

ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОЛИМПИАДЫ «ЛОМОНОСОВ» ПО ХИМИИ

Отборочный тур НОЯБРЬ, 10-11 классы

ЗАДАНИЕ 1

1.1. Назовите два атома, у каждого из которых в основном состоянии общее число d -электронов в два раза больше общего числа s -электронов, запишите их электронные конфигурации. **(4 балла)**

Ответ: например, олово Sn: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$,
теллур Te: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^4$.

1.2. Назовите два атома, у каждого из которых в основном состоянии общее число s -электронов в полтора раза меньше общего числа p -электронов, запишите их электронные конфигурации. **(4 балла)**

Ответ: например, скандий Sc: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$, неон Ne: $1s^2 2s^2 2p^6$.

1.3. Назовите два атома, у каждого из которых в основном состоянии общее число s -электронов в два раза меньше общего числа p -электронов, запишите их электронные конфигурации. **(4 балла)**

Ответ: например, селен Se: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$, аргон Ar: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

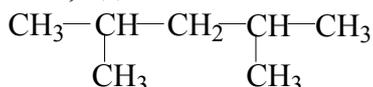
1.4. Назовите два атома, у каждого из которых в основном состоянии общее число d -электронов в полтора раза меньше общего числа p -электронов, запишите их электронные конфигурации. **(4 балла)**

Ответ: например, никель Ni: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$,
мышьяк As: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$.

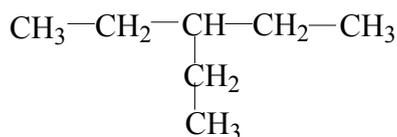
ЗАДАНИЕ 2

2.1. Приведите структурные формулы двух изомерных углеводородов C_7H_{16} , каждый из которых при хлорировании на свету может образовать одно первичное, одно вторичное и одно третичное хлорпроизводное. Назовите эти углеводороды. **(6 баллов)**

Ответ: 2,4-диметилпентан



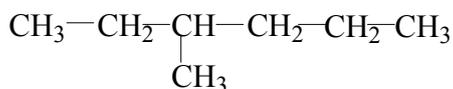
3-этилпентан



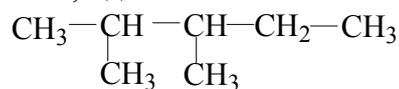
В каждой из структур все метильные группы CH_3 эквивалентны, точно так же, как метиленовые CH_2 и метиновые CH .

2.2. Приведите структурные формулы двух изомерных углеводородов C_7H_{16} , каждый из которых при хлорировании на свету может образовать три первичных хлорпроизводных. Назовите эти углеводороды. **(6 баллов)**

Ответ: 3-метилгексан



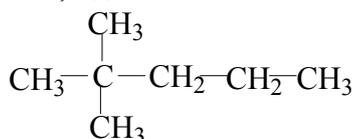
2,3-диметилпентан



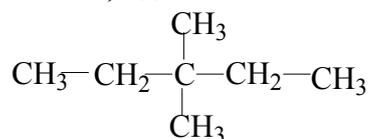
В каждой из структур имеются три неэквивалентные метильные группы CH_3 .

2.3. Приведите структурные формулы двух изомерных углеводородов C_7H_{16} , каждый из которых при хлорировании на свету может образовать два первичных хлорпроизводных, но не образует третичных. Назовите эти углеводороды. **(6 баллов)**

Ответ: 2,2-диметилпентан



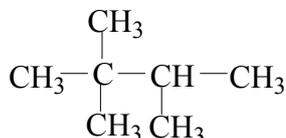
3,3-диметилпентан



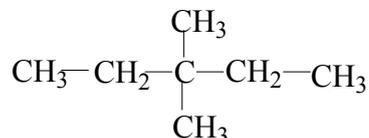
В каждой из структур имеются две неэквивалентные метильные группы CH_3 , а метиновые группы CH , включающие третичный атом углерода, отсутствуют.

2.4. Приведите структурные формулы двух изомерных углеводородов C_7H_{16} , первый из которых при хлорировании на свету может образовать одно третичное хлорпроизводное, но не образует вторичных, а другой в таких же условиях образует одно вторичное хлорпроизводное, но не образует третичных. Назовите эти углеводороды. **(6 баллов)**

Ответ: 2,2-диметилпентан



3,3-диметилпентан



В первой структуре имеется группа CH , включающая третичный атом углерода, а метиленовых групп CH_2 нет. Во второй структуре есть две эквивалентные метиленовые группы, включающие вторичные атомы углерода, а третичных атомов углерода нет.

ЗАДАНИЕ 3

3.1. Известны содержащие азот соединения XNY_5 и X_2NY_7 . Массовая доля азота в одном из соединений равна 45.16%, в другом – 31.11%. Расшифруйте эти соединения и запишите уравнения их взаимодействия с соляной кислотой. **(6 баллов)**

Решение. Обозначим атомную массу элемента X за x , а массу элемента Y за y . Каждое из соединений включает один атом азота, значит, массовая доля азота должна быть ниже в более тяжелом соединении. В XNY_5

$$\omega(\text{N}) = \frac{14}{x + 14 + 5y} = 0.4516,$$

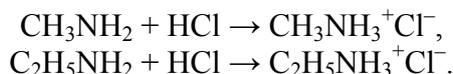
а в X_2NY_7

$$\omega(\text{N}) = \frac{14}{2x + 14 + 7y} = 0.3111.$$

Решение системы

$$\begin{cases} x + 5y = 17; \\ 2x + 7y = 31. \end{cases}$$

дает $x = 12$, $y = 1$, эти массы соответствуют углероду и водороду. Искомые соединения – это CH_3NH_2 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, метиламин и этиламин. Реакции с соляной кислотой приводят к образованию солей:



Ответ: CH_3NH_2 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$.

3.2. Известны содержащие углерод соединения XC_2Y_2 и $\text{X}_2\text{C}_2\text{Y}_2$. Массовая доля углерода в одном из соединений равна 40.0%, в другом – 26.09%. Расшифруйте эти соединения и запишите уравнения их взаимодействия с хлором в водном растворе. (**6 баллов**)

Решение. Обозначим атомную массу элемента **X** за x , а массу элемента **Y** за y . Каждое из соединений включает один атом углерода, значит, массовая доля углерода должна быть ниже в более тяжелом соединении. В XC_2Y_2

$$\omega(\text{C}) = \frac{12}{x + 12 + 2y} = 0.40,$$

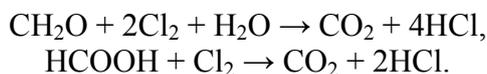
а в $\text{X}_2\text{C}_2\text{Y}_2$

$$\omega(\text{C}) = \frac{12}{2x + 12 + 2y} = 0.2609.$$

Решение системы

$$\begin{cases} x + 2y = 18; \\ 2x + 2y = 34. \end{cases}$$

дает $x = 16$, $y = 1$, эти массы соответствуют кислороду и водороду. Искомые соединения – это CH_2O и CH_2O_2 , формальдегид и муравьиная кислота. Оба соединения в водном растворе окисляются хлором:



Ответ: CH_2O и HCOOH .

3.3. Известны содержащие хлор соединения XC_2Cl_3 и $\text{X}_2\text{C}_2\text{Cl}_5$. Массовая доля хлора в одном из соединений равна 70.3%, а в другом – 55.04%. Расшифруйте эти соединения и запишите уравнения их реакции с избытком аммиака. (**6 баллов**)

Решение. Обозначим атомную массу элемента **X** за x , а массу элемента **Y** за y . Каждое из соединений включает один атом хлора, значит, массовая доля хлора должна быть ниже в более тяжелом соединении. В XC_2Cl_3

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{35.5}{x + 35.5 + 3y} = 0.703,$$

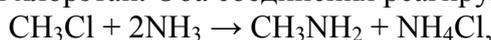
а в $\text{X}_2\text{C}_2\text{Cl}_5$

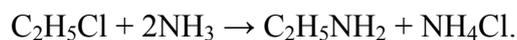
$$\omega(\text{Cl}) = \frac{35.5}{2x + 35.5 + 5y} = 0.5504.$$

Решение системы

$$\begin{cases} x + 3y = 15; \\ 2x + 5y = 29. \end{cases}$$

дает $x = 12$, $y = 1$, эти массы соответствуют углероду и водороду. Искомые соединения – это CH_3Cl и $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, хлорметан и хлорэтан. Оба соединения реагируют с избытком аммиака:





Ответ: CH_3Cl и $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.

3.4. Известны содержащие бром соединения X_2BrY_3 и XBrY_3 . Массовая доля брома в одном из соединений равна 74.77%, а в другом – 84.21%. Расшифруйте эти соединения и запишите уравнения их реакции с кислородом. **(6 баллов)**

Решение. Обозначим атомную массу элемента X за x , а массу элемента Y за y . Каждое из соединений включает один атом брома, значит, массовая доля брома должна быть ниже в более тяжелом соединении. В XBrY_3

$$\omega(\text{Br}) = \frac{80}{x + 80 + 3y} = 0.8421,$$

а в X_2BrY_3

$$\omega(\text{Br}) = \frac{80}{2x + 80 + 3y} = 0.7477.$$

Решение системы

$$\begin{cases} x + 3y = 15; \\ 2x + 3y = 27. \end{cases}$$

дает $x = 12$, $y = 1$, эти массы соответствуют углероду и водороду. Искомые соединения – это CH_3Br и $\text{C}_2\text{H}_3\text{Br}$, бромметан и бромэтилен. Оба соединения горят в кислороде:



Ответ: $\text{H}_2\text{C}=\text{CHBr}$ и CH_3Br .

ЗАДАНИЕ 4

4.1. Природный магний представляет собой смесь трех изотопов. Относительные атомные массы ^{24}Mg и ^{25}Mg и их содержание в природной смеси равны, соответственно, 23.98504 а.е.м. (мольная доля 78.99%) и 24.985584 а.е.м. (10.0%). Определите массовое число третьего изотопа и рассчитайте его относительную атомную массу. **(6 баллов)**

Решение. В таблице Д.И. Менделеева указана средняя относительная масса магния – 24.305 а.е.м. Она рассчитана исходя из масс и мольных долей изотопов. Найдем мольную долю третьего изотопа с неизвестной относительной атомной массой A_r :

$$x = 1 - 0.7899 - 0.10 = 0.1101,$$

тогда $24.305 = 0.7899 \cdot 23.98504 + 0.10 \cdot 24.985584 + 0.1101 \cdot A_r$,

отсюда находим $A_r = 25.9824$ а.е.м. – это ^{26}Mg .

Ответ: ^{26}Mg , 25.9824 а.е.м.

4.2. Известны четыре стабильных изотопа хрома. Относительные атомные массы ^{52}Cr , ^{53}Cr и ^{54}Cr и их содержание в природной смеси равны, соответственно, 51.940508 а.е.м. (мольная доля 83.79%), 52.940649 а.е.м. (9.50%) и 53.938880 а.е.м. (2.365%). Определите массовое число четвертого изотопа и рассчитайте его относительную атомную массу. **(6 баллов)**

Решение. В таблице Д.И. Менделеева указана средняя относительная атомная масса хрома – 51.996 а.е.м. Она рассчитана исходя из масс и мольных долей изотопов. Найдем мольную долю четвертого изотопа с неизвестной относительной атомной массой A_r :

$$x = 1 - 0.8379 - 0.0950 - 0.02365 = 0.04345,$$

тогда $51.996 = 0.8379 \cdot 51.940508 + 0.095 \cdot 52.940649 + 0.02365 \cdot 53.938880 + 0.04345 \cdot A_r$,

отсюда находим $A_r = 49.9432$ а.е.м. – это ^{50}Cr .

Ответ: ^{50}Cr , 49. 9432 а.е.м.

4.3. Природный стронций представляет собой смесь четырех изотопов. Относительные атомные массы ^{84}Sr , ^{86}Sr и ^{88}Sr и их содержание в природной смеси равны, соответственно, 83.913425 а.е.м. (мольная доля 0.5%), 85.9092602 а.е.м. (9.8%), 87.905612 а.е.м. (82.7%). Определите массовое число четвертого изотопа и рассчитайте его относительную атомную массу. **(6 баллов)**

Решение. В таблице Д.И. Менделеева указана средняя относительная атомная масса стронция – 87.62 а.е.м. Она рассчитана исходя из масс и мольных долей изотопов. Найдем мольную долю четвертого изотопа с неизвестной относительной атомной массой A_r :

$$x = 1 - 0.005 - 0.098 - 0.827 = 0.07,$$

тогда $87.62 = 0.005 \cdot 83.913425 + 0.098 \cdot 85.9092602 + 0.827 \cdot 87.905612 + 0.07 \cdot A_r$,
отсюда находим $A_r = 86.9055$ а.е.м. – это ^{87}Sr .

Ответ: ^{87}Sr , 86.9055 а.е.м.

4.4. Природный кремний представляет собой смесь трех изотопов. Относительные атомные массы ^{28}Si и ^{29}Si и их содержание в природной смеси равны, соответственно, 27.976927 а.е.м. (мольная доля 92.23 %) и 28.976495 а.е.м. (4.67%). Определите массовое число третьего изотопа и рассчитайте его относительную атомную массу. **(6 баллов)**

Решение. В таблице Д.И. Менделеева указана средняя относительная масса кремния – 28.0855 а.е.м. Она рассчитана исходя из масс и мольных долей изотопов. Найдем мольную долю третьего изотопа с неизвестной относительной атомной массой A_r :

$$x = 1 - 0.9223 - 0.0467 = 0.031,$$

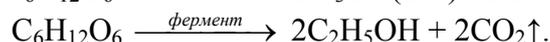
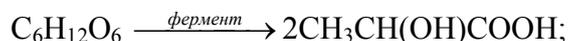
тогда $28.0855 = 0.9223 \cdot 27.976927 + 0.0467 \cdot 28.976495 + 0.031 \cdot A_r$,
отсюда находим $A_r = 29.9735$ а.е.м. – это ^{30}Si .

Ответ: ^{30}Si , 29.9735 а.е.м.

ЗАДАНИЕ 5

5.1. Квас – это продукт молочнокислого и спиртового брожения сахаристых веществ. Для приготовления 2 л домашнего кваса использовали сырье, содержащее 45.28 г глюкозы. В результате брожения был получен напиток, массовая доля спирта в котором составила 1.15%. Определите pH кваса, считая, что его кислотность обусловлена только молочной кислотой ($K_{\text{дис}} = 1.38 \cdot 10^{-4}$), плотность кваса равна 1 г/мл, а реакции брожения прошли количественно. **(10 баллов)**

Решение. Реакции молочнокислого и спиртового брожения глюкозы приводят к образованию молочной кислоты и этанола соответственно:



Всего было использовано глюкозы

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{\text{исх}} = 45.28 / 180 = 0.2516 \text{ моль.}$$

Масса и количество спирта в полученной порции кваса (2000 г) равны

$$m(\text{спирта}) = 0.0115 \cdot 2000 = 23.0 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{спирта}) = 23 / 46 = 0.50 \text{ моль.}$$

Количество глюкозы, затраченной на получение спирта, составляет

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_1 = 0.5 \cdot \nu(\text{спирта}) = 0.25 \text{ моль.}$$

Значит, на получение молочной кислоты пошло

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_2 = 0.2516 - 0.25 = 0.0016 \text{ моль}$$

глюкозы, и количество полученной молочной кислоты равно

$$\nu(\text{кислоты}) = 2 \cdot \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_2 = 0.0032 \text{ моль.}$$

Молярная концентрация молочной кислоты составляет

$$c = \nu / V = 0.0032 / 2 = 0.0016 \text{ моль/л.}$$

Молочная кислота частично диссоциирует:



Запишем выражение для константы диссоциации кислоты, обозначив за x концентрацию H^+ :

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{c - [\text{H}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]},$$
$$1.38 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0.0016 - x}.$$

Получаем квадратное уравнение:

$$x^2 + 1.38 \cdot 10^{-4}x - 2.208 \cdot 10^{-7} = 0,$$

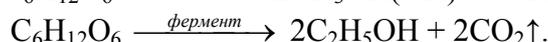
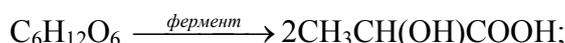
решение которого $x = 4.06 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Тогда pH напитка составляет

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(4.06 \cdot 10^{-4}) = 3.39.$$

Ответ: 3.39.

5.2. Квас – это продукт молочнокислого и спиртового брожения сахаристых веществ. Для приготовления 1200 мл домашнего кваса использовали сырье, содержащее 28.26 г глюкозы. В результате брожения был получен напиток с pH, равным 3.383. Рассчитайте массовую долю спирта в квасе, считая, что его кислотность обусловлена только молочной кислотой ($K_{\text{дис}} = 1.38 \cdot 10^{-4}$), плотность кваса равна 1 г/мл, а реакции брожения прошли количественно. **(10 баллов)**

Решение. Реакции молочнокислого и спиртового брожения глюкозы приводят к образованию молочной кислоты и этанола соответственно:



Молочная кислота частично диссоциирует:



Зная pH раствора, можно рассчитать концентрацию H^+ :

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3.383} = 4.14 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Запишем выражение для константы диссоциации кислоты и найдем концентрацию образовавшейся при брожении молочной кислоты:

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{c - [\text{H}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]},$$
$$1.38 \cdot 10^{-4} = \frac{(4.14 \cdot 10^{-4})^2}{c - 4.14 \cdot 10^{-4}},$$

откуда получаем $c = 1.656 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Количество кислоты равно

$$\nu(\text{кислоты}) = c \cdot V = 1.656 \cdot 10^{-3} \cdot 1.2 = 1.987 \cdot 10^{-3} \text{ моль,}$$

тогда количество глюкозы, затраченной на получение молочной кислоты, составляет

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_1 = 0.5 \cdot \nu(\text{кислоты}) = 9.94 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

Всего глюкозы было

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{\text{исх}} = 28.26 / 180 = 0.157 \text{ моль.}$$

Тогда на получение этилового спирта глюкозы пошло

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_2 = 0.157 - 9.94 \cdot 10^{-4} = 0.156 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{спирта}) = 2\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_2 = 0.312 \text{ моль,}$$

$$m(\text{спирта}) = 46 \cdot 0.312 = 14.35 \text{ г.}$$

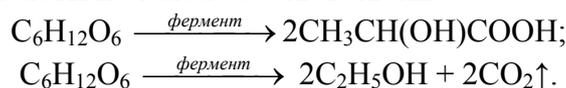
Массовая доля спирта в квасе составляет

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 14.35 / 1200 = 0.012 \text{ (или 1.2\%).}$$

Ответ: 1.2%.

5.3. Квас – это продукт молочнокислого и спиртового брожения сахаристых веществ. Для приготовления 1400 мл домашнего кваса использовали сырье, содержащее 57 г глюкозы. В результате брожения был получен напиток с рН, равным 3.161, а массовая доля спирта в квасе оказалась равной 1.2%. Определите выход реакций брожения по каждому из путей. Примите, что плотность кваса равна 1 г/мл, а его кислотность обусловлена только молочной кислотой ($K_{\text{дис}} = 1.38 \cdot 10^{-4}$). (10 баллов)

Решение. Реакции молочнокислого и спиртового брожения глюкозы приводят к образованию молочной кислоты и этанола соответственно:



Молочная кислота частично диссоциирует:



Зная рН раствора, можно рассчитать концентрацию H^+ :

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3.161} = 6.9 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Запишем выражение для константы диссоциации кислоты и найдем концентрацию образовавшейся при брожении молочной кислоты:

$$\begin{aligned} K_{\text{дис}} &= \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{c - [\text{H}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}, \\ 1.38 \cdot 10^{-4} &= \frac{(6.9 \cdot 10^{-4})^2}{c - 6.9 \cdot 10^{-4}}, \end{aligned}$$

откуда получаем $c = 4.14 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Количество образовавшейся молочной кислоты равно $\nu(\text{кислоты}) = c \cdot V = 4.14 \cdot 10^{-3} \cdot 1.4 = 5.8 \cdot 10^{-3}$ моль.

Всего глюкозы было

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 57 / 180 = 0.317 \text{ моль.}$$

Значит, максимальное возможное количество молочной кислоты, которое могло теоретически получиться из глюкозы, составляет

$$\nu(\text{кислоты})_{\text{теор}} = 2\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.634 \text{ моль,}$$

тогда выход реакции молочнокислого брожения равен

$$\eta = \nu(\text{кислоты}) / \nu(\text{кислоты})_{\text{теор}} = 5.8 \cdot 10^{-3} / 0.634 = 0.0091 \text{ (или 0.91\%).}$$

В полученной порции кваса (1400 г) содержится спирта

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.012 \cdot 1400 = 16.8 \text{ г,}$$

$$\nu(\text{спирта}) = 16.8 / 46 = 0.365 \text{ моль.}$$

Из всего исходного количества глюкозы можно было получить

$$\nu(\text{спирта})_{\text{теор}} = 2\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.634 \text{ моль.}$$

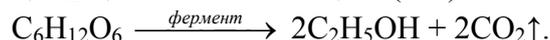
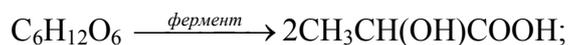
Значит, выход реакции спиртового брожения составил

$$\eta = \nu(\text{спирта}) / \nu(\text{спирта})_{\text{теор}} = 0.365 / 0.634 = 0.576 \text{ (или 57.6\%).}$$

Ответ: выход реакции молочнокислого брожения 0.91%, выход реакции спиртового брожения 57.6%.

5.4. Квас – это продукт молочнокислого и спиртового брожения сахаристых веществ. Рассчитайте массу глюкозы, подвергнутой брожению, в результате которого было получено 1.5 л домашнего кваса с рН, равным 3.383. Массовая доля спирта в квасе составила 1.3%. Примите, что плотность напитка равна 1 г/мл, его кислотность обусловлена только молочной кислотой ($K_{\text{дис}} = 1.38 \cdot 10^{-4}$), а реакции брожения прошли количественно. (10 баллов)

Решение. Реакции молочнокислого и спиртового брожения глюкозы приводят к образованию молочной кислоты и этанола соответственно:



Молочная кислота частично диссоциирует:



Зная pH раствора, можно рассчитать концентрацию H^+ :

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3.383} = 4.14 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Запишем выражение для константы диссоциации кислоты и найдем концентрацию образовавшейся при брожении молочной кислоты:

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]}{c - [\text{H}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]},$$

$$1.38 \cdot 10^{-4} = \frac{(4.14 \cdot 10^{-4})^2}{c - 4.14 \cdot 10^{-4}},$$

откуда получаем $c = 1.656 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Количество кислоты равно

$$v(\text{кислоты}) = c \cdot V = 1.656 \cdot 10^{-3} \cdot 1.5 = 2.484 \cdot 10^{-3} \text{ моль,}$$

тогда количество глюкозы, затраченной на получение молочной кислоты, равно

$$v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_1 = 0.5 \cdot v(\text{кислоты}) = 1.242 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

В полученной порции кваса (1500 г) содержится спирта

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.013 \cdot 1500 = 19.5 \text{ г,}$$

$$v(\text{спирта}) = 19.5 / 46 = 0.424 \text{ моль.}$$

Тогда глюкозы на получение этилового спирта пошло

$$v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_2 = 0.5 \cdot v(\text{спирта}) = 0.212 \text{ моль.}$$

Всего глюкозы было

$$v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{\text{исх}} = 1.242 \cdot 10^{-3} + 0.212 = 0.2132 \text{ моль.}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \cdot 0.2132 = 38.384 \text{ г.}$$

Ответ: 38.384 г.

ЗАДАНИЕ 6

6.1. При охлаждении водного раствора нитрата неизвестного металла было получено 0.3 моль кристаллогидрата, в котором массовая доля безводной соли составляет 59.50%, а масса кристаллизационной воды на 22.8 г меньше массы безводной соли. Определите состав кристаллогидрата. (12 баллов)

Решение. Пусть в осадок выпало m г кристаллогидрата $\text{Me}(\text{NO}_3)_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Обозначим через A молярную массу безводного нитрата $\text{Me}(\text{NO}_3)_x$. Тогда по условию задачи:

$$m = 0.3(A + 18n),$$

$$0.3A = 0.5950m,$$

$$0.3(A - 18n) = 22.8.$$

Решив систему из трех уравнений, получаем $m = 120$ г, $A = 238$ г/моль, $n = 9$. Для установления состава необходимо определить неизвестный металл, валентность x которого нам также не известна. Пусть M – атомная масса металла. Предположим, что металл одновалентный, тогда

$$M + 62 = 238, M = 176 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл двухвалентный, тогда

$$M + 62 \cdot 2 = 238, M = 114 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл трехвалентный, тогда

$$M + 62 \cdot 3 = 238, M = 52 \text{ г/моль, это хром. Состав кристаллогидрата – } \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}.$$

Ответ: $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

6.2. При охлаждении водного раствора сульфата неизвестного металла было получено 0.2 моль кристаллогидрата, в котором массовая доля безводной соли составляет 61.29%, а масса

кристаллизационной воды на 25.2 г меньше массы безводной соли. Определите состав кристаллогидрата. **(12 баллов)**

Решение. Пусть в осадок выпало m г кристаллогидрата $\text{Me}_x(\text{SO}_4)_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Обозначим через A молярную массу безводного сульфата $\text{Me}_x(\text{SO}_4)_y$. Тогда по условию:

$$\begin{aligned}m &= 0.2(A + 18n), \\0.2A &= 0.6129m, \\0.2(A - 18n) &= 25.2.\end{aligned}$$

Решив систему из трех уравнений, получаем $m = 111.6$ г, $A = 342$ г/моль, $n = 12$. Для установления состава необходимо определить неизвестный металл, валентность которого нам также не известна. Пусть M – атомная масса металла. Предположим, что металл одновалентный, тогда

$$2M + 96 = 342, M = 123 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл двухвалентный, тогда

$$M + 96 = 342, M = 246 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл трехвалентный, тогда

$$2M + 3 \cdot 96 = 342, M = 27 \text{ г/моль. Это алюминий.}$$

Состав кристаллогидрата – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

3. При охлаждении водного раствора нитрата неизвестного металла было получено 0.4 моль кристаллогидрата, в котором массовая доля безводной соли составляет 59.90%, а масса кристаллизационной воды на 32.0 г меньше массы безводной соли. Определите состав кристаллогидрата. **(12 баллов)**

Решение. Пусть в осадок выпало m г кристаллогидрата $\text{Me}(\text{NO}_3)_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Обозначим через A молярную массу безводного нитрата $\text{Me}(\text{NO}_3)_x$. Тогда по условию:

$$\begin{aligned}m &= 0.4(A + 18n), \\0.4A &= 0.5990m, \\0.4(A - 18n) &= 32.0.\end{aligned}$$

Решив систему из трех уравнений, получаем $m = 161.6$ г, $A = 242$ г/моль, $n = 9$. Для установления состава необходимо определить неизвестный металл, валентность которого нам также не известна. Пусть M – атомная масса металла. Предположим, что металл одновалентный, тогда

$$M + 62 = 242, M = 180 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл двухвалентный, тогда

$$M + 2 \cdot 62 = 242, M = 118 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

Если металл трехвалентный, тогда

$$M + 3 \cdot 62 = 242, M = 56 \text{ г/моль. Это железо. Состав кристаллогидрата } \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}.$$

Ответ: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

4. При охлаждении водного раствора хлорида неизвестного металла было получено 0.6 моль кристаллогидрата, в котором массовая доля безводной соли составляет 55.28%, а масса кристаллизационной воды на 15.3 г меньше массы безводной соли. Определите состав кристаллогидрата. **(12 баллов)**

Решение. Пусть в осадок выпало m г кристаллогидрата $\text{MeCl}_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Обозначим через A молярную массу безводного хлорида MeCl_x . Тогда по условию:

$$\begin{aligned}m &= 0.6(A + 18n), \\0.6A &= 0.5528m, \\0.6(A - 18n) &= 15.3.\end{aligned}$$

Решив систему из трех уравнений, получаем $m = 144.9$ г, $A = 133.5$ г/моль, $n = 6$. Для установления состава необходимо определить неизвестный металл, валентность которого нам также не известна. Пусть M – атомная масса металла. Предположим, что металл одновалентный, тогда

$$M + 35.5 = 133.5, M = 98 \text{ г/моль. Такого металла нет (Tc – не подходит).}$$

Если металл двухвалентный, тогда

$$M + 2 \cdot 35.5 = 133.5, M = 62.5 \text{ г/моль. Такого металла нет.}$$

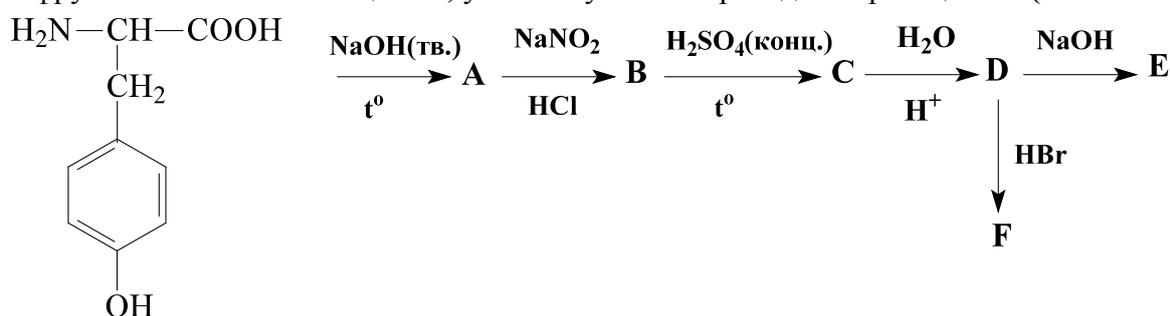
Если металл трехвалентный, тогда

$$M + 3 \cdot 35.5 = 133.5, M = 27 \text{ г/моль. Это алюминий. Состав кристаллогидрата } AlCl_3 \cdot 6H_2O.$$

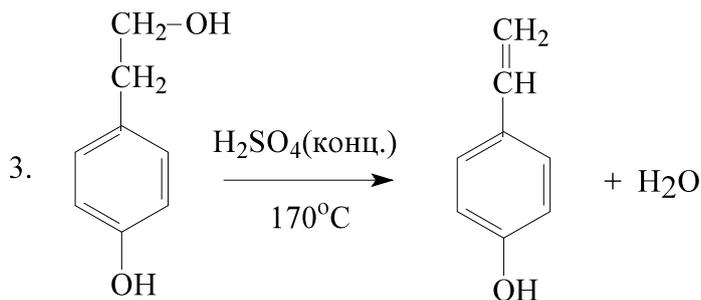
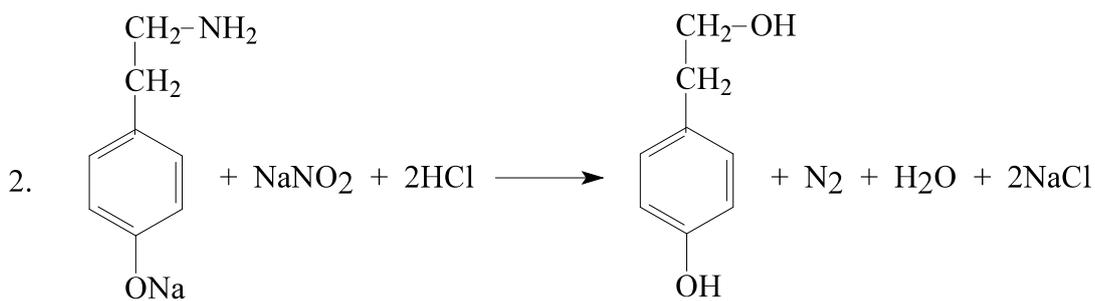
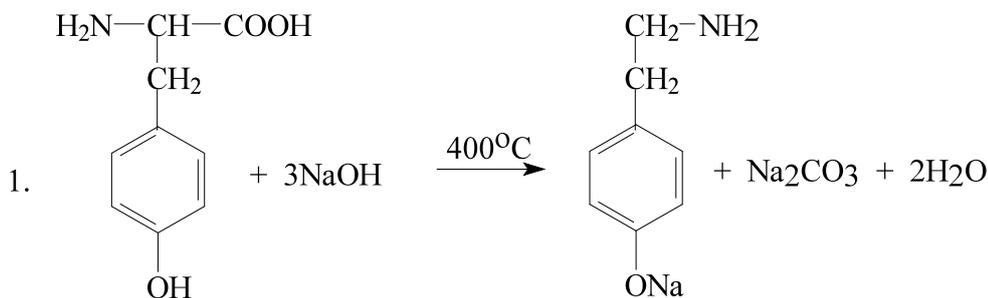
Ответ: $AlCl_3 \cdot 6H_2O$.

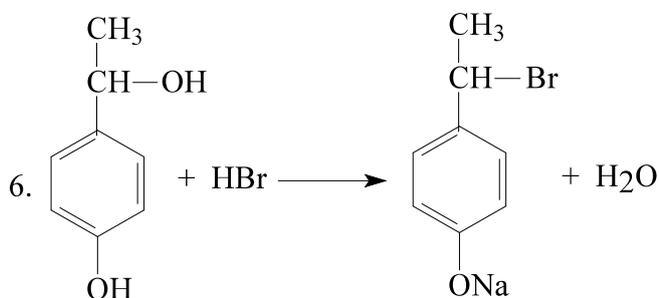
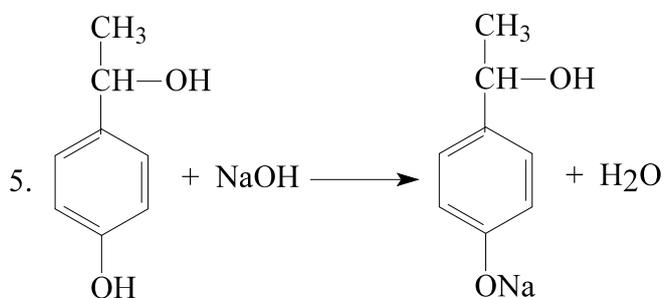
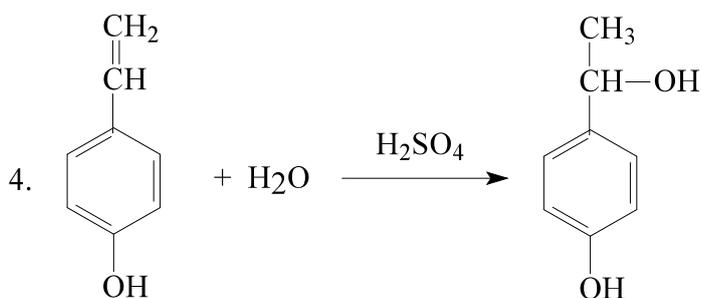
ЗАДАНИЕ 7

7.1. Запишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям. Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

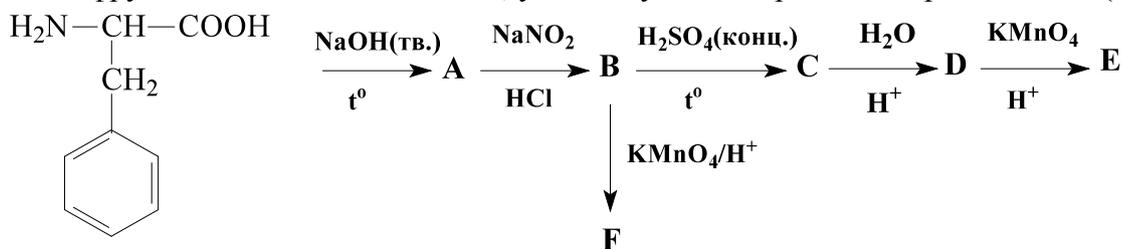


Решение:

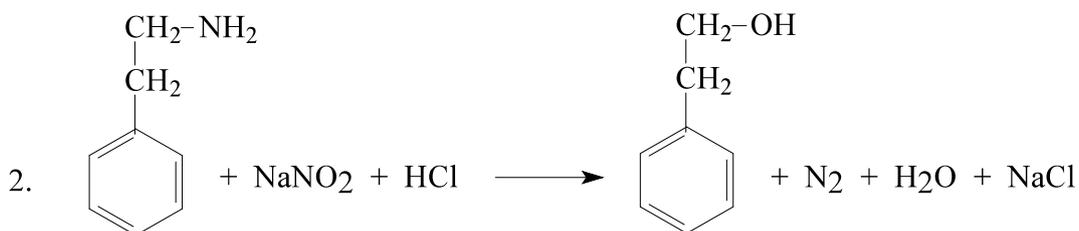
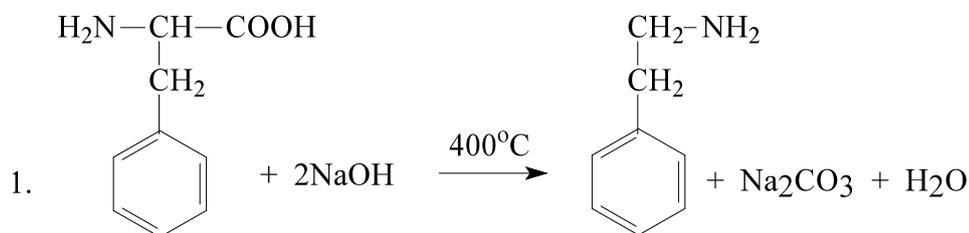


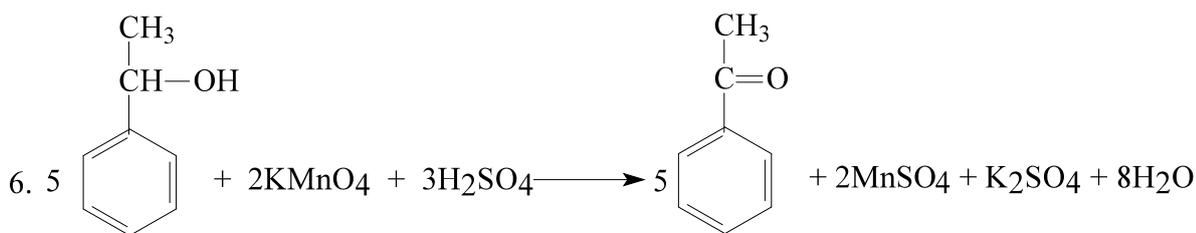
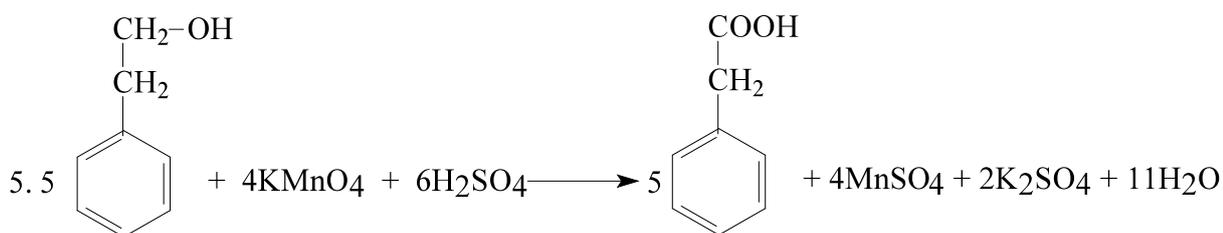
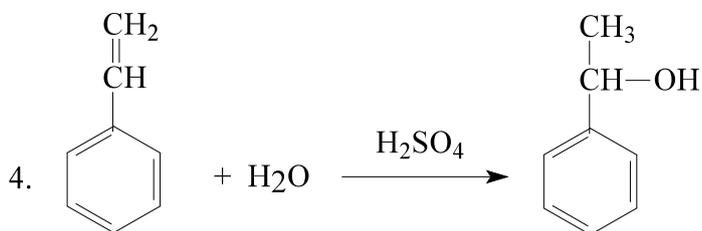
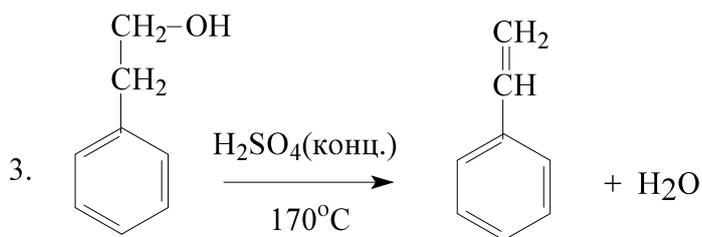


7.2. Запишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям. Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

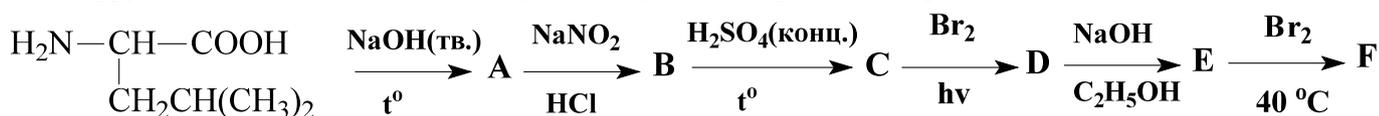


Решение:

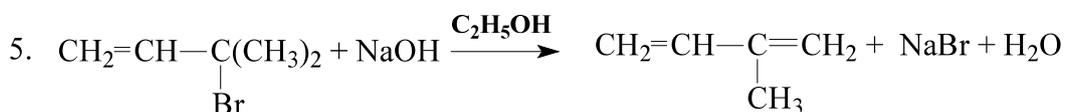
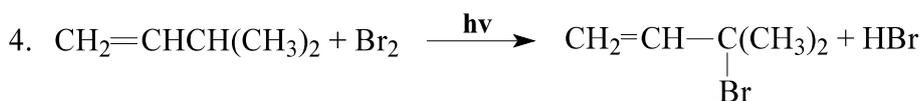
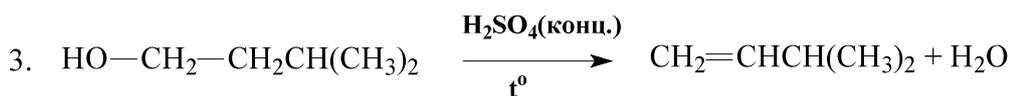
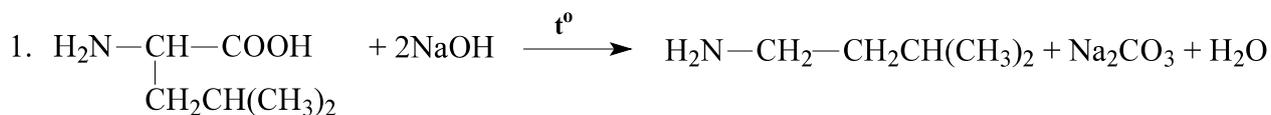


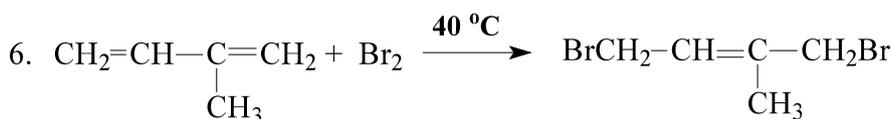


7.3. Запишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям. Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

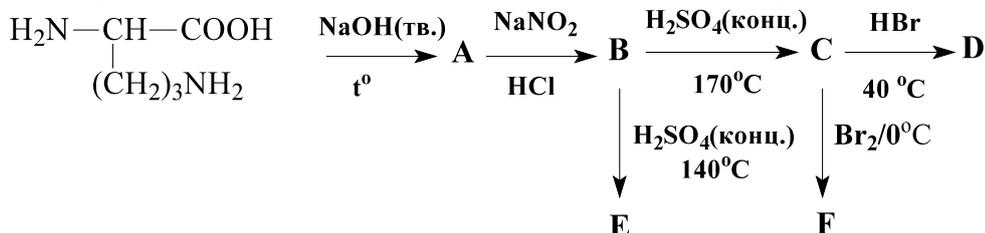


Решение:

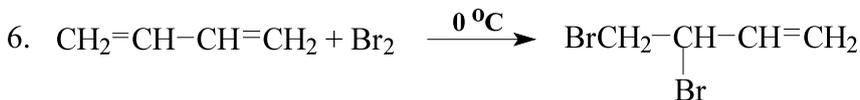
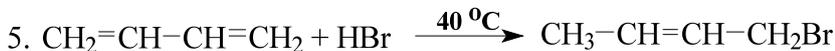
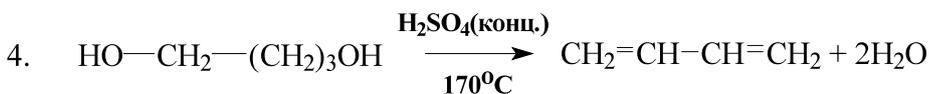
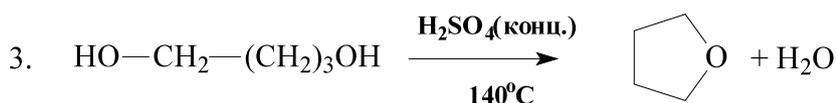
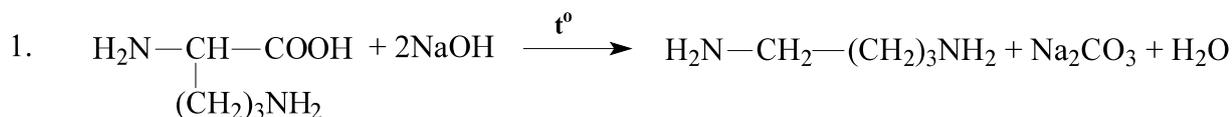




7.4. Запишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям. Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций. (12 баллов)

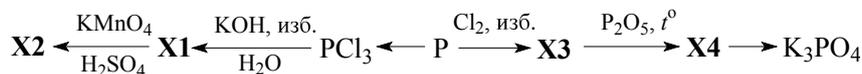


Решение:

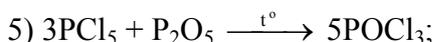
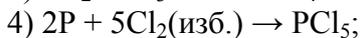
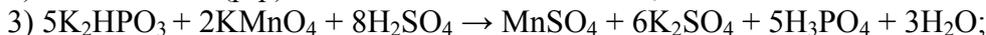
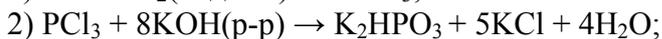


ЗАДАНИЕ 8

8.1. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все неизвестные вещества содержат фосфор). (12 баллов)

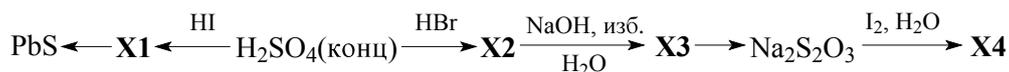


Решение.



Ответ: X1 – K₂HPO₃, X2 – H₃PO₄, X3 – PCl₅, X4 – POCl₃.

8.2. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все неизвестные вещества содержат серу). **(12 баллов)**

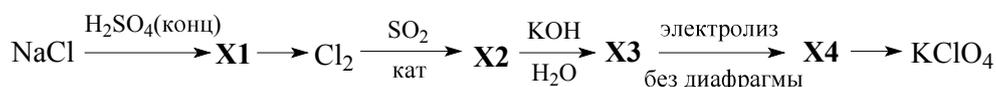


Решение.

- 1) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) + 8\text{HI} \rightarrow 4\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS} \downarrow + 2\text{HNO}_3$;
- 3) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) + 2\text{HBr} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- 4) $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH}(\text{изб}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 5) $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{p-p}) + \text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- 6) $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

Ответ: **X1** – H_2S , **X2** – SO_2 , **X3** – Na_2SO_3 , **X4** – $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

8.3. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все неизвестные вещества содержат хлор). **(12 баллов)**

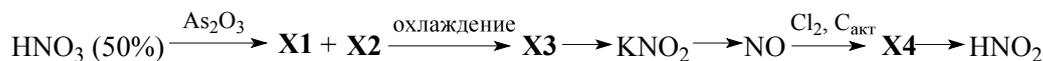


Решение.

- 1) $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow \text{HCl} + \text{NaHSO}_4$;
- 2) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
- 3) $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{катализатор}} \text{SO}_2\text{Cl}_2$;
- 4) $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$;
- 5) $\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{эл-лиз без диафр.}} \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$;
- 6) $4\text{KClO}_3 \xrightarrow{t^\circ \leq 150} 3\text{KClO}_4 + \text{KCl}$.

Ответ: **X1** – HCl , **X2** – SO_2Cl_2 , **X3** – KCl , **X4** – KClO_3 .

8.4. Напишите уравнения реакций приведенных ниже превращений и укажите условия их проведения (все неизвестные вещества содержат азот). **(12 баллов)**



Решение.

- 1) $\text{HNO}_3(50\%) + \text{As}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_3\text{AsO}_4$;
- 2) $\text{NO} + \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{охлаждение}} \text{N}_2\text{O}_3$;
- 3) $\text{N}_2\text{O}_3 + 2\text{KOH}(\text{p-p}) \rightarrow 2\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 4) $2\text{KNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 \downarrow + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
- 5) $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{катализатор}} 2\text{NOCl}$;
- 6) $\text{NOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HCl}$.

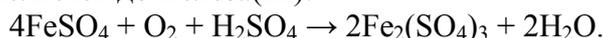
Ответ: **X1** – NO , **X2** – NO_2 , **X3** – N_2O_3 , **X4** – NOCl .

ЗАДАНИЕ 9

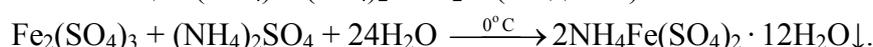
9.1. Навеску сине-зеленых кристаллов соли Мора растворили в воде, подкисленной серной кислотой. После пропускания через полученный раствор тока кислорода и охлаждения до 0°C выпал светло-сиреневый кристаллический осадок **A**. Кристаллы **A** снова растворили в воде при комнатной температуре и обработали раствором гидроксида калия, при этом выпал бурый осадок **B**. Этот осадок растворили в горячем щелочном растворе гипохлорита калия. К образовавшемуся красно-фиолетовому раствору добавили раствор хлорида бария, что привело к образованию фиолетового осадка **C**, содержащего 49.8% бария по массе. Определите состав соединений **A**, **B** и **C**, напишите уравнения всех упомянутых реакций.

(16 баллов)

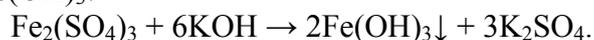
Решение. Соль Мора – $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При пропускании через раствор этой соли кислорода железо(II) окисляется до железа(III):



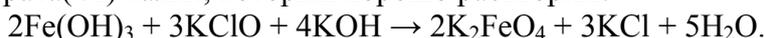
При охлаждении раствора после пропускания кислорода из него выпадают кристаллы железоаммонийных квасцов $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (осадок **A**):



Взаимодействие раствора квасцов со щелочью приводит к образованию осадка **B** – гидроксида железа(III) $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



Обработка осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ горячим щелочным раствором гипохлорита калия приводит к образованию феррата(VI) калия, который хорошо растворим:

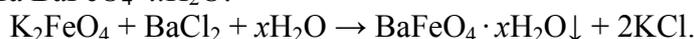


При добавлении раствора хлорида бария к красно-фиолетовому щелочному раствору, содержащему феррат(VI) калия, выпадает фиолетовый осадок феррата(VI) бария.

Расчет показывает, что в феррате(VI) бария содержится бария

$$\omega(\text{Ba}) = 137 / 257 = 0.533 \text{ (или 53.3\%)},$$

что не совпадает с условием задачи. Предположим, что осадок феррата(VI) бария выпадает в виде кристаллогидрата $\text{BaFeO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$:



Тогда $\omega(\text{Ba}) = 0.498 = 137 / (257 + 18x),$

отсюда $x = 1$. Значит, состав осадка **C** – $\text{BaFeO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Ответ: **A** – $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, **B** – $\text{Fe}(\text{OH})_3$, **C** – $\text{BaFeO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

9.2. Навеску бледно-голубых кристаллов соли меди(II), состав которой аналогичен соли Мора, растворили в воде. После добавления раствора карбоната натрия к полученному раствору выпал голубовато-зеленый осадок **A**, содержащий 55.5% меди по массе, и выделился газ. Осадок **A** растворили в разбавленной соляной кислоте и пропустили в получившийся раствор ток сернистого газа, при этом выпал белый осадок **B**. Этот осадок растворили в концентрированной соляной кислоте. В образовавшийся бесцветный раствор пропустили ток сероводорода, при этом выпал темно-серый осадок **C**. Определите состав соединений **A**, **B** и **C**, напишите уравнения всех упомянутых реакций. **(16 баллов)**

Решение. Аналог соли Мора для меди(II) – $(\text{NH}_4)_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При добавлении к раствору этой соли раствора карбоната натрия образуется осадок основного карбоната меди(II), состав которого можно представить, как $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot x\text{CuCO}_3$, и выделяется газ (CO_2):

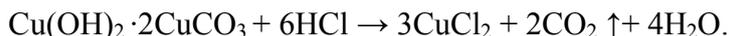


По условию задачи, массовая доля меди в осадке основного карбоната составляет 0.555:

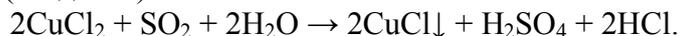
$$\omega(\text{Cu}) = \frac{64(x+1)}{64(x+1) + 34 + 60x} = 0.555,$$

отсюда $x = 2$. Состав осадка **A** – $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$.

При растворении основного карбоната меди в соляной кислоте образуется раствор хлорида меди(II):



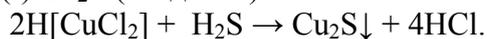
При пропускании в раствор хлорида меди(II) сернистого газа выпадает белый осадок хлорида меди(I) CuCl (осадок **В**):



Осадок хлорида меди(I) растворяется в концентрированной соляной кислоте:



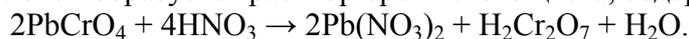
При пропускании в образовавшийся бесцветный раствор сероводорода выпадает темно-серый осадок сульфида меди(I) Cu_2S (осадок **С**):



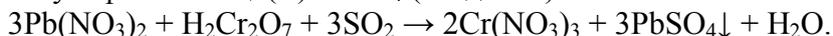
Ответ: **А** – $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$, **В** – CuCl , **С** – Cu_2S .

9.3. Образец красно-оранжевого минерала крокоита растворили в азотной кислоте. Пропускание через полученный оранжевый раствор тока сернистого газа привело к выпадению белого осадка **А**, содержащего 68.3% свинца по массе. Осадок **А** отделили от образовавшегося зеленого раствора. Добавление к этому раствору раствора карбоната натрия привело к выпадению грязно-зеленого осадка **В**. Осадок **В** растворили в разбавленной серной кислоте, добавили раствор сульфата калия и охладили смесь до 0°C , при этом образовался фиолетовый кристаллический осадок **С**. Определите состав соединений **А**, **В** и **С**. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. **(16 баллов)**

Решение. Минерал крокоит – хромат свинца(II) PbCrO_4 . При обработке этого минерала азотной кислотой образуется раствор оранжевого цвета, содержащий ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



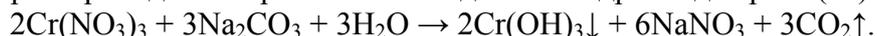
При пропускании через этот раствор тока сернистого газа выпадает белый осадок малорастворимого сульфата свинца(II) PbSO_4 (осадок **А**):



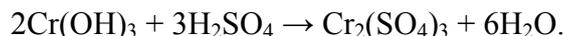
Состав осадка **А** подтверждается расчетом:

$$\omega(\text{Pb}) = 207 / 303 = 0.683,$$

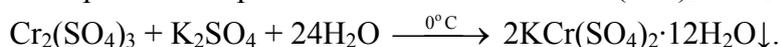
что соответствует условию задачи. Взаимодействие раствора нитрата хрома(III) с карбонатом натрия приводит к образованию осадка **В** – гидроксида хрома(III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$:



При обработке осадка $\text{Cr}(\text{OH})_3$ раствором серной кислоты образуется раствор сульфата хрома(III):



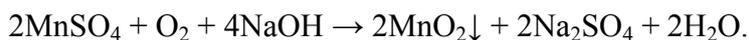
При добавлении к этому раствору раствора сульфата калия и охлаждении смеси до 0°C выпадают фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (осадок **С**):



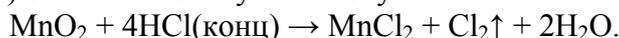
Ответ: **А** – PbSO_4 , **В** – $\text{Cr}(\text{OH})_3$, **С** – $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

9.4. Навеску красно-розовых кристаллов марганцевого купороса растворили в воде. После добавления раствора гидроксида натрия к полученному раствору в присутствии кислорода выпал коричневый осадок **А**. Осадок **А** растворили в концентрированной соляной кислоте и обработали получившийся бледно-розовый раствор раствором карбоната натрия, что привело к выпадению розового осадка **В**, содержащего 49.7% марганца по массе. Газообразные продукты в этой реакции не образовывались. Осадок **В** растворили в разбавленной серной кислоте. К получившемуся слабо-розовому раствору добавили пероксодисульфат аммония и каплю раствора нитрата серебра. Раствор стал фиолетово-малиновым, причем окраску ему придало соединение **С**. Определите состав соединений **А**, **В** и **С**, напишите уравнения всех упомянутых реакций. **(16 баллов)**

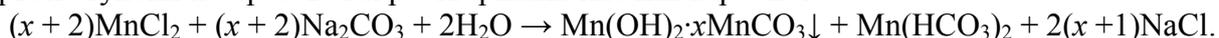
Решение. Марганцевый купорос – $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При добавлении к раствору этой соли раствора гидроксида натрия в присутствии кислорода образуется осадок оксида марганца(IV) MnO_2 (осадок **A**):



Оксид марганца(IV) окисляет соляную кислоту:



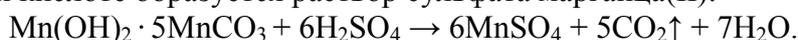
Добавление к получившемуся раствору хлорида марганца(II) раствора карбоната натрия приводит к выпадению розового осадка основного карбоната марганца, состав которого можно представить, как $\text{Mn}(\text{OH})_2 \cdot x\text{MnCO}_3$. В условии задачи отмечено, что газ в этой реакции не выделялся, а это означает, что гидролиз по аниону CO_3^{2-} прошел только по первой ступени и образовался растворимый кислый карбонат:



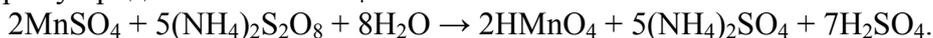
По условию задачи, массовая доля марганца в осадке основного карбоната составляет 0.497. Тогда

$$0.497 = \frac{55(x + 1)}{55(x + 1) + 34 + 60x},$$

отсюда $x = 5$. Состав осадка **B** – $\text{Mn}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{MnCO}_3$. При растворении основного карбоната марганца в серной кислоте образуется раствор сульфата марганца(II):



При добавлении к раствору сульфата марганца(II) пероксодисульфата аммония (в присутствии нитрата серебра как катализатора) образуется фиолетово-малиновый раствор, окраску которому придают ионы MnO_4^- :



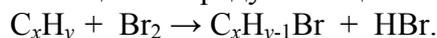
Соединение **C** – HMnO_4 .

Ответ: **A** – MnO_2 , **B** – $\text{Mn}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{MnCO}_3$, **C** – HMnO_4 .

ЗАДАНИЕ 10

10.1. Углеводород массой 4.48 г при бромировании дал одно монобромпроизводное массой 7.64 г, которое обработали спиртовым раствором щелочи, а затем – подкисленным раствором перманганата калия. Образовалось соединение **X**, при действии на него избытка иода в щелочной среде выпало 31.52 г светло-желтого осадка, который отделили. Рассчитайте максимальную массу бромэтана, способного вступить в реакцию с органическим соединением неразветвленного строения, содержащимся в маточном растворе. Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения всех упомянутых реакций. **(16 баллов)**

Решение. Поскольку бромировании образовалось монобромпроизводное, то, скорее всего, речь идёт о радикальном замещении в ряду насыщенных углеводородов:



Зная массы исходного углеводорода и бромпроизводного, можно приравнять их количества вещества:

$$\frac{4.48}{12x + y} = \frac{7.64}{12x + y - 1 + 80}.$$

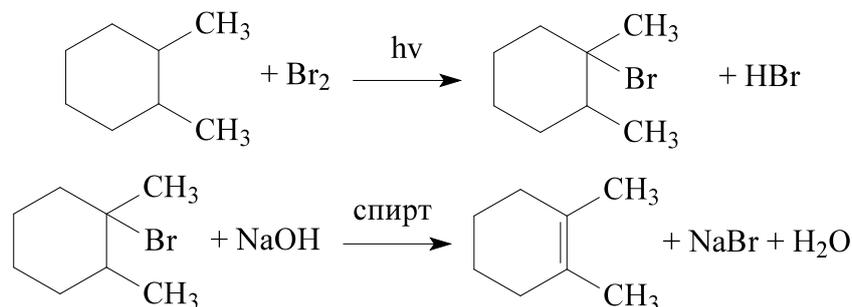
После подстановки $12x + y = z$ получаем $z = 112$. Такая масса соответствует $x = 8$, $y = 16$. Следовательно, искомым углеводород – циклоалкан C_8H_{16} в количестве

$$v(\text{C}_8\text{H}_{16}) = 4.48 / 112 = 0.04 \text{ моль}.$$

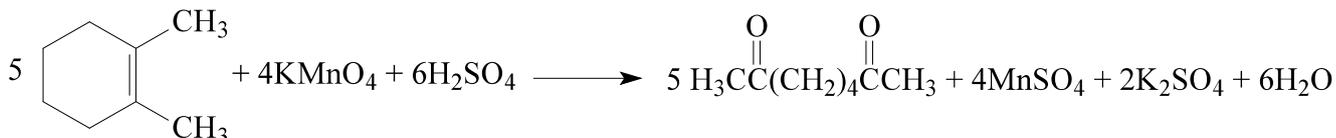
При дегидробромировании бромпроизводного был получен циклический алкен, при жёстком окислении которого образовалось соединение **X**, вступившее далее в галоформную реакцию. Из условий задачи можно рассчитать количество вещества иодоформа (светло-желтый осадок):

$$v(\text{CHI}_3) = 31.52 / 394 = 0.08 \text{ моль},$$

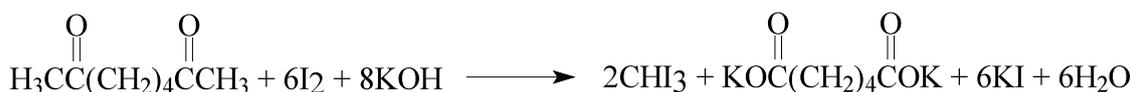
что в два раза больше количества вещества исходного углеводорода, следовательно, продукт окисления циклоалкена может вступить в галоформную реакцию дважды. Поскольку в маточном растворе осталось органическое соединение неразветвлённого строения, то единственный вариант исходного циклоалкана – это 1,2-диметилциклогексан:



Уравнение реакции окисления:



Галоформная реакция (качественная реакция на метилкетоны):



Уравнение взаимодействия продукта с бромэтаном:



Масса бромэтана составляет:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) = 2 \cdot 0.04 \cdot 109 = 8.72 \text{ г.}$$

Ответ: 8.72 г.

10.2. Углеводород массой 4.90 г при бромировании дал одно монобромпроизводное массой 8.85 г, которое обработали спиртовым раствором щелочи, а затем – подкисленным раствором перманганата калия. Образовалось соединение Y, при действии на него избытка иода в щелочной среде выпало 19.7 г светло-желтого осадка. Маточный раствор, содержащий органическое соединение с неразветвлённым углеродным скелетом, обработали избытком нитрата бария, полученный осадок отфильтровали, высушили и прокалили. Рассчитайте массу органического соединения, полученного при прокаливании. Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения всех упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение. Поскольку бромировании образовалось монобромпроизводное, то, скорее всего, речь идёт о радикальном замещении в ряду насыщенных углеводородов:



Зная массы исходного углеводорода и бромпроизводного, можно приравнять их количества вещества:

$$\frac{4.90}{12x + y} = \frac{8.85}{12x + y - 1 + 80}$$

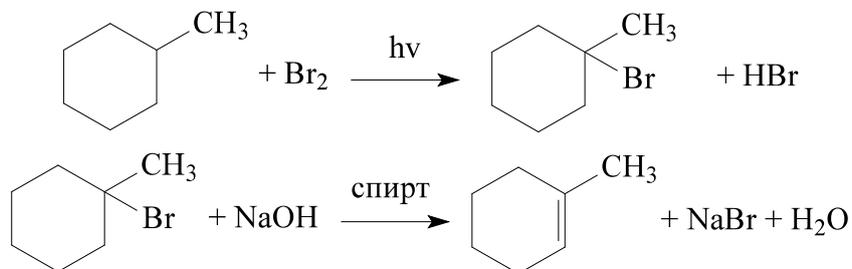
После подстановки $12x + y = z$ получаем $z = 98$. Такая масса соответствует $x = 7$, $y = 14$. Следовательно, искомым углеводород – циклоалкан C_7H_{14} в количестве

$$v(\text{C}_7\text{H}_{14}) = 4.90 / 98 = 0.05 \text{ моль.}$$

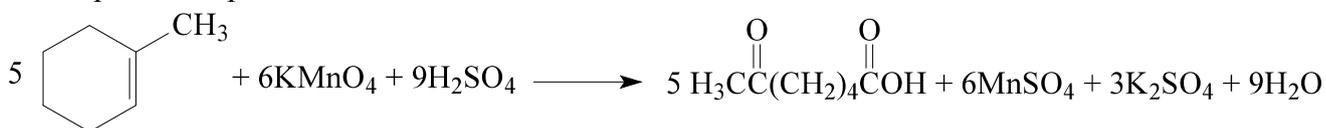
При дегидробромировании бромпроизводного был получен циклический алкен, при жёстком окислении которого образовалось соединение X, вступившее далее в галоформную реакцию. Из условий задачи можно рассчитать количество вещества иодоформа (светло-желтый осадок):

$$v(\text{CHI}_3) = 19.7 / 394 = 0.05 \text{ моль,}$$

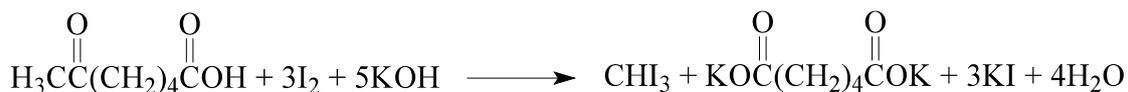
что соответствует количеству вещества исходного углеводорода, следовательно, продукт окисления циклоалкена может вступать в галоформную реакцию. Поскольку в маточном растворе осталось органическое соединение неразветвлённого строения, то единственный вариант исходного циклоалкана – это метилциклогексан:



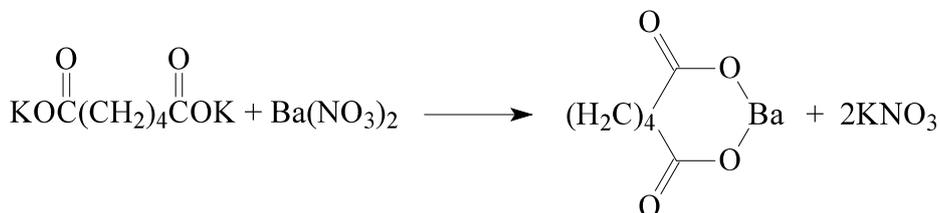
Уравнение реакции окисления:



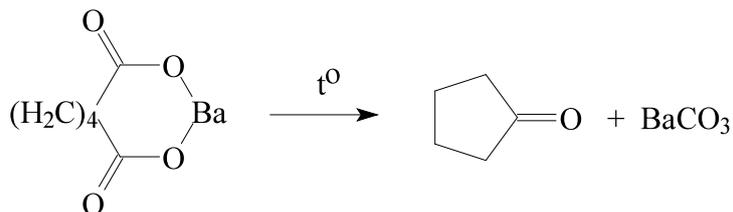
Галоформная реакция (качественная реакция на метилкетоны):



Уравнение взаимодействия с нитратом бария:



Дальнейшее прокаливание осадка:



Расчёт массы полученного циклопентанона:

$$m = 0.05 \cdot 84 = 4.2 \text{ г.}$$

Ответ: 4.2 г.

10.3. Углеводород массой 2.94 г при бромировании дал одно монобромпроизводное массой 5.31 г, которое обработали спиртовым раствором щелочи, а затем – подкисленным раствором дихромата калия. Образовалось соединение X, при действии на него избытка иода в щелочной среде выпало 23.64 г светло-желтого осадка, который отделили. Маточный раствор, содержащий органическое соединение неразветвлённого строения, подкислили и выделили органическое соединение, которое при нагревании до 250°C превращается в

соединение **Z**. Рассчитайте массу соединения **Z**, определите все неизвестные вещества и напишите уравнения всех упомянутых реакций. **(16 баллов)**

Решение. Поскольку бромировании образовалось монобромпроизводное, то, скорее всего, речь идёт о радикальном замещении в ряду насыщенных углеводородов:



Зная массы исходного углеводорода и бромпроизводного, можно приравнять их количества вещества:

$$\frac{2.94}{12x + y} = \frac{5.31}{12x + y - 1 + 80}.$$

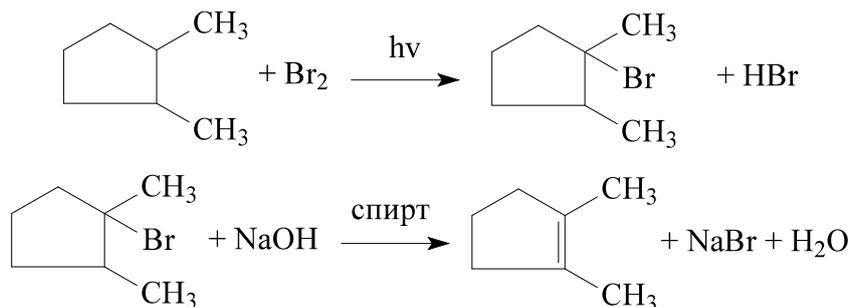
После подстановки $12x + y = z$ получаем $z = 98$. Такая масса соответствует $x = 7$, $y = 14$. Следовательно, искомым углеводород – циклоалкан C_7H_{14} в количестве

$$v(C_7H_{14}) = 2.94 / 98 = 0.03 \text{ моль.}$$

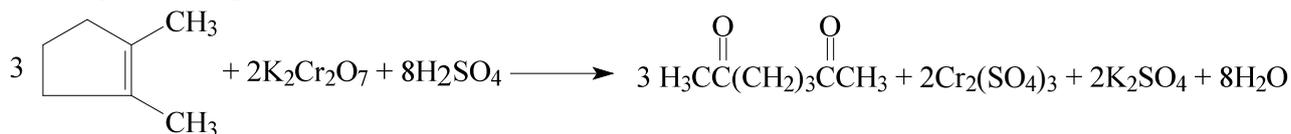
При дегидробромировании бромпроизводного был получен циклический алкен, при жёстком окислении которого образовалось соединение **X**, вступившее далее в галоформную реакцию. Из условий задачи можно рассчитать количество вещества иодоформа (светло-желтый осадок):

$$v(CHI_3) = 23.64 / 394 = 0.06 \text{ моль,}$$

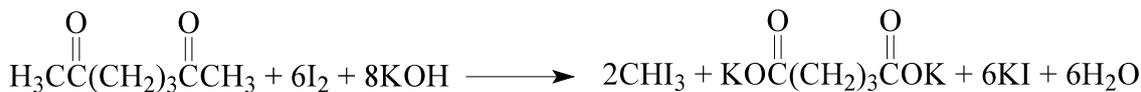
что в два раза больше количества вещества исходного углеводорода, следовательно, продукт окисления циклоалкена может вступить в галоформную реакцию дважды. Поскольку в маточном растворе осталось органическое соединение неразветвлённого строения, то единственный вариант исходного циклоалкана – это 1,2-диметилциклопентан:



Уравнение реакции окисления:



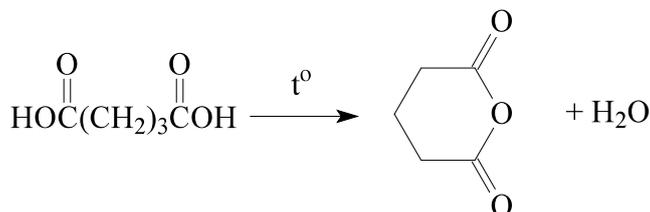
Галоформная реакция (качественная реакция на метилкетоны):



Уравнение реакции при подкислении:



Нагревание глутаровой (пентандиовой) кислоты приводит к получению циклического ангидрида:



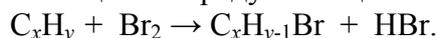
Расчёт массы ангидрида глутаровой кислоты:

$$m = 0.03 \cdot 114 = 3.42 \text{ г.}$$

Ответ: 3.42 г.

10.4. Углеводород массой 3.36 г при бромировании дал одно монобромпроизводное массой 6.52 г, которое обработали спиртовым раствором щелочи, а затем – подкисленным раствором перманганата калия. Образовалось соединение Y, при действии на него избытка иода в щелочной среде выпало 15.76 г светло-желтого осадка, который отделили. Рассчитайте максимальную массу 2-йодпропана, способного прореагировать с органическим соединением неразветвлённого строения, содержащимся в маточном растворе. Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения всех упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение. Поскольку бромировании образовалось монобромпроизводное, то, скорее всего, речь идёт о радикальном замещении в ряду насыщенных углеводородов:



Зная массы исходного углеводорода и бромпроизводного, можно приравнять их количества вещества:

$$\frac{3.36}{12x + y} = \frac{6.52}{12x + y - 1 + 80}.$$

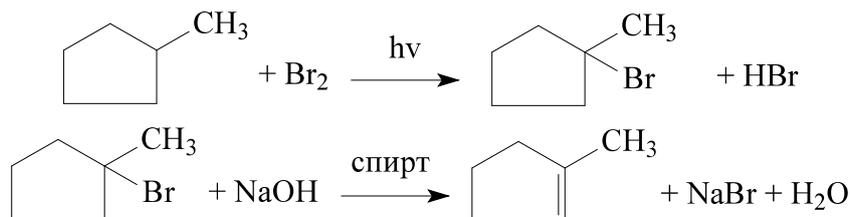
После подстановки $12x + y = z$ получаем $z = 84$. Такая масса соответствует $x = 6$, $y = 12$. Следовательно, искомым углеводород – циклоалкан C_6H_{12} в количестве

$$v(C_6H_{12}) = 3.36 / 84 = 0.04 \text{ моль.}$$

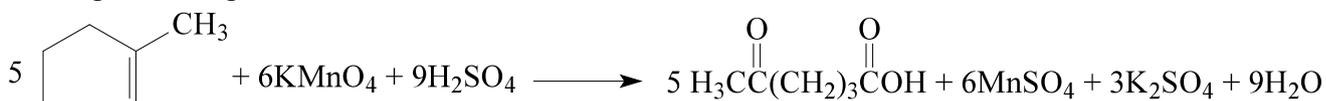
При дегидробромировании бромпроизводного был получен циклический алкен, при жёстком окислении которого образовалось соединение X, вступившее далее в галоформную реакцию. Из условий задачи можно рассчитать количество вещества иодоформа (светло-желтый осадок):

$$v(CHI_3) = 15.76 / 394 = 0.04 \text{ моль,}$$

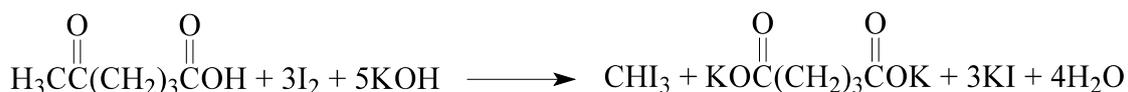
что соответствует количеству вещества исходного углеводорода, следовательно, продукт окисления циклоалкена может вступать в галоформную реакцию. Поскольку в маточном растворе осталось органическое соединение неразветвлённого строения, то единственный вариант исходного циклоалкана – это метилциклопентан:



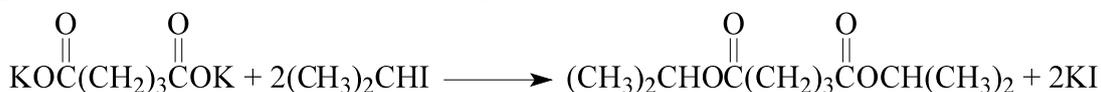
Уравнение реакции окисления:



Галоформная реакция (качественная реакция на метилкетоны):



Уравнение взаимодействия с 2-йодпропаном:



Расчёт массы 2-йодпропана:

Ответ: 13.6 г.

$$m = 2 \cdot 0.04 \cdot 170 = 13.6 \text{ г.}$$