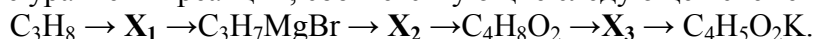
решив это уравнение, получим $x = 237$ г/моль. Тогда R – это $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$. Жир построен из трех остатков олеиновой кислоты:



Образовавшаяся при гидролизе жира соль – олеат калия $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{—COOK}$.

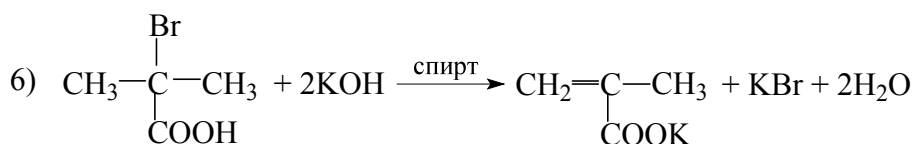
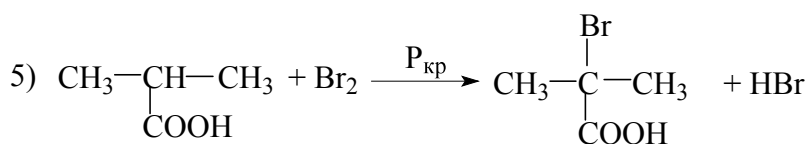
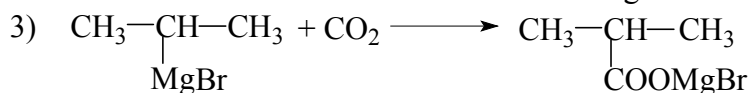
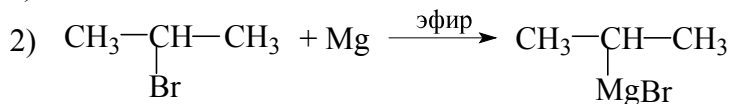
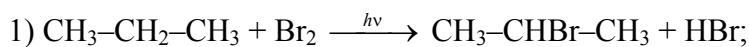
Ответ: В молекуле жира три остатка олеиновой кислоты; олеат калия.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



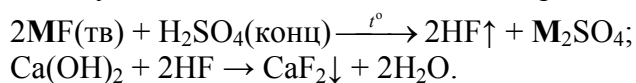
Укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций. (12 баллов)

Решение:



8. При действии концентрированной серной кислоты на 18.2 г твердого фторида щелочного металла выделился газ, при пропускании которого через известковую воду образовалось 27.3 г осадка. Определите неизвестный металл, запишите уравнения реакций. (12 баллов)

Решение. Пусть неизвестный металл – **M**. Уравнения реакций:



Осадок – это фторид кальция, его количество

$$v(\text{CaF}_2) = m / M = 27.3 / 78 = 0.35 \text{ моль},$$

$$v(\text{MF}) = 2v(\text{CaF}_2) = 0.35 \cdot 2 = 0.7 \text{ моль},$$

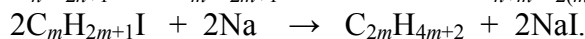
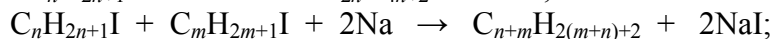
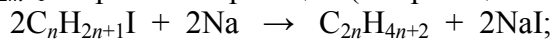
$$M(\text{MF}) = 18.2 / 0.7 = 26 \text{ г/моль}.$$

Неизвестный металл – литий: $M(\text{M}) = 26 - 19 = 8 \text{ г/моль}$.

Ответ: LiF.

9. При действии избытка металлического натрия на эквимольную смесь двух галогеналканов было получено 30 г иодида натрия и 7.2 г смеси веществ также в эквимольных количествах. Каждое из этих веществ образует только одно монохлорпроизводное. Какие галогеналканы были использованы в реакции? (12 баллов)

Решение. Очевидно, что галогеналканы – это иодпроизводные, обозначим их $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{I}$ и $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{I}$. Уравнения реакций (это реакции Вюрца):



Рассчитаем количество иодида натрия:

$$v(\text{NaI}) = \frac{30}{150} = 0.2 \text{ моль}.$$

По уравнениям реакций

$$v(\text{NaI}) = 2v(\text{алканов}),$$

причем все три алкана образовались в равных количествах. Тогда

$$v(\text{алканов}) = 0.1 \text{ моль},$$

и каждого из алканов образовалось 0.033 моль. Получаем, что сумма молярных масс трех алканов составляет

$$7.2 / 0.033 = 216 \text{ г/моль};$$

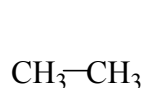
$$(14 \cdot 2n + 2) + (14(n + m) + 2) + (14 \cdot 2m + 2) = 216;$$

$$14 \cdot 3n + 14 \cdot 3m + 6 = 210;$$

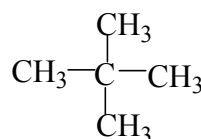
$$42(n + m) = 126;$$

$$n + m = 5.$$

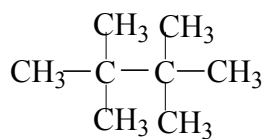
Это означает, что для реакции Вюрца были использованы иодметан CH_3I и 2-иод-2-метилпропан $\text{C}_4\text{H}_9\text{I}$. Действительно, в этом случае в результате реакций Вюрца образуются следующие соединения:



этан



2,2-диметилпропан

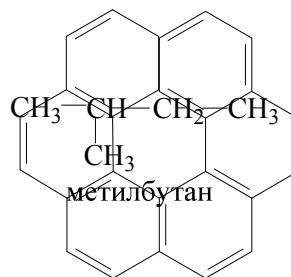


2,2,3,3-тетраметилбутан

Каждое из этих веществ при хлорировании образует только одно монохлорпроизводное.

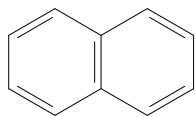
Ответ: иодметан и 2-иод-2-метилпропан.

10. Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно достаточно точно оценивать при помощи метода групповых вкладов. В качестве примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой присутствуют три вида групп: одна

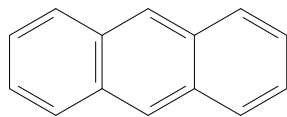


группа CH , одна группа CH_2 и три группы CH_3 . Вклады каждой из групп в величины теплот образования алканов известны: для CH это 9.2 кДж/моль, для CH_2 25.5 кДж/моль и 48.5 кДж/моль для группы CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12(\text{ж})}) = 9.2 + 25.5 + 3 \cdot 48.5 = 180.2$ кДж/моль.

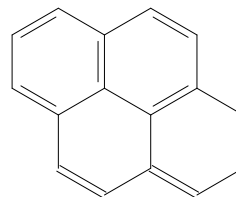
Пользуясь методом групповых вкладов, оцените величину $Q_{\text{обр}}$ для твердого коронана $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ на основе данных по теплотам образования следующих полиароматических соединений:



нафталин C_{10}H_8



антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$

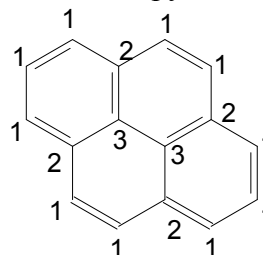
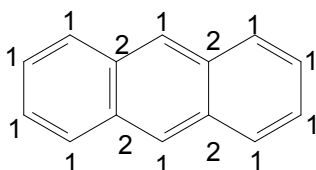
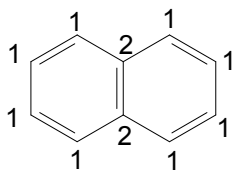


пирен $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{10}\text{H}_{8(\text{ТВ})}) = -78.0$ кДж/моль, $Q_{\text{обр}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -127.5$ кДж/моль,

$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10(\text{ТВ})}) = -125.2$ кДж/моль. (14 баллов)

Решение. В молекуле нафталина имеются группы двух типов: группа 1, содержащая углерод ароматического шестичленного кольца и присоединенный к нему атом водорода (восемь подобных групп), и группа 2, включающая ароматический атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода из групп 1 и из такой же группы 2 (две подобные группы). В молекуле антрацена имеются десять групп 1 и четыре группы 2. Молекула пирена, кроме десяти групп 1 и четырех групп 2, включает еще две группы 3, состоящие из атомов углерода, соединенных с двумя атомами С групп 2 и атомом С группы 3:

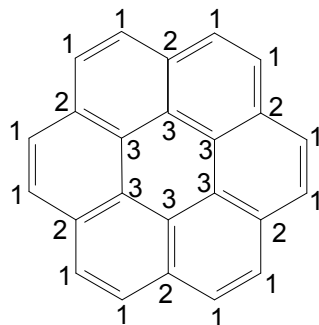


Определим вклады этих групп в величины теплот образования полиароматических углеводородов. Для этого составим и решим систему из трех уравнений с тремя неизвестными: x – вклад группы 1, y – вклад группы 2 и z – вклад группы 3:

$$\begin{cases} 8x + 2y = -78.0; \\ 10x + 4y = -127.5; \\ 10x + 4y + 2z = -125.2. \end{cases}$$

Решение системы: $x = -4.75$ кДж/моль, $y = -20.0$ кДж/моль, $z = 1.15$ кДж/моль.

Теперь определим, какие группы присутствуют в молекуле коронана. Это двенадцать групп 1, шесть групп 2 и шесть групп 3:



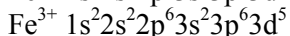
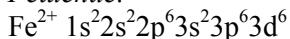
Вычислим теплоту образования коронана на основе рассчитанных групповых вкладов:

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{ТВ})}) = 12 \cdot (-4.75) + 6 \cdot (-20.0) + 6 \cdot 1.15 = -170.1 \text{ кДж/моль.}$$

2013/2014
РЕШЕНИЯ ХИМИЯ 10-11 классы ЯНВАРЬ
Вариант 9

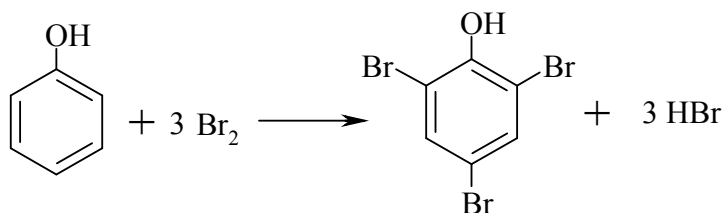
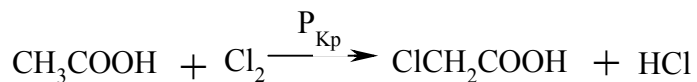
1. Напишите электронную конфигурацию для ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . (4 балла)

Решение:



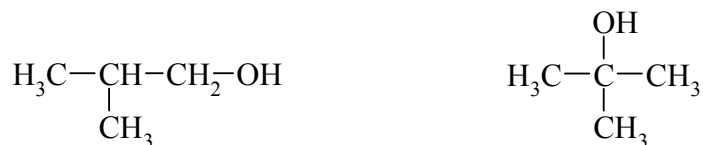
2. Напишите уравнение реакции, в результате которой из слабой кислоты образуются две более сильные кислоты. (4 балла)

Решение:

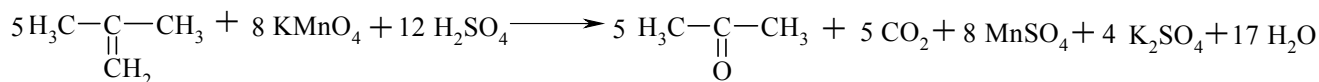


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает только один органический продукт – ацетон. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли хлора равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли хлора равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) LiCl и SiCl_4 ; MgCl_2 и TiCl_4 ; SO_2Cl_2 и CuCl_2 ; FeCl_2 и CaOCl_2 .

б) $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ и $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$, $\text{C}_n\text{H}_n\text{Cl}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.60 г, содержащий 93.33% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углеводе. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.30 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

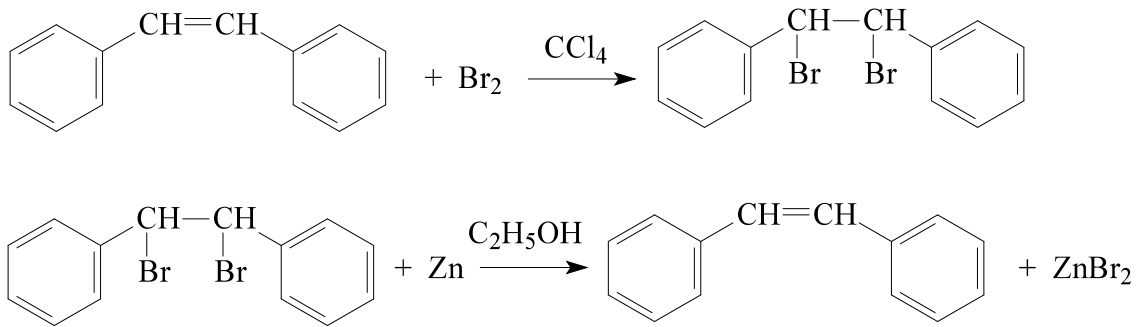
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-16}$.

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,02$ моль

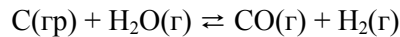
3. $M(\text{алкена}) = 180$ г/моль.

4. Алкен – дифенилэтилен $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$ (симметричный или несимметричный).

5. Уравнения:



6. Водяной пар пропускают над раскалённым углём при температуре 1000 К. Константа равновесия реакции



при 1000 К равна $K = 2.52$ бар. Считая, что при этих условиях протекает только указанная реакция, рассчитайте равновесные давления H_2O , CO и H_2 при общем давлении 1 бар. (12 баллов)

Решение:

Пусть равновесное давление CO и H_2 равно x бар. Поскольку по условию общее давление равно 1 бар, то равновесное давление H_2O равно $(1 - 2x)$ бар.

Константа равновесия равна

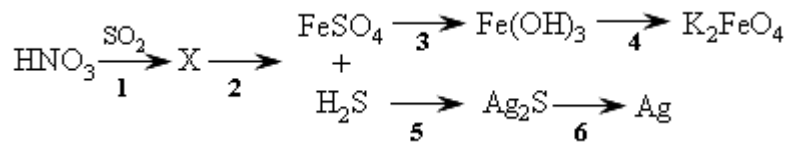
$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{x \cdot x}{1 - 2x} = 2.52,$$

откуда $x = 0.458$.

Следовательно, равновесные давления CO и H_2 равны 0.458 бар, а равновесное давление H_2O равно 0.084 бар.

Ответ: $p(\text{H}_2\text{O}) = 0.084$ бар, $p(\text{CO}) = 0.458$ бар, $p(\text{H}_2) = 0.458$ бар.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее серу):

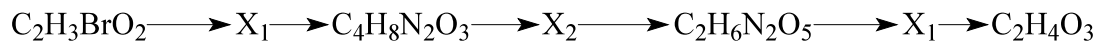


(12 баллов)

Решение:

- $2\text{HNO}_3(\text{разб}) + 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}$ или $(2\text{HNO}_3(\text{конц}) + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2)$
- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) + \text{FeS} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$
- $2\text{FeSO}_4 + 4\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{KOH} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- $3\text{H}_2\text{S} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (или $\text{H}_2\text{S} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} \downarrow + 2\text{HNO}_3$)
- $\text{Ag}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Ag} + \text{SO}_2$
X = H_2SO_4

8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:

1. $\text{BrCH}_2\text{COOH} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Br}$
2. $2\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{H}_2\text{NCH}_2\text{C(O)NHCH}_2\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{C(O)NHCH}_2\text{COOH} + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Cl}^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH}$
4. $\text{Cl}^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{AgNO}_3 \longrightarrow \text{NO}_3^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{AgCl}$
5. $\text{NO}_3^-\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} + \text{NaNO}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{HOCH}_2\text{COOH} + \text{N}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

9. При взаимодействии простых веществ А и В, находящихся в одной группе периодической системы, образуется газ С. Пропускание этого газа через избыток раствора NaOH приводит к образованию раствора соли D, обесцвечивающего раствор KMnO_4 , подкисленный серной кислотой. При кипячении раствора соли D с веществом В получается раствор соли E, которую можно выделить из раствора в виде пентагидрата. Полученные кристаллы (4.96 г) полностью обесцвечивают раствор бромной воды, содержащий 12.8 г брома (подтвердите расчетом). Определите вещества А-Е. Напишите все реакции, укажите условия их проведения. (12 баллов)

Решение: Очевидно, что А – это O_2 , В – S.

1. $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SO}_2$, газ С – SO_2
 2. $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH}_{(\text{изб})} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, соль D – Na_2SO_3
 3. $2\text{KMnO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 4. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \xrightarrow{t^\circ_{\text{кип.}}} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, соль E – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
 5. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
(или $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaHSO}_4 + 8\text{HBr}$
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Br}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaBr} + 6\text{HBr}$)
- Проверим, правильно ли определили соль E.
 $\nu(\text{Br}_2) = 12.8/160 = 0.08$ моль, следовательно $\nu(\text{E} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0.02$ моль.
 $M(\text{E} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 4.96/0.02 = 248$ г/моль, $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248$ г/моль.
 Следовательно соль E – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_zO_v) = m(\text{смеси конечн}) -$

$$m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(\text{M}) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(\text{M}_2\text{O}_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(\text{M}) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(\text{O}) = m(\text{M}_2\text{O}_v) - m(\text{M}) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(\text{O}) = m(\text{O})/M(\text{O}) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(\text{M}) : n(\text{O}) = m(\text{M})/M(\text{M}) : 0.3 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$\text{M}_2\text{O} \quad 2 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$\text{MO} \quad 1 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$\text{M}_2\text{O}_3 \quad 2/3 = 11.2/M(\text{M}) : 0.3 \quad \rightarrow \quad \text{M} = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо } \text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Итак, $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только Cu_2S 0.1 моль.

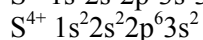
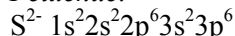
В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S

Вариант 10

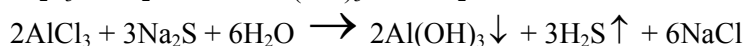
1. Напишите электронную конфигурацию для ионов S^{2-} и S^{4+} . (4 балла)

Решение:



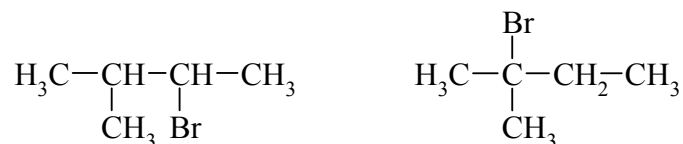
2. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуются кислота и основание. (4 балла)

Решение:

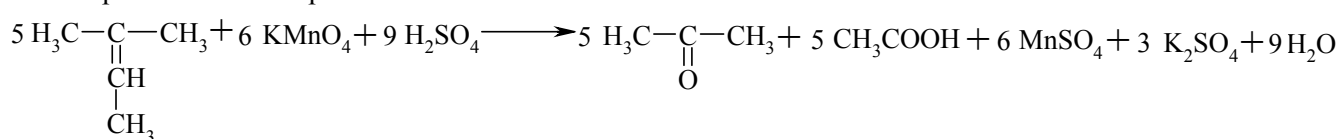


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных бромалканов, при дегидробромировании которых образуется один и тот же алкен. Присоединением бромоводорода к алкену могут быть получены оба бромалкана. Окисление алкена перманганатом калия в кислой среде дает уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли углерода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли углерода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) NaHCO_3 и MgCO_3 ; KHCO_3 и CaCO_3 .

б) C_nH_{2n} ; C_2H_2 и C_6H_6 ; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ и т.д., а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.96 г, содержащий 90.91% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.95 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

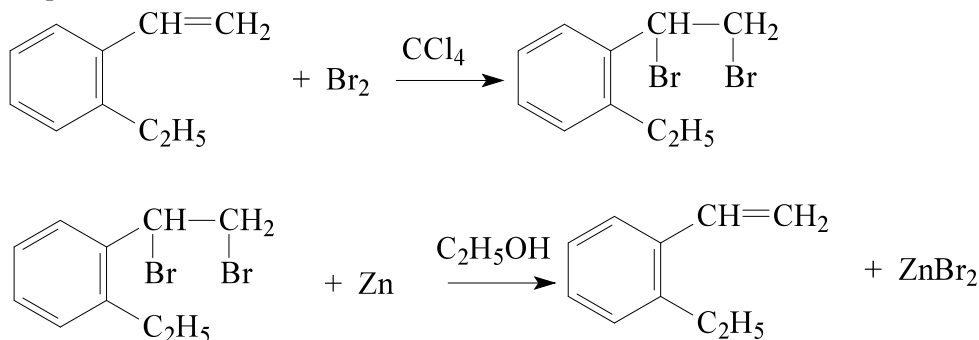
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-8}$.

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,03$ моль

3. $M(\text{алкена}) = 132$ г/моль.

4. Алкен – *o*-этилфенилэтилен C_9H_{10} или другие изомеры.

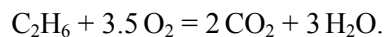
5. Уравнения:



6. Какой минимальный объем этана (измеренный при 25 °С и 1 атм) необходимо сжечь, чтобы нагреть 1 л воды от 25 °С до кипения? Теплоты образования диоксида углерода, воды и этана равны 393.5 кДж/моль, 285.8 кДж/моль и 84.68 кДж/моль соответственно. Теплоемкость воды примите равной 4.184 Дж/К·г. (12 баллов)

Решение

Уравнение сгорания этана:



Тепловой эффект реакции сгорания:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{р-ции}} &= 2Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 3Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_6) = \\
 &= 2 \cdot 393.5 + 3 \cdot 285.8 - 84.68 = 1559.72 \text{ кДж/моль.}
 \end{aligned}$$

Теплота, необходимая для нагревания 1000 г воды от 25 °С до 100 °С:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T = 1000 \text{ г} \cdot 4.184 \text{ Дж/К} \cdot \text{г} \cdot 75 \text{ К} = 313800 \text{ Дж} = 313.8 \text{ кДж}.$$

Количество моль этана:

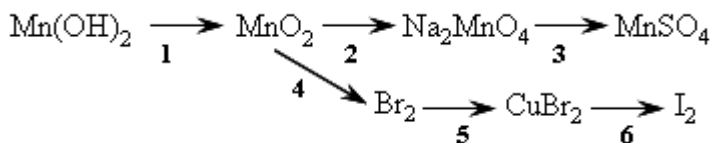
$$n = Q / Q_{\text{р-ции}} = 313.8 / 1559.72 = 0.201 \text{ моль}.$$

Объем этана:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{0.201 \cdot 8.314 \cdot 298}{101.3} = 4.92 \text{ л}.$$

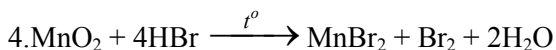
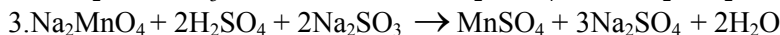
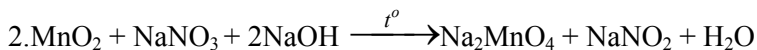
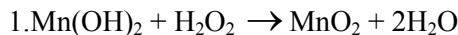
Ответ: 4.92 л.

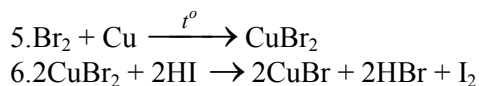
7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения



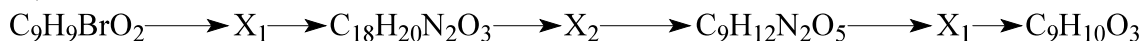
(12 баллов)

Решение:



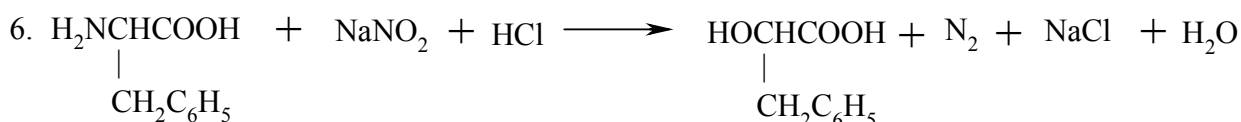
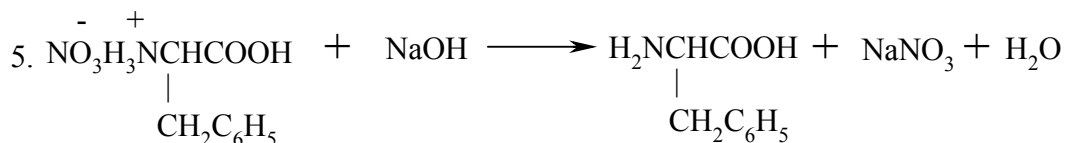
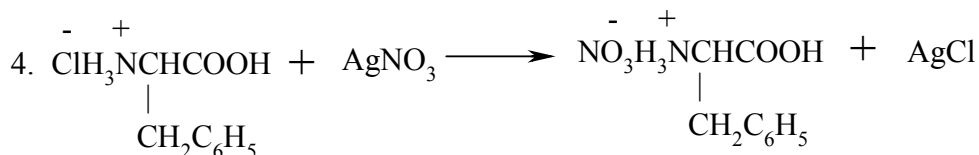
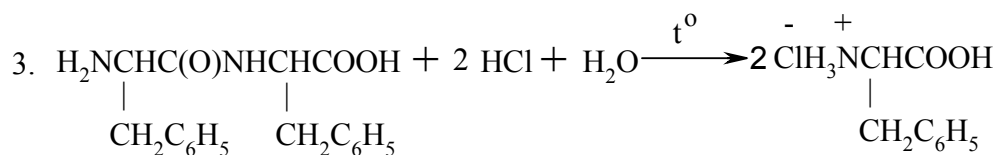
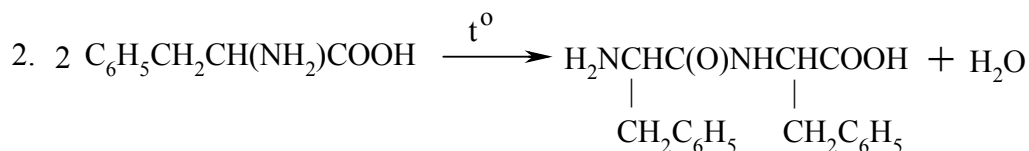
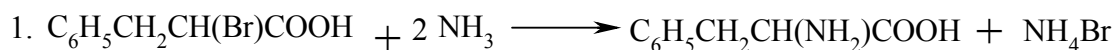


8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



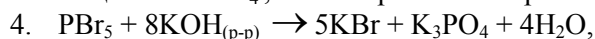
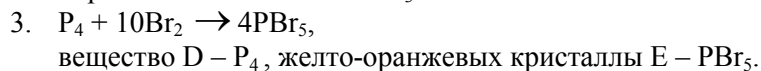
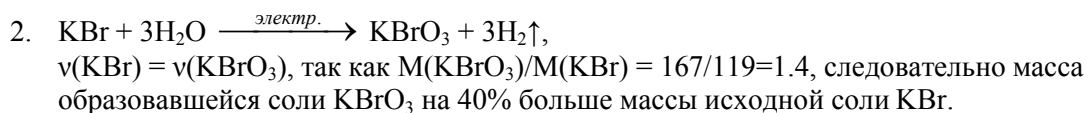
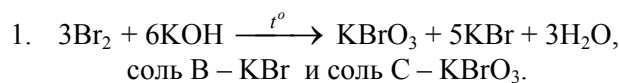
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



9. При взаимодействии простого вещества А с горячим раствором КОН образуются соли В и С, причем соль С выпадает при охлаждении в виде осадка. Соль С можно получить также электролизом водного раствора соли В без диафрагм, при этом масса получившейся соли С больше массы соли В на 40% (подтвердите расчетом). Взаимодействие избытка простого вещества А с белым мягким веществом D приводит образованию желто-оранжевых кристаллов E, которые реагируют с раствором КОН с образованием солей В и F. При сгорании вещества D в большом количестве кислорода образуется оксид G, взаимодействие которого с раствором КОН также приводит к образованию соли F. Определите вещества А – G. Напишите все реакции, укажите условия их проведения. (12 баллов)

Решение: Очевидно, что А – это Br₂.



- соль В – KBr и соль F – KPO₄.
5. $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$ (P₂O₅),
оксид G – P₄O₁₀.
6. $P_2O_5 + 6KOH \rightarrow 2K_3PO_4 + 3H_2O$,
соль F – K₃PO₄.
- Ответ: А – Br₂, В – KBr, С – KBrO₃, D – P₄, E – PBr₅, F – K₃PO₄, G – P₄O₁₀.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M₂O, MO, M₂O₃, MO₂. Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_zO_v) = m(\text{смеси конечн}) - m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_zO_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_zO_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M₂O, MO, M₂O₃, MO₂. Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо Fe}_2\text{O}_3.$$

$$\text{Итак, } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

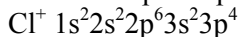
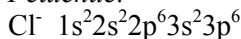
количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS₂: $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только Cu₂S 0.1 моль.

В исходной смеси было 0.2 моль FeS₂ и 0.1 моль Cu₂S.

Ответ: 0.2 моль FeS₂ и 0.1 моль Cu₂S.

1. Напишите электронную конфигурацию для ионов Cl^- и Cl^+ . (4 балла)

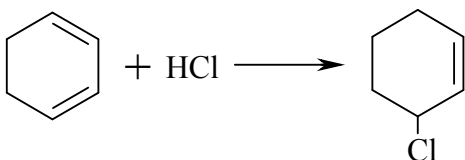
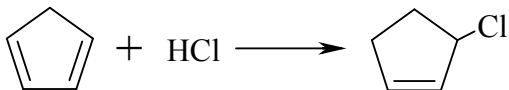
Решение:



2. Предложите структурную формулу сопряженного диена, который дает один и тот же продукт как при 1,2-, так и при 1,4-присоединении хлороводорода. Напишите уравнения реакций. (4 балла)

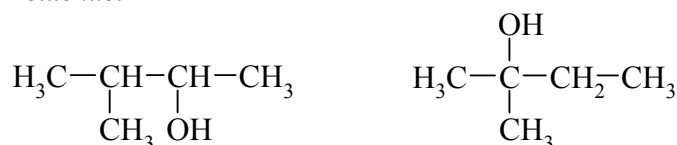
Решение:

Возможные варианты:

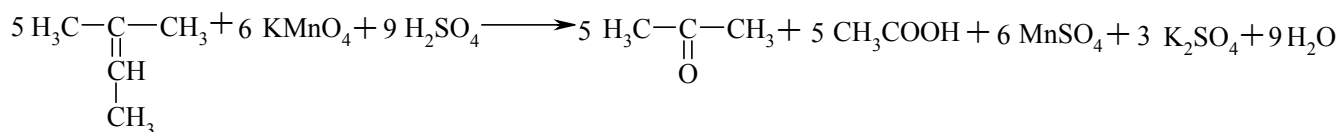


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает ацетон и уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли водорода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли водорода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) H_2S и H_2O_2 ; LiH , N_2H_4 , SiH_4

б) C_nH_{2n} ; C_2H_2 и C_6H_6 ; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 3.12 г, содержащий 92.31% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 1.95 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

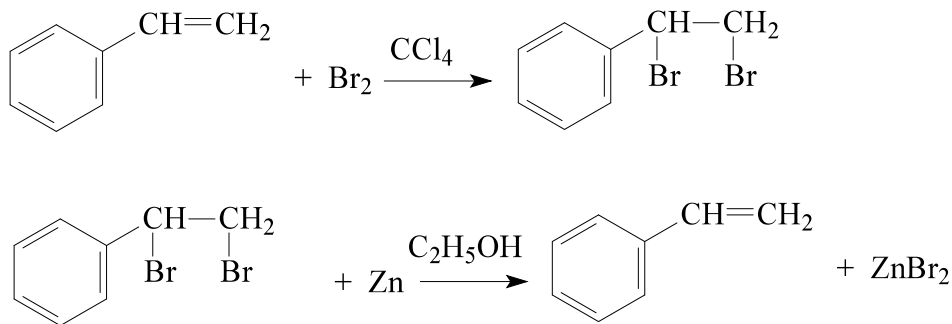
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула C_nH_n .

2. $\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{дибромида}) = \nu(\text{алкена}) = 0,03$ моль

3. $M(\text{алкена}) = 104$ г/моль.

4. Алкен – фенилэтилен C_8H_8

5. Уравнения:



6. При взаимодействии 31 г белого фосфора с хлором образовалась смесь хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) и выделилось 353 кДж теплоты. Рассчитайте состав образовавшейся смеси в мольных процентах, если теплоты образования хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) равны соответственно 287 кДж/моль и 375 кДж/моль. (12 баллов)

Решение:

Количество фосфора равно 1 моль.

Пусть количество PCl_3 равно x моль, тогда количество PCl_5 равно $(1 - x)$ моль.

Количество выделившейся теплоты равно

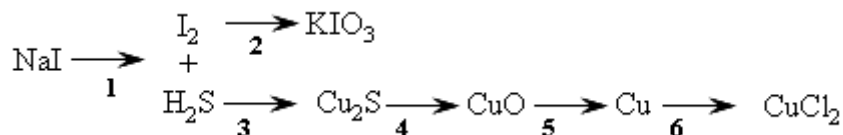
$$287x + 375(1 - x) = 353,$$

откуда $x = 0.25$ моль.

Следовательно, $\omega(\text{PCl}_3) = 25\%$, $\omega(\text{PCl}_5) = 75\%$.

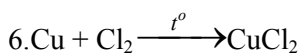
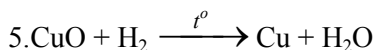
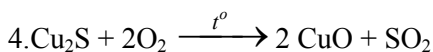
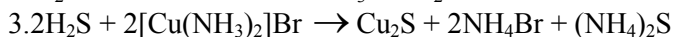
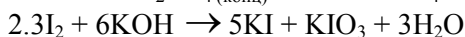
Ответ: $\omega(\text{PCl}_3) = 25\%$, $\omega(\text{PCl}_5) = 75\%$.

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения

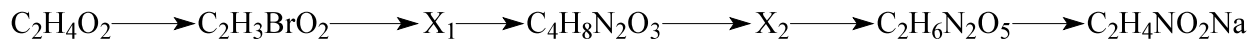


(12 баллов)

Решение:

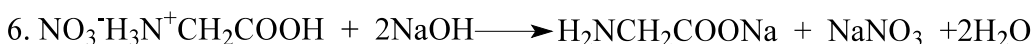
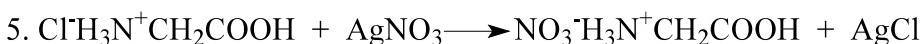
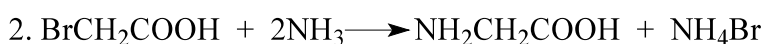
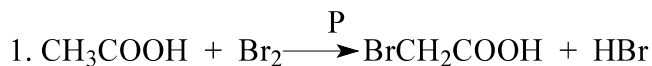


8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

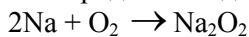
Решение:



9. Металлический натрий был полностью сожжен в кислороде, при этом масса образовавшегося вещества оказалась на 69.5% больше массы взятого натрия. При осторожном растворении 1.56 г образовавшегося продукта в подкисленном серной кислотой растворе иодида калия образовался раствор буро-коричневого цвета. Какой объем раствора тиосульфата натрия с концентрацией 0.5 моль/л потребуются для полного обесцвечивания этого раствора? (12 баллов)

Решение:

При сжигании Na в кислороде в зависимости от условий могут образовываться разные кислородные соединения натрия. Вероятно, образовался Na_2O_2 , подтвердим это расчетом.



Пусть прореагировал 1 моль Na, тогда Na_2O_2 образовалось 0.5 моль.

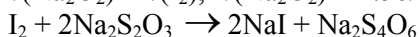
Обозначим молекулярную массу образовавшегося соединения x.

Тогда $1.695 \cdot M(\text{Na}) = 0.5x$

$2 \cdot 1.695 \cdot M(\text{Na}) = x$, $x = 78 \text{ г/моль} = M(\text{Na}_2\text{O}_2)$, следовательно, предположение верно, образовался Na_2O_2 .



$\nu(\text{Na}_2\text{O}_2) = \nu(\text{I}_2)$, $\nu(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1.56/78 = 0.02$ моль, $\nu(\text{I}_2) = 0.02$ моль.



$\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2\nu(\text{I}_2) = 0.04$ моль. $V(\text{р-ра}) = \nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/c = 0.04/0.5 = 0.08 \text{ л} = 80 \text{ мл}$.

Ответ: $V(\text{р-ра}) = 80 \text{ мл}$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

$$\text{Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. } m(M_2O_v) = m(\text{смеси конечн}) - m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_2O_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_2O_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо } \text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Итак, $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1$ моль

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$n(\text{Fe}) = 0.2$ моль

$n(\text{Cu}) = 0.2$ моль

$n(\text{S}) = 0.5$ моль

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2$ моль. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1$ моль, $n(\text{Cu}) = 0.2$ моль – это может быть только Cu_2S 0.1 моль.

В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Вариант 12

1. Напишите электронную конфигурацию для ионов S^{2-} и S^{6+} . (4 балла)

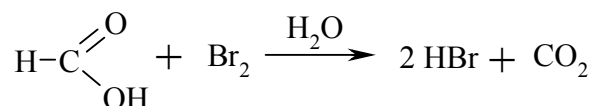
Решение:

$\text{S}^{2-} 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

$\text{S}^{6+} 1s^2 2s^2 2p^6$

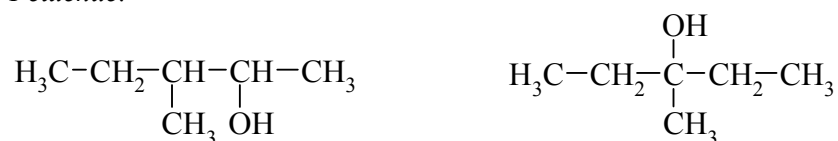
2. Изобразите структурную формулу простейшей карбоновой кислоты, которая реагирует с бромной водой. Напишите уравнение реакции. (4 балла)

Решение:

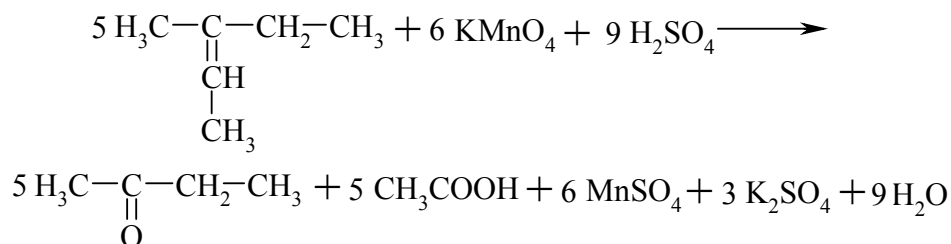


3. Изобразите структурные формулы двух изомерных спиртов, при дегидратации которых образуется один и тот же алкен, окисление которого перманганатом калия в кислой среде дает бутанон и уксусную кислоту. (8 баллов)

Решение:



При окислении перманганатом калия:



4. Приведите пример: а) двух неорганических соединений, в которых массовые доли кислорода равны между собой; б) двух органических соединений, в которых массовые доли кислорода равны между собой. (8 баллов)

Решение:

Возможные варианты:

а) Li_2O , NO , SiO_2 ; MgO и TiO_2 ; CaCO_3 и KHCO_3 .

б) CH_2O и $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$; $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$, а также любая пара органических изомеров.

5. Неизвестный углеводород А, массой 4.72 г, содержащий 91.52% углерода по массе, обработали раствором брома в четырёххлористом углероде. Спиртовой раствор образовавшегося соединения В был обработан цинком при нагревании, при этом было израсходовано 2.60 г цинка. Определите возможное строение соединений А и В и напишите уравнения протекающих реакций. (12 баллов)

Решение:

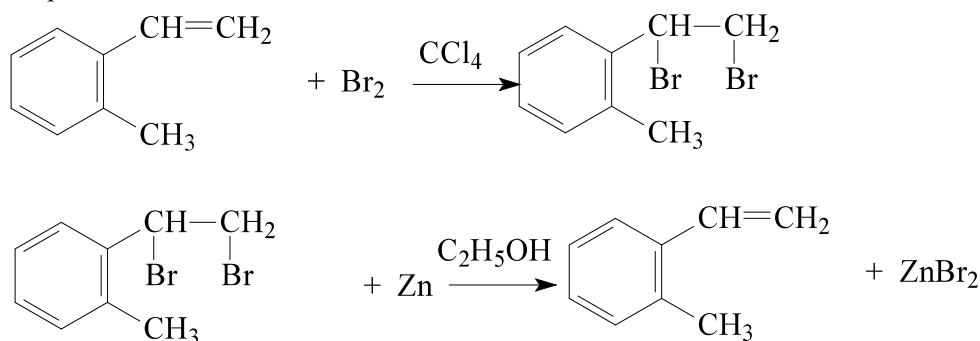
1. Углеводород А содержит $\text{C}=\text{C}$ связь, простейшая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-8}$.

2. $v(\text{Zn}) = v(\text{дибромида}) = v(\text{алкена}) = 0.04$ моль

3. $M(\text{алкена})=118 \text{ г/моль}$.

4. Алкен – *o*-метилфенилэтилен C_9H_{10} или другие изомеры.

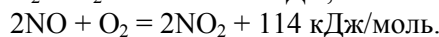
5. Уравнения:



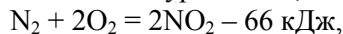
6. При полном окислении одного моля газообразного азота до NO поглотилось 180 кДж теплоты, а при полном окислении двух молей NO до NO_2 выделилось 114 кДж. Рассчитайте теплоту образования NO_2 (в кДж/моль). (12 баллов)

Решение:

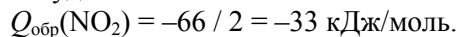
Уравнения реакций:



Сложив эти уравнения, получаем:

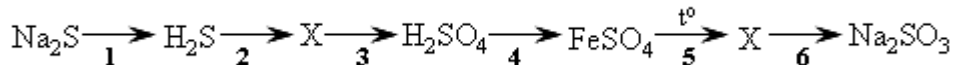


откуда



Ответ: -33 кДж/моль .

7. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (X – вещество, содержащее серу):



(12 баллов)

Решение:

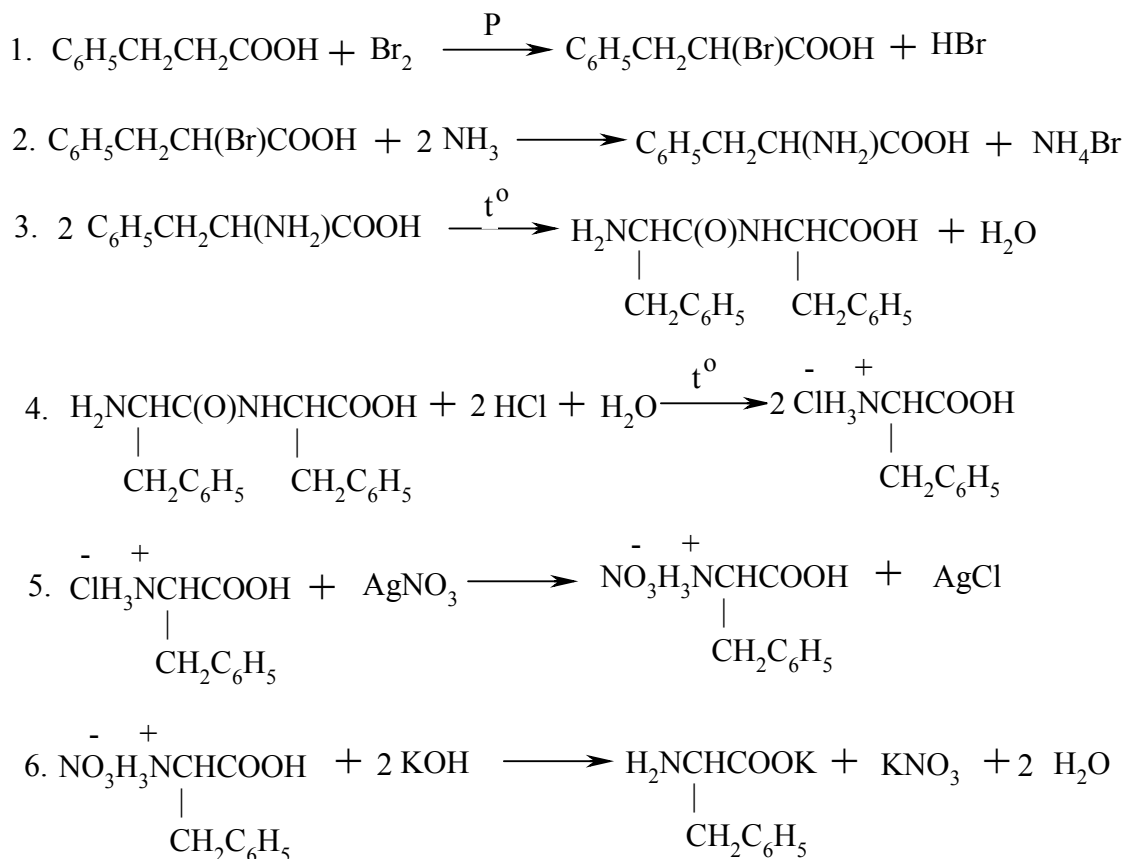
- $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HI} \rightarrow 2\text{NaI} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
- $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2\uparrow$
- $5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) + \text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
- $4\text{FeSO}_4 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2\uparrow + \text{O}_2$
- $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{X} = \text{SO}_2$

8. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений



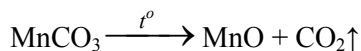
Приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение:



9. Смесь дигидрата оксалата марганца (II) и карбоната марганца (II) массой 40.9 г прокалили в инертной атмосфере. При этом образовался твердый серо-зеленый остаток А и газообразные продукты разложения. Образовавшиеся газы пропустили сначала через раствор гидроксида кальция, а затем через аммиачный раствор оксида серебра. Из первого раствора выпал белый осадок В, а из второго – черный осадок С массой 21.6 г. Определите состав осадка С, а также состав и массу веществ А и В. Рассчитайте массовые доли солей в исходной смеси. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. (12 баллов)

Решение:



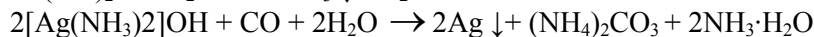
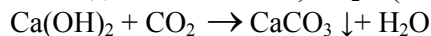
Осадок А – MnO.

Обозначим количества вещества $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ через x , MnCO_3 – y .

Масса смеси:

$$179x + 115y = 40.9 \text{ г}$$

CO выделилось x моль, CO_2 – $(x+y)$ моль.



Осадок В – CaCO_3 , С – Ag.

$$v(\text{Ag}) = 2 v(\text{CO}) = 2x = 21.6/108 = 0.2 \text{ моль, следовательно } x = 0.1 \text{ моль}$$

$$m(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0.1 \cdot 179 = 17.9 \text{ г}$$

$$m(\text{MnCO}_3) = 40.9 - 17.9 = 23 \text{ г}$$

$$v(\text{MnCO}_3) = y = 23/115 = 0.2 \text{ моль}$$

$$v(\text{CaCO}_3) = x + y = 0.1 + 0.2 = 0.3 \text{ моль, } m(\text{CaCO}_3) = 0.3 \cdot 100 = 30 \text{ г}$$

$$v(\text{MnO}) = x + y = 0.3 \text{ моль, } m(\text{MnO}) = 0.3 \cdot 71 = 21.3 \text{ г}$$

$$\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 17.9/40.9 = 0.438 = 43.8\%$$

$$\omega(\text{MnCO}_3) = 23/40.9 = 0.562 = 56.2\%$$

Ответ: $m(\text{CaCO}_3) = 30 \text{ г}$, $m(\text{MnO}) = 21.3 \text{ г}$, $\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 43.8\%$, $\omega(\text{MnCO}_3) = 56.2\%$.

10. Смесь сульфидов двух металлов, массой 40 г, подвергли окислительному обжигу в атмосфере кислорода. В результате выделился газ объемом 17 л (измерен при 0.9 атм и температуре 100°C) и образовался твердый остаток массой 32 г. Массовая доля одного из металлов в его

соединении с кислородом равна 0.8. Массовая доля этого же металла в конечной твердой смеси равна 0.4. Определите состав исходной смеси. (16 баллов)

Решение.

Определим один из металлов. Известна массовая доля металла 1 в оксиде – 0.8, значит, массовая доля кислорода равна $1 - 0.8 = 0.2$.

$$M_xO_y \quad x:y = w(M)/M(M) : w(O)/M(O) = 0.8/M : 0.2/16 = 0.8/M : 0.0125$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 32 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 0.8/M : 0.0125 \quad \Rightarrow \quad M = 64 \text{ г/моль} - \text{это медь, CuO.}$$

Зная, что это за металл, мы можем определить количество этого оксида.

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси конечн}) \cdot w(\text{Cu}) = 32 \cdot 0.4 = 12.8 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 12.8/64 = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0.2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

Можем найти массу второго оксида, полученного при обжиге. $m(M_zO_v) = m(\text{смеси конечн}) -$

$$m(\text{CuO}) = 32 - 16 = 16 \text{ г}$$

Рассчитаем количество диоксида серы: $pV = nRT$

$$(0.9 \cdot 101.3) \cdot 17 = n(\text{SO}_2) \cdot 8.314 \cdot (100 + 273)$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{S в исходной смеси}) = n(\text{SO}_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0.5 \cdot 32 = 16 \text{ г}$$

Знаем массу, которая приходится на атомы серы, а также массу атомов меди – можно найти массу второго металла: $m(M) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{S}) - m(\text{Cu}) = 40 - 16 - 12.8 = 11.2 \text{ г}$

Знаем массу оксида $m(M_zO_v) = 16 \text{ г}$ и массу металла $m(M) = 11.2 \text{ г}$, значит можем найти массу кислорода в этом оксиде: $m(O) = m(M_zO_v) - m(M) = 16 - 11.2 = 4.8 \text{ г}$.

$$n(O) = m(O)/M(O) = 4.8/16 = 0.3 \text{ моль}$$

$$z : v = n(M) : n(O) = m(M)/M(M) : 0.3 = 11.2/M(M) : 0.3$$

В зависимости от металла, возможно проявление разных степеней окисления в оксидах. Начнем с рассмотрения следующих вариантов:

M_2O , MO , M_2O_3 , MO_2 . Возможны и другие варианты. Путем перебора получаем:

$$M_2O \quad 2 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 18.7 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$MO \quad 1 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 37.3 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет}$$

$$M_2O_3 \quad 2/3 = 11.2/M(M) : 0.3 \quad \rightarrow \quad M = 56 \text{ г/моль} - \text{это железо Fe}_2\text{O}_3.$$

$$\text{Итак, } n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe})/2 = m(\text{Fe})/(M(\text{Fe}) \cdot 2) = 11.2/(56 \cdot 2) = 0.1 \text{ моль}$$

Теперь необходимо определить, какие сульфиды были вначале.

$$n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль}$$

количество серы больше, чем металлов, поэтому, обязательно должен быть FeS_2 : $n(\text{FeS}_2) = n(\text{Fe}) = 0.2 \text{ моль}$. Остается $n(\text{S}) = 0.5 - 2 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль}$, $n(\text{Cu}) = 0.2 \text{ моль}$ – это может быть только

Cu_2S 0.1 моль.

В исходной смеси было 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .

Ответ: 0.2 моль FeS_2 и 0.1 моль Cu_2S .