

11 класс

Задача 1

Известно, что в процессе химической реакции связи в исходных веществах разрываются – это энергозатратный, эндотермический процесс. А в продуктах новые связи образуются с выделением тепла – это экзотермический процесс.

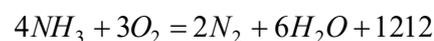
$E_{св}$ – это энергия, затраченная на разрыв связи между двумя атомами либо выделившаяся при образовании связи между ними, [кДж/моль].

На атомизацию молекул O_2 и N_2 затрачивается 498 и 945 кДж/моль соответственно, а энергия связи O – H в молекуле воды равна 458 кДж/моль.

Задание: составьте уравнения сгорания аммиака и определите энергию связи N – H в молекуле NH_3 , если известно, что при сгорании 17 г аммиака выделяется 303 кДж теплоты.

Решение:

$\nu(NH_3) = 1 \text{ моль}$, тогда при сгорании 4 моль NH_3 выделится 1212 кДж:



Значит, энергия затрачивается на разрыв 12 связей N – H и атомизацию 3 молекул O_2 , т.е.

$$E_{затр} = 12x + 3 \cdot 498 = 12x + 1494$$

Энергия выделяется при образовании 12 связей O – H и двух молекул N_2 :

$$E_{выд} = 12 \cdot 458 + 2 \cdot 945 = 7386 \text{ кДж}$$

$$Q_{реакции} = E_{выд} - E_{затр} = 7386 - 1494 - 12x = 1212$$

$$x = 390$$

Ответ: $E_{св}(N - H) = 390 \text{ кДж/моль}$

Система оценивания:

- | | |
|--|--------|
| 1) Составление уравнения сгорания аммиака | 1 балл |
| 2) Определение теплового эффекта реакции сгорания аммиака | 1 балл |
| 3) Определение количества затраченной и выделившейся энергий | 1 балл |
| 4) Определение энергии связи N-H | 1 балл |

Всего 4 балла

Задача 2

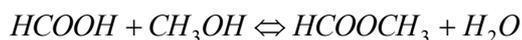
Приготовили раствор безводной муравьиной кислоты в безводном метаноле. Диссоциация кислоты в таком растворе происходит только на 0,025%, а концентрация катионов водорода составляет 0,001M. Плотность исходного раствора равна 0,856 г/мл.

В раствор добавили каталитическое количество серной кислоты и смесь нагревали до тех пор, пока в системе не установилось равновесие.

Задание: определите равновесные концентрации компонентов полученной смеси, если известно, что массовая доля образовавшейся воды в ней составила 6,3%.

Изменениями массы и объема раствора при нагревании пренебречь

Решение



Пусть $V_{p-ра} = 1 \text{ л}$

Тогда масса исходного раствора $m(p - pa) = 856 \text{ г}$

Концентрация кислоты в нем составляет:

$$C_M(k - ты) = \frac{[H^+]}{\alpha_{дисс}} = \frac{10^{-3}}{0,00025} = 4 \text{ моль}$$

$$m(k - ты) = 184 \text{ г}$$

Тогда масса спирта в исходном растворе:

$$m(\text{спирта}) = 856 - 184 = 672 \text{ г}$$

$$v(\text{спирта}) = 21 \text{ моль}$$

После установления равновесия в смеси находятся образовавшиеся метилформиат, вода и оставшиеся непрореагировавшими спирт и кислота.

Масса раствора не изменилась.

Тогда масса образовавшейся воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 856 \cdot 0,063 \approx 54 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль}$$

	$v(\text{HCOOH})$	$v(\text{CH}_3\text{OH})$	$v(\text{HCOOCH}_3)$	$v(\text{H}_2\text{O})$
Исх	4	21		
Изр	3	3		
равн	1	18	3	3

Концентрации компонентов равновесной смеси:

$$C_M(\text{HCOOH}) = 1\text{M}; C_M(\text{CH}_3\text{OH}) = 18\text{M}; C_M(\text{HCOOCH}_3) = 3\text{M}; C_M(\text{H}_2\text{O}) = 3\text{M}$$

Система оценивания:

- 1) определение количеств исходных кислоты и спирта по 2 балла 4 балла
- 2) определение качественного и количественного состава равновесной смеси 2 балла

Всего 6 баллов

Задача 3

Металл, полученный при восстановлении железной окалины угарным газом, измельчили и сплавляли со смесью нитрата и гидроксида калия. В результате получили смесь солей А и Б. Массовая доля исходного металла в соли А, являющейся мощным окислителем, составила 28,28%.

Смесь солей А и Б растворили в соляной кислоте. Получили раствор солей В, Г и Д. Однако, при этом шел еще и побочный процесс, в результате которого выделялся газообразный хлор.

Соль В – продукт восстановления окислителя, соль Г – продукт окисления восстановителя, и соль Д – побочный продукт.

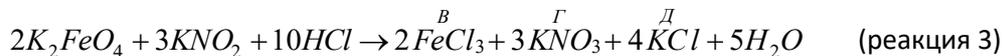
Задание:

- 1) Напишите уравнения всех перечисленных химических процессов и определите вещества А, Б, В, Г и Д.
- 2) Объясните, почему стало возможным протекание побочного процесса, сопровождавшегося выделением газообразного хлора.

Решение



$$\omega(Fe) = \frac{M(Fe)}{M(K_2FeO_4)} = \frac{56}{198} = 0,2828, \text{ что соответствует условию задачи}$$



В реакции 1 образующиеся феррат и нитрит калия находятся в мольном соотношении $\nu(K_2FeO_4) : \nu(KNO_2) = 1 : 3$

В реакции (3) мольное соотношение этих веществ должно быть 2:3, очевидно, что феррат находится в избытке. После того, как весь нитрит калия будет окислен, феррат начнет окислять хлороводород:



Таким образом, протекание побочного процесса, сопровождающегося выделением газообразного хлора, возможно потому, что стехиометрическое соотношение нитрита и феррата калия, как реагентов в реакции (4), не соответствует таковому в реакции (3), в которой эти вещества являются продуктами: феррат калия оказывается в избытке и за неимением другого восстановителя, окисляет хлороводород.

Система оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1) За каждое уравнение реакции по 1 баллу | 4 балла |
| 2) За каждое правильно определенное вещество по 0,5 балла | 2,5 балла |
| 3) За обоснованный ответ на вопрос | 1,5 балла |
- Всего 8 баллов

Задача 4

В реакционном сосуде находится смесь газов ацетилена, этилена и водорода. Плотность этой смеси по водороду составляет 4,571, массовая доля атомарного кислорода в ней равна 25%. В сосуд осторожно поместили никелевый катализатор, слегка нагрели, а потом привели полученную смесь к исходным условиям.

Задание:

- 1) Определите в объемных процентах состав исходной газовой смеси;
- 2) определите плотность по водороду полученной после гидрирования смеси газов. Считать, что все реакции гидрирования проходят до конца.

В вычислениях количества веществ брать с точностью до тысячных. Объемные доли газов приводить с точностью до десятых процента.

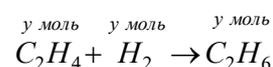
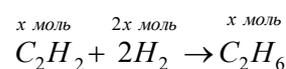
Решение

$$\overline{M(\text{смеси})} = D_{H_2} \cdot M(H_2) = 2 \cdot 4,571 = 9,142 \text{ г/моль}$$

Пусть количество исходной смеси будет равно 1 моль, тогда

$$m(H) \text{ в 1 моль смеси} = 9,142 \cdot 0,25 = 2,2855 \text{ г}$$

$$\nu(H) \text{ в 1 моль смеси} = 2,2855 \text{ моль}$$



$$\text{Пусть } \nu(C_2H_2) = x \text{ моль, тогда} \quad \nu(H) = 2x \text{ моль}$$

$$\nu(C_2H_4) = y \text{ моль} \quad \nu(H) = 4y \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{исх}}(H_2) = z \text{ моль} \quad \nu(H) = 2z \text{ моль}$$

Составляем и решаем систему уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} x + y + z = 1 \\ 2x + 4y + 2z = 2,2855 \\ \frac{28y + 26x + 2z}{x + y + z} = 9,142 \end{array} \right\} \begin{array}{l} x = 0,143 \\ y = 0,143 \\ z = 0,714 \end{array}$$

Состав исходной смеси в процентах по объему:

$$\varphi(C_2H_2) = 14,3\%; \varphi(C_2H_4) = 14,3\%; \varphi(H_2) = 71,4\%$$

После прохождения всех реакций гидрирования в газовой смеси остается этан общим количеством вещества $(x+y)$ моль и оставшийся в избытке водород количеством $0,714-2x-y$

$$\nu(C_2H_6)_{обр} = x + y = 0,286 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2)_{ост} = 0,714 - 2x - y = 0,285 \text{ моль}$$

$$\varphi(C_2H_6) \approx \varphi(H_2)_{ост} = 0,5$$

$$\overline{M}(\text{получ.смеси}) = 0,5M(C_2H_6) + 0,5M(H_2) = 0,5 \cdot 30 + 0,5 \cdot 2 = 16 \text{ г/моль}$$

$$D_{H_2}(\text{получ.смеси}) = \frac{16}{2} = 8$$

Система оценивания:

- 1) за определение состава исходной газовой смеси в процентах 4 балла
 - 2) за расчет плотности по водороду полученной смеси 4 балла
- Всего 8 баллов

Задача 5

Смесь двух изомерных углеводородов нециклического строения массой 27 г, плотность паров которой по метану составляет 3,375, подвергли полной гидратации в соответствующих условиях. В результате масса смеси возросла в 1,467 раза.

При обработке полученной при гидратации смеси продуктов избытком насыщенного раствора гидросульфита натрия, выпал белый кристаллический осадок массой 52,8 г.

Задание:

- 1) Определите молекулярные формулы изомеров
- 2) Составьте структурные формулы исходных изомеров, которые однозначно отражают порядок связи атомов в молекулах, если известно, что исходная смесь не реагирует на аммиачный раствор оксида серебра.
- 3) Напишите уравнения всех описанных процессов с использованием структурных формул изомеров
- 4) Составьте структурные формулы иных возможных изомеров, соответствующих данной молекулярной формуле и напишите уравнения реакций их гидратации, используя структурные формулы.

Решение

У изомеров одна и та же молекулярная формула, значит, одна и та же молярная масса:

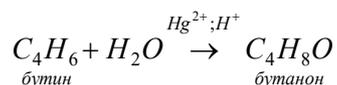
$$M(\text{изомеров}) = D_{CH_4} \cdot M(CH_4) = 3,375 \cdot 16 = 54 \text{ г/моль}$$

В реакции гидратации вступают непредельные УВ, отвечающие формулам C_nH_{2n} и C_nH_{2n-2} . Циклические исключены в условии задачи.

Проверяем формулы по молярной массе, приходим к выводу, что подходит C_nH_{2n-2} , значит, изомеры могут относиться к алкинам и алкадиенам, а молекулярная формула изомеров C_4H_6 .

Осадок с $NaHSO_3$ дают карбонильные соединения, значит, как минимум, один изомер гидратируется с образованием карбонильного соединения, то есть, относится к алкинам.

Запишем реакции в молекулярном виде:



$$\nu(C_4H_9O_4Na) = \frac{m}{M} = \frac{52,8}{176} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{общ}}(\text{исх. смеси}) = \frac{27}{54} = 0,5 \text{ моль}$$

$\nu(\text{изомер2}) = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ моль}$ и это не алкин, т.к. не образует гидросульфитного производного. Значит, второй изомер – алкадиен: бутадиен.

Сопряженный алкадиен присоединяет два моль воды и образует диол, кумулированный алкадиен при гидратации таутомеризуется в кетон, т.е. присоединяет один моль воды.

Масса продуктов гидратации:

$$m(\text{смеси продуктов}) = m(\text{исх. смеси}) \cdot 1,467 = 27 \cdot 1,467 = 39,6 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = m(\text{смеси продуктов}) - m(\text{исх. смеси}) = 39,6 - 27 = 12,6 \text{ г}$$

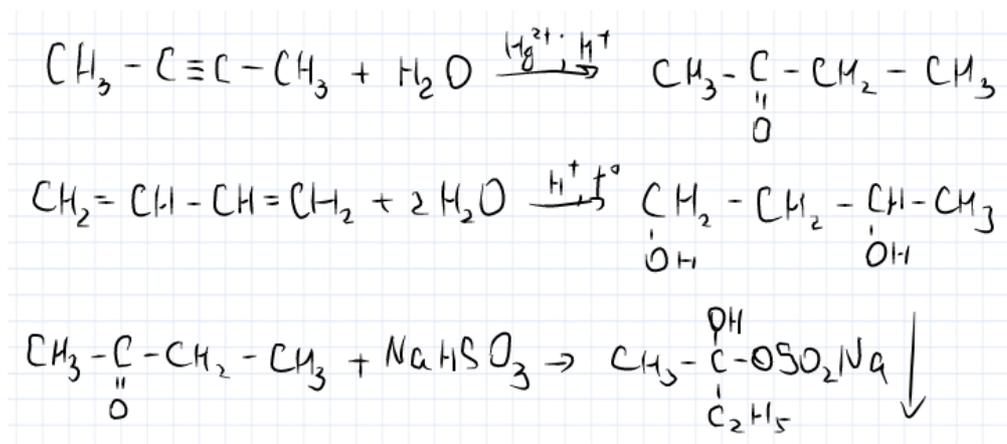
$$\nu(H_2O) = 0,7 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O)_{\text{на бутин}} = \nu(\text{бутин}) = 0,3 \text{ моль}$$

$$(H_2O)_{\text{на бутадиен}} = 0,7 - 0,3 = 0,4 \text{ моль}$$

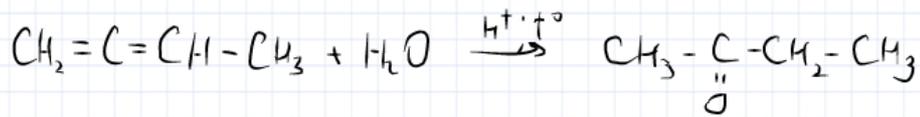
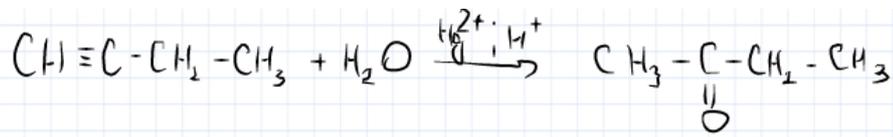
$$\nu(\text{бутадиен}) : \nu(H_2O) = 0,2 : 0,4 = 1 : 2 \text{ значит, это сопряженный бутадиен-1,3}$$

Так как смесь не реагирует на реактив Толленса, значит, входящий в смесь алкин не терминальный, то есть это бутин-2.



Другие изомеры, отвечающие формуле C_4H_6 : бутин-1 и бутадиен-1,2

Уравнения их гидратации:



Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1) За вывод молекулярной формулы | 1 балл |
| 2) За структурные формулы каждого изомера в исходной смеси по 2 балла | 4 балла |
| 3) За составление структурных формул двух других изомеров по 0,5 балла | 1 балл |
| 4) За уравнение гидратации бутадиена-1,2 | 2 балла |
| 5) За составление уравнений остальных четырех реакций по 1 баллу | 4 балла |

Всего 12 баллов

10 класс

Задача 1

Кальцинированную соду, представляющую собой декагидрат карбоната натрия массой 143 г растворили 700 мл воды. Через полученный раствор пропустили 6,72 л (н.у.) углекислого газа. Газ растворился полностью.

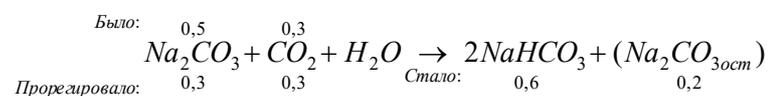
Задание: укажите вещества, содержащиеся в полученном растворе, и определите их массовые доли.

Решение:

$$\omega(\text{в } Na_2CO_3) = \frac{M(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)} = \frac{106}{286} = 0,3706$$

$$m(Na_2CO_{3,6/6} \text{ в соде}) = m(\text{сода}) \cdot \omega(\text{в } Na_2CO_3) = 143 \cdot 0,3706 = 53 \text{ г}$$

$$\nu(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$



После реакции в растворе находится 0,6 моль $NaHCO_3$ и 0,2 моль Na_2CO_3 .

$$m(NaHCO_3) = 0,6 \cdot 84 = 50,4 \text{ г}$$

$$m(Na_2CO_3) = 0,2 \cdot 106 = 21,2 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра конечного}) = 143 + 700 = 843 \text{ г}$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{50,4}{843} = 0,0598 \text{ или } 5,98\%$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{21,2}{843} = 0,0251 \text{ или } 2,51\%$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1) Определение количества безводной соли в соде | 1 балл |
| 2) Определение количеств солей в растворе | 2 балла |
| 3) Определение массовых долей солей в растворе | 1 балл |

Всего 4 балла

Задача 2

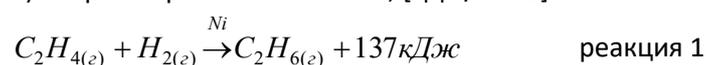
Известно, что в процессе химической реакции связи в исходных веществах разрываются – это энергозатратный, эндотермический процесс. А в продуктах новые связи образуются с выделением тепла – это экзотермический процесс.

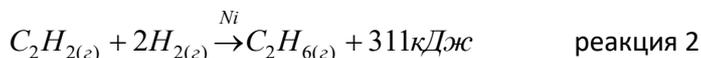
$E_{\text{св}}$ – это энергия, затраченная на разрыв связи между двумя атомами либо выделившаяся при образовании связи между ними, [кДж/моль].

На основании термохимических уравнений и приведенных значений энергий некоторых связей, вычислите:

А) энергию двойной связи $C=C$, [кДж/моль]

Б) энергию тройной связи $C \equiv C$, [кДж/моль]





$$E_{св}(C-H) = 414 \text{ кДж/моль};$$

$$E_{св}(C-C) = 337 \text{ кДж/моль};$$

$$E_{св}(H-H) = 430 \text{ кДж/моль}$$

Решение:

В реакции 1 происходит разрыв одной связи C=C и одной связи H-H и образуются две связи C-H и одна C-C, тогда:

$$\text{Затраченная энергия} = x + 430 \text{ кДж}$$

$$\text{Выделившаяся энергия} = 2 \cdot 414 + 337$$

Тепловой эффект – это разность между затраченной и выделившейся энергиями:

$$Q_1 = 137 = 2 \cdot 414 + 337 - x - 430$$

$$E_{св}(C=C) = 598 \text{ кДж/моль}$$

$$x = 598$$

В реакции 2 происходит разрыв одной связи C≡C и двух связей H-H, а образуются 4 связи C-H и одна связь C-C:

$$Q_2 = 311 = 4 \cdot 414 + 337 - E_{св}(C \equiv C) - 2 \cdot 430$$

$$E_{св}(C \equiv C) = 822 \text{ кДж/моль}$$

$$x = 822$$

Система оценивания:

1) за определения энергии каждой связи по 2 балла

4 балла

Всего 4 балла

Задача 3

Цинковый кубик с ребром, равным 1 см, и массой 6,54 г погрузили в раствор соляной кислоты. Объем раствора 200 мл, концентрация кислоты в нем 1 моль/л. В момент начала реакции скорость выделения газа составляла 200 мл/мин.

Задание: определите скорость реакции, выраженную по объему выделившегося газа [мл/мин], в момент, когда выделится 1120 мл (н.у.) газа.

Считать скорость реакции прямо пропорциональной концентрации кислоты и площади поверхности твердого вещества, а объем раствора – постоянным в течение всего процесса.

Молярную массу цинка принять 65,4 г/моль.

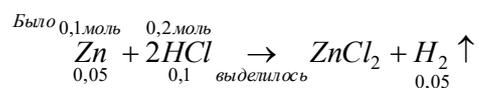
Решение

$$V(\text{кубика}) = a^3 = 1 \text{ см}^3 \quad S_{\text{поверх}}(\text{кубика}) = 6 \text{ см}^2$$

$$v_{\text{исх}}(\text{Zn}) = \frac{m}{M} = \frac{6,54 \text{ г}}{65,4 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$v_{\text{исх}}(\text{HCl}) = V \cdot C_M = 0,2 \text{ л} \cdot 1 \text{ моль/л} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v_{\text{выд}}(\text{H}_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{1,120 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$



$$v_{\text{ост}}(\text{Zn}) = 0,05 \text{ моль}$$

Количество цинка уменьшилось вдвое, значит, вдвое уменьшился объем кубика:

$$V_{\text{ост}}(\text{кубика}) = 0,5 \text{ см}^3, \text{ тогда } a = \sqrt[3]{0,5} = 0,794 \text{ см}; \quad S_{\text{ост}}(\text{кубика}) = a^2 \cdot 6 = 3,78 \text{ см}^2$$

Площадь поверхности цинкового кубика уменьшилась в $6/3,78=1,59$ раз

Концентрация кислоты уменьшилась в 2 раза.

За счёт уменьшения концентрации кислоты в два раза и поверхности кубика в 1,59 раза общее уменьшение скорости реакции будет в 3,17 раз.

Скорость во второй момент времени будет равна

$$g_p = 200 : 3,17 = 65 \text{ мл/мин}$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1) Определение количеств реагирующих веществ в начальный и конечный моменты реакции | 2 балла |
| 2) За расчет площади поверхности кубика после реакции | 2 балла |
| 3) За определение скорости в конечный момент времени | 2 балла |

Всего: 6 баллов

Задача 4

Простое кристаллическое вещество желтого цвета А сожгли в кислороде, полученный газообразный продукт Б пропустили через избыток раствора гидроксида натрия и получили раствор соли В.

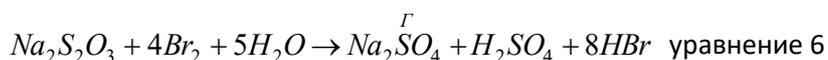
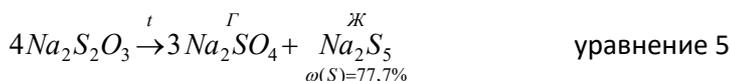
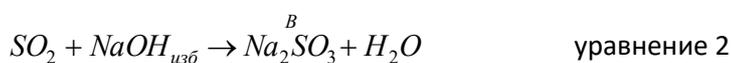
Этот раствор разделили на две части: из одной выпарили воду, а твердый остаток прокалили – в результате образовались соли Г и Д. Ко второй части раствора добавили порошок вещества А и встряхивали до тех пор, пока оно полностью не растворилось. В результате получили раствор соли Е.

Этот раствор так же разделили на две части: из одной выпарили воду, а твердый остаток прокалили – в результате образовались соль Г и бинарное соединение Ж, относящееся к классу полисульфидов, в котором массовая доля атомов, из которых состояло простое вещество А, составляет 77,7%, и которое относится к классу полисульфидов. Ко второй части добавили бромную воду и наблюдали её обесцвечивание. Одним из продуктов реакции в данном процессе явилась соль Г.

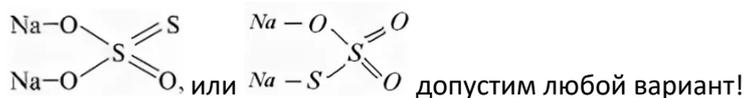
Задание:

- 1) Напишите уравнения всех описанных процессов и определите вещества А, Б, В, Г, Д, Е и Ж.
- 2) Составьте структурную формулу соли Е.

Решение



Структурная формула тиосульфата натрия:



Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1) За составление уравнений 1 и 2 по 0,5 балла | всего 1 балл |
| 2) За составление уравнений 3 – 6 по 1 баллу | всего 4 балла |
| 3) За определение формул веществ А, Б, В, Г и Д по 0,5 балла | всего 2,5 балла |
| 4) За определение формулы Е и Ж по 1 баллу | всего 2 балла |
| 5) За составление структурной формулы тиосульфата | 0,5 балла |

Всего: 10 баллов (если схемы реакций составлены правильно, но коэффициенты неверны, то общий балл рекомендуется снизить на 1, но уравнения засчитать как правильные).

Задача 5

Через смесь изомерных неароматических углеводородов массой 42 г и плотностью паров по азоту 3,0 пропустили хлор в темноте при комнатной температуре. В результате масса смеси возросла на 50,71%. Практический выход реакции хлорирования считать 100%.

Задание:

- 1) Определите молекулярные формулы изомеров
- 2) Рассчитайте массовые доли каждого из изомеров в смеси
- 3) Составьте структурные формулы если известно, что при хлорировании на свету каждый из изомеров образует только одно монохлорпроизводное
- 4) Напишите уравнения хлорирования изомеров в темноте при комнатной температуре и на свету, используя структурные формулы органических веществ. Назовите исходные вещества по номенклатуре ИЮПАК.

Решение

Средняя молярная масса смеси изомерных углеводородов:

$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{N_2} \cdot M(N_2) = 3 \cdot 28 = 84 \text{ г/моль}$$

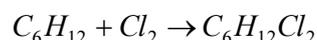
Общее количество смеси:

$$V_{\text{общ}} = \frac{m}{M} = \frac{42 \text{ г}}{84 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

Хлорирование в темноте при комнатной температуре – это реакция присоединения. В реакции присоединения вступают непредельные УВ, либо младшие циклоалканы. В условии сказано, что неароматические, следовательно, это либо C_nH_{2n} либо C_nH_{2n-2} .

Проверяем формулы по молярной массе, приходим к выводу, что подходит C_nH_{2n} , значит, изомеры могут относиться к алкенам и циклоалканам, а молекулярная формула изомеров C_6H_{12} .

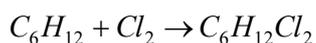
Циклоалканы, у которых в цикле больше 5 атомов С в реакции присоединения не вступают, значит, хлорированию в темноте подвергся алкен.



Тогда по разности масс исходной и полученной смесей можно найти массу присоединенного хлора, а через неё выйти на количество алкена:

$$m(\text{получ.смеси}) = m(\text{исх.смеси}) \cdot 1,5071 = 63,3 \text{ г}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 63,3 - 42 = 21,3\text{г}$$



$$v(\text{алкена}) = v(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{21,3\text{г}}{71\text{г/моль}} = 0,3\text{моль}$$

Количество алкена меньше количества исходной смеси, значит, в составе смеси были изомерные алкен и циклоалкан, который не хлорируется при обычных условиях.

$$v(\text{циклоалкана}) = 0,2\text{моль}$$

Таким образом, в исходной смеси находились изомеры с молекулярной формулой C_6H_{12} – алкен и циклоалкан.

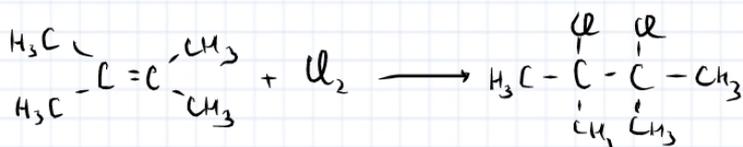
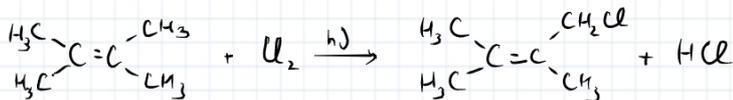
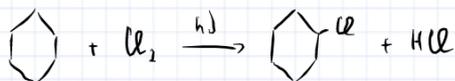
$$\text{Количество алкена } 0,3 \text{ моль, масса } 25,2 \text{ г, массовая доля } \omega(\text{алкена}) = \frac{25,2}{42} = 0,6 \text{ или } \mathbf{60\%}$$

$$\text{Тогда } \omega(\text{циклоалкана}) = 40\%$$

При составлении структурных формул следует учесть, что оба изомера при хлорировании на свету образуют только одно монохлорпроизводное. Это значит, что все атомы углерода в обоих изомерах, подвергающиеся атаке радикала хлора, одинаковые.

Таким образом, циклоалкан – это **циклогексан**, в котором все атомы С вторичные.

Алкен – **2,3-диметилбутен-2**, у которого все sp^3 -гибридные атомы С находятся в аллильном положении.



Система оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1) За определение молекулярной формулы изомеров | 2 балла |
| 2) За расчет массовых долей изомеров в исходной смеси | 3 балла |
| 3) За вывод структурной формулы циклогексана | 1 балл |
| 4) За вывод структурной формулы 2,3-диметилбутена-2 | 2 балла |
| 5) За написание уравнений реакций хлорирования | 1,5 балла |
| 6) За названия исходных изомеров по ИЮПАК | 0,5 балла |

Всего: 10 баллов

9 класс

Задача

Допишите левые части уравнений и расставьте коэффициенты:

- 1) $\dots + \dots \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$
- 2) $\dots \xrightarrow{t} CuO + NO_2 \uparrow + O_2$
- 3) $\dots + \dots + \dots \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + NaCl$
- 4) $\dots + \dots \rightarrow N_2 + H_2O$

Решение:

- 1) $MnO_2 + 4HCl_{\text{конц}} \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$
- 2) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t} 2CuO + 4NO_2 \uparrow + O_2$
- 3) $3Na_2CO_3 + 2FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow + 6NaCl$
- 4) $6NO_2 + 8NH_3 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$

В уравнении 4) может быть любой оксид азота!

Система оценивания:

- 1) За каждое уравнение химической реакции по 1 баллу 4 балла
- Если схемы реакций записаны верно, но не везде расставлены коэффициенты, общий балл снизить на единицу.

Всего 4 балла

Задача 2

Какой объем 15%-ного водного раствора аммиака нужно взять, чтобы приготовить 500 мл раствора (№1) с концентрацией аммиака 0,1 моль/л? Ответ округлите до десятых.

Через приготовленный раствор (№1) пропустили 8,96 л (н.у.) газообразного аммиака. Какой стала концентрация конечного раствора (№2)?

Плотность исходного раствора 0,9 г/мл.

Изменением объема раствора вследствие растворения в нем газа пренебречь.

При расчете молярной массы аммиака не учитывать его гидратацию в растворе и брать значение 17 г/моль.

Решение:

$$\omega(\epsilon) = \frac{m(\epsilon)}{V^I(p-pa)\rho(p-pa)} \quad C_M = \frac{m(\epsilon)}{M(\epsilon) \cdot V^{II}(p-pa)}$$

$$m(\epsilon - \epsilon_a) = \omega(\epsilon) \cdot V^I(p-pa) \cdot \rho(p-pa) = \frac{C_M \cdot M(\epsilon) \cdot V^{II}(p-pa)}{1000}$$

$$V^I(p-pa) = \frac{C_M \cdot M(\epsilon) \cdot V^{II}(p-pa)}{\omega(\epsilon) \cdot \rho(p-pa)} = \frac{0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 17 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 0,5 \text{ л}}{0,15 \cdot 0,9 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 6,3 \text{ мл}$$

Ответ 1: 6,3 мл

$$v(NH_3)_{\text{доб}} = \frac{V}{V_M} = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$v(NH_3)_{\text{в } p-pa \text{ №1}} = C_M \cdot V = 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,5 \text{ л} = 0,05 \text{ моль}$$

$$v(NH_3)_{\text{общ}} = 0,45 \text{ моль}$$

$$C_m(p - pa \text{ №2}) = \frac{V}{V} = \frac{0,45 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 0,9 \text{ моль/л}$$

Ответ2: 0,9М

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1) за определение объема концентрированного раствора | 2 балла |
| 2) за определение концентрации в растворе №2 | 3 балла |

Всего 5 баллов

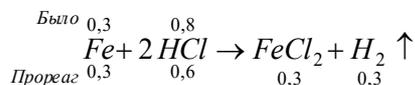
Задача 3

В раствор соляной кислоты массой 146 г и массовой долей хлороводорода 20% добавили 16,8 г железных опилок. После окончания реакции в полученный раствор опустили цинковую пластинку массой 26 г и дождалась окончания всех химических реакций.

Задание: определите массовую долю соли в конечном растворе.

Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

Решение:



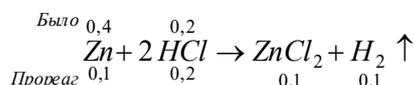
$$\nu(\text{Fe}) = 16,8 / 56 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{146 \cdot 0,2}{36,5} = 0,8 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{HCl})_{\text{изр}} = 2\nu(\text{Fe}) = 0,6 \text{ моль}$$

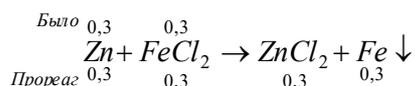
$$\nu(\text{HCl})_{\text{ост}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Zn}) = 26 / 56 = 0,4 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{Zn})_{\text{изр}} = \frac{1}{2} \nu(\text{HCl})_{\text{ост}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Zn})_{\text{ост}} = 0,3 \text{ моль}$$



В конечном растворе после всех реакций содержится только одна соль – 0,4 моль ZnCl₂

$$m(\text{ZnCl}_2) = 54,4 \text{ г}$$

$$m(\text{конеч. р - ра}) = m(\text{р - ра HCl}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Zn}) - m(\text{H}_2 \uparrow) - m(\text{Fe} \downarrow)$$

$$m(\text{конеч. р - ра}) = 146 + 16,8 + 26 - 0,8 - 16,8 = 171,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{ZnCl}_2) = \frac{54,4}{171,2} = 0,3177 \text{ или } \mathbf{31,8\%}$$

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1) за каждое уравнение реакции по 1 баллу | 3 балла |
| 2) за определение общего количества ZnCl ₂ в конечном растворе и расчет массовой доли | 1 балл |
| 3) за определение массы раствора после реакции | 1 балл |

Всего 5 баллов

Задача 4

В водном растворе двух солей – хлорида натрия и ортофосфата натрия – на два аниона приходится пять катионов.

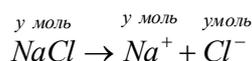
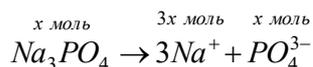
Задание:

- рассчитайте, в каком мольном соотношении находятся соли в растворе: $n(\text{NaCl}) : n(\text{Na}_3\text{PO}_4)$ - ?
- рассчитайте массовые доли обеих солей в растворе, если известно, что на один катион приходится 30 молекул воды.

Ответ округлите до сотых.

Решение:

Уравнения диссоциации солей:



Атомные и молярные соотношения – это одно и то же.

Составляем систему:

$$x + y = 2$$

$$3x + y = 5 \quad \text{находим } x = 1,5; y = 0,5$$

Таким образом $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) : n(\text{NaCl}) = 1,5 : 0,5 = 3 : 1$

Пусть $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 3$ моль, а $n(\text{NaCl}) = 1$ моль

Тогда катионов натрия в растворе будет 10 моль.

Следовательно, молекул воды в растворе будет 300 моль.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г / моль} = 5400 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 3 \text{ моль} \cdot 164 \text{ г / моль} = 492 \text{ г}$$

$$m(\text{NaCl}) = 1 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г / моль} = 58,5 \text{ г}$$

$$m(p - pa) = 5400 + 492 + 58,5 = 5950,5 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{492}{5950,5} = 0,0827 \text{ или } 8,27\%$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{58,5}{5950,5} = 0,00983 \text{ или } 0,98\%$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1) за уравнения диссоциации солей | 1 балл |
| 2) за определение молярного соотношения солей | 2 балла |
| 3) за определение массовых долей солей в растворе | 3 балла |

Всего 6 баллов

Задача 5

При проведении взрывотехнического эксперимента нитрат аммония массой 40 г поместили в реакционный сосуд объемом 0,5 л при давлении 100 кПа, герметично закрыли и прокаливали некоторое время при 250°C до тех пор, пока давление в сосуде не увеличилось на 5215,4 кПа по сравнению с исходным.

Задание:

- 1) определите массовые доли веществ, находящихся в этот момент в сосуде (вещества, составляющие воздух, находившийся в сосуде до начала прокаливания, не учитывать)
- 2) определите, каким станет *общее* давление в сосуде, если

- его охладить до 10°C
- в него ввести 2,98 л (н.у.) газообразного аммиака (в момент окончания прокаливания, до охлаждения)

Решение:



$$\nu_{\text{исх}}(NH_4NO_3) = \frac{m}{M} = \frac{40}{80} = 0,5 \text{ моль}$$

Если разложится вся соль без остатка, общее количество газов в сосуде при температуре 250°C составит $\nu_{\text{теор}}(\text{газов}) = 1 \text{ моль}$, т.к. вода при такой температуре тоже в газовой фазе.

Находим фактическое количество газов в сосуде:

$$\nu_{\text{факт}}(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{5215,4 \text{ кПа} \cdot 0,5 \text{ л}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 523 \text{ К}} = 0,6 \text{ моль}$$

Значит, соль при прокаливании разложилась не полностью.

$$\nu(N_2O) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(NH_4NO_3)_{\text{изр}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(NH_4NO_3)_{\text{ост}} = 0,3 \text{ моль}$$

Таким образом, в реакционном сосуде в момент окончания прокаливания содержится:

$$m(N_2O) = 0,2 \cdot 44 = 8,8 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 0,4 \cdot 18 = 7,2 \text{ г}$$

$$m(NH_4NO_3)_{\text{ост}} = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ г}$$

Массовые доли:

$$\omega(N_2O) = 8,8 / 40 = 0,22 \text{ или } 22\%$$

$$\omega(H_2O) = 7,2 / 40 = 0,18 \text{ или } 18\%$$

$$\omega(NH_4NO_3) = 60\%$$

Если сосуд с содержимым охладить до 10°C, то давление уменьшится не только за счет уменьшения температуры, но и из-за конденсации воды: в газовой фазе при такой температуре останется только 0,2 моль N₂O

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,2 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 283 \text{ К}}{0,5 \text{ л}} = 940,7 \text{ кПа}$$

Ответ: общее давление в сосуде станет 940,7 + 100 = 1040,7 кПа

Если в сосуд ввести 2,98 л (н.у.) аммиака при температуре 250°C, он прореагирует с оксидом азота:



$$\nu_{\text{доб}}(NH_3) = \frac{V}{V_m} = \frac{2,98 \text{ л}}{22,4 \text{ л / моль}} = 0,133 \text{ моль}$$

$$\frac{\nu(N_2O)}{\nu(NH_3)} = \frac{0,2}{0,133} = \frac{3}{2} \text{ - стехиометрическое соотношение}$$

Получается, что в реакционный сосуд ввели стехиометрическое количество аммиака, оксид азота и аммиак прореагировали без остатка. Значит, в сосуде остались азот и вода.

$$\nu(N_2) = 2\nu(NH_3) = 0,266 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O)_{\text{обр}} = \nu(N_2O) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O)_{\text{общ}} = 0,2 + 0,4 = 0,6 \text{ моль}$$

Т.о, общее количество веществ, находящихся в газообразном состоянии в реакционном сосуде, составляет 0,866 моль.

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,866 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 523 \text{ К}}{0,5 \text{ л}} = 7527,5 \text{ кПа}$$

Ответ: давление в сосуде станет 7627,5 кПа.

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1) за уравнение 1 | 1 балл |
| 2) за определение массовых долей веществ в сосуде | 3 балла |
| 3) за определение общего давления в сосуде при охлаждении | 2 балла |
| 4) за уравнение 2 | 2 балла |
| 5) за определение количеств веществ, оставшихся после реакции 2 в сосуде | 1 балл |
| 6) за расчет конечного давления | 1 балл |

Всего: 10 баллов

8 класс

Задание 1

Приведите примеры взаимодействия:

- 1) двух неметаллов
- 2) металла с неметаллом
- 3) оксида металла с неметаллом
- 4) оксида неметалла с неметаллом
- 5) оксида металла с металлом
- 6) оксида неметалла с металлом
- 7) оксида металла с оксидом неметалла
- 8) оксида металла с оксидом металла
- 9) оксида неметалла с оксидом неметалла.

Укажите условия проведения реакций, расставьте коэффициенты!

Система оценивания:

За каждое правильное уравнение по 1 баллу

9 баллов

Задание 2

Плотность серебра равна $10,5 \text{ г/см}^3$. Сколько атомов находится в серебряном кубике, ребро которого имеет длину 1 см? Какова масса одного атома серебра?

Решение

$$V_{\text{куб}} = 1 \text{ см}^3$$

$$m(\text{Ag}) = V \cdot \rho = 10,5 \text{ г}$$

$$N_{\text{атомов}} = \frac{m \cdot N_A}{M} = 5,85 \cdot 10^{22}$$

$$m(\text{Ag}) = Mr \cdot a.e.m. = 108 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24} = 1,8 \cdot 10^{-22} \text{ г}$$

Ответ: $5,85 \cdot 10^{22}$ атомов, $1,8 \cdot 10^{-22}$ г

Система оценивания:

Определено число атомов

1 балл

Определена масса атома

1 балл

Всего 2 балла

Задание 3

Относительная плотность смеси газов по другому газу обозначается D и показывает, во сколько раз исходная смесь газов тяжелее заданного газа. При этом объемы смеси и заданного газа должны быть равны.

Имеется смесь кислорода и неона, находящаяся при нормальных условиях. Известно, что в ней объемная доля неона в 4 раза больше объемной доли кислорода. Определите относительную плотность этой смеси по воздуху.

Решение:

Пусть объем смеси равен 22,4 л.

Тогда $V(\text{Ne}) = 17,92 \text{ л}$, $m(\text{Ne}) = 16 \text{ г}$

$V(\text{O}_2) = 4,48 \text{ л}$; $m(\text{O}_2) = 6,4 \text{ г}$

$$D_{\text{возд}}(N_2 + CO_2) = \frac{6,4 + 16}{29} = 0,77$$

Ответ: 0,77

Система оценивания:

Выражены объемы газов	1 балл
Выражены массы газов	1 балл
Определена относительная плотность	1 балл
Всего 3 балла	

Решение задачи может отличаться от приведенного!

Задание 4

Определите массу металлического лития, которую нужно добавить к 200 г раствора гидроксида лития с массовой долей щелочи, равной 6%, чтобы массовая доля щелочи стала равна 15%?

Решение

Масса щелочи в исходном растворе равна 12 г.

Масса щелочи, образовавшейся в результате взаимодействия лития с водой раствора :



$$m(\text{LiOH})_{\text{обр}} = 2x \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 48x \text{ г}$$

$$m(\text{Li}) = 2x \text{ моль} \cdot 7 \text{ г/моль} = 14x \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2) = x \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 2x \text{ г}$$

$$\omega(\text{LiOH})_{\text{в получр-ре}} = \frac{m(\text{LiOH})_{\text{исх}} + m(\text{LiOH})_{\text{обр}}}{m_{\text{исх}}(p - pa) + m(\text{Li}) - m(\text{H}_2)}$$

$$\omega(\text{LiOH})_{\text{в получр-ре}} = \frac{12g + 48x}{200 + 14x - 2x} = 0,15$$

$$x = 0,39 \text{ г}$$

$$m(\text{Li}) = 14x \text{ г} = 5,45 \text{ г}$$

Ответ: 5,45 г

Система оценивания:

Записано уравнение реакции взаимодействия лития с водой	1 балл
Определены соотношения лития и гидроксида лития, выражены их массы	1 балл
Составлено выражение для определения массовой доли и произведен расчет	1 балл
Всего 3 балла	

Задание 5

В смеси оксида и сульфата некоторого трехвалентного металла массовая доля серы составляет 15,48%, а кислорода – 42,58%. Определите, что это за металл.

Решение

Зададимся условной массой: пусть масса смеси будет равна 100 г.

Тогда:

$$m(\text{S}) = 15,48 \text{ г}, \text{ а } n(\text{S}) = 0,4838 \text{ моль}$$

По условию задачи металл трехвалентный, следовательно, формула его сульфата – $Me_2(SO_4)$. Из неё следует, что

$$v(Me)_{\text{в сульфате}} = 2/3v(S) = 0,3225 \text{ моль}$$

$$v(O)_{\text{в сульфате}} = 4v(S) = 4 \cdot 0,4838 = 1,9352 \text{ моль}$$

Выразим массу сульфата металла:

$$m(Me_2(SO_4)) = 15,48 + 1,9352 \cdot 16 + 0,3225M(Me) = 46,44 + 0,3225M(Me) \text{ г}$$

Найдем общую массу кислорода в смеси:

$$m(O) = 100\text{г} \cdot 0,4258 = 42,58 \text{ г}$$

Найдем массу кислорода в оксиде металла:

$$m(O)_{\text{в оксиде}} = 42,58 - 1,9352 \cdot 16 = 11,617 \text{ г}$$

Следовательно, количество вещества кислорода в оксиде

$$v(O)_{\text{в оксиде}} = 0,726 \text{ моль.}$$

По условию задачи металл трехвалентный, следовательно, формула его оксида – Me_2O_3 . Из неё следует, что

$$v(Me)_{\text{в оксиде}} = 2/3v(O)_{\text{в оксиде}} = 0,484 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } m(\text{оксида}) = 0,484 M(Me) + 11,617 \text{ г}$$

Составляем уравнение и находим молярную массу металла:

$$46,44 + 0,3225M(Me) + 0,484 M(Me) + 11,617 = 100 \text{ г}$$

$$M(Me) = 52 \text{ г/моль}$$

Такая молярная масса соответствует металлу хром Cr.

Ответ: хром.

Система оценивания:

Определены общие количества углерода и кислорода в смеси	1 балл
Выражена масса карбоната металла	2 балла
Выражена масса оксида металла	2 балла
Составлено уравнение и рассчитана молярная масса металла	1 балл
Всего 6 баллов	