

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО (РАЙОННОГО) ЭТАПА

Теоретический тур

10 класс

№ 1

I вариант

При термическом разложении 33.12 г соли **A** при 300°C выделилась смесь газов **B₁** и **B₂** и остался твердый остаток красно-оранжевого вещества **B**, содержащий 9.33 % кислорода по массе. Вещество **B** полностью растворили в концентрированной соляной кислоте, при этом выделился желто-зеленый газ **Г** и образовалась соль **Д**. Известно, что газ **B₁** имеет бурую окраску и занимает объем 4.89 л при 25 °C и 1 атм.

- 1) Установите состав соли **A** и веществ **B₁**, **B₂**, **B**, **Г**, **Д**. Ответ подтвердите расчетами.
- 2) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение.

Бурый газ **B₁** подходит под описание диоксида азота, из чего можно сделать предположение, что исходная соль **A** – нитрат металла. Вычислим количество бурого газа **B₁**:

$$n(\text{B}_1) = \frac{4,89 \cdot 101,3}{298 \cdot 8,31} = 0,2 \text{ моль}$$

Количество вещества диоксида азота вдвое больше количества соли. Формула соли будет выглядеть как $\text{X}(\text{NO}_3)_n$. Варьируя n , получаем возможные значения для молярной массы металла.

- $n=1$, формула соли XNO_3 , $M(\text{A}) = \frac{33,12}{0,2} = 165,6 \text{ г/моль}$, отсюда $M(\text{X}) = 103,6 \text{ г/моль}$, и данное значение не подходит ни одному из металлов;
- $n=2$, формула соли $\text{X}(\text{NO}_3)_2$, $M(\text{A}) = \frac{33,12}{0,1} = 331,2 \text{ г/моль}$, отсюда $M(\text{X}) = 207,2 \text{ г/моль}$, и данное значение подходит свинцу.

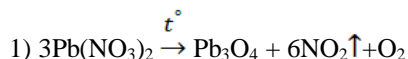
Проверим наше предположение, посчитав формулу соединения **B**, представляющего собой оксид свинца Pb_nO_m :

$$n:m = \frac{90,67}{207,2} : \frac{9,33}{16} = 0,437 : 0,583 = 0,75 : 1 \text{ или } 3:4,$$

что соответствует свинцовому сурику Pb_3O_4

Вещества: **A** - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, **B₁** - NO_2 , **B₂** - O_2 , **B** - Pb_3O_4 , **Г** - Cl_2 , **Д** - PbCl_2

Уравнения реакций:



II вариант

При термическом разложении 18.0 г соли **A** при 500 °C выделилась смесь газов **B₁** и **B₂** и остался твердый остаток **B**, содержащий 27.64 % кислорода по массе. Вещество **B** полностью растворилось в концентрированной йодистоводородной кислоте, в результате чего выпал темный кристаллический осадок вещества **Г**, и образовался бледно-зеленый раствор соли **Д**. Известно, что газ **B₁** занимает объем 4.89 л при 25 °C и 1 атм.

- 1) Установите состав соли **A** и веществ **B₁**, **B₂**, **B**, **Г**, **Д**. Ответ подтвердите расчетами.
- 2) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение:

Бурый газ **Б** подходит под описание диоксида азота, из чего можно сделать предположение, что исходная соль **А** – нитрат металла. Вычислим количество бурого газа **Б**:

$$n(\text{Б}) = \frac{4,89 \cdot 101,3}{298 \cdot 8,31} = 0,2 \text{ моль}$$

Количество вещества диоксида азота вдвое больше количества соли. Формула соли будет выглядеть как $\text{X}(\text{NO}_3)_n$. Варьируя n , получаем возможные значения для молярной массы металла.

- $n=1$, формула соли XNO_3 , $M(\text{А}) = \frac{18,0}{0,2} = 90 \text{ г/моль}$, отсюда

$M(\text{X}) = 28 \text{ г/моль}$, и данное значение не подходит ни одному из металлов

- $n=2$, формула соли $\text{X}(\text{NO}_3)_2$, $M(\text{А}) = \frac{18,0}{0,1} = 180 \text{ г/моль}$, отсюда

$M(\text{X}) = 56 \text{ г/моль}$, и данное значение подходит железу

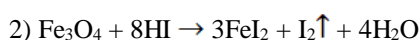
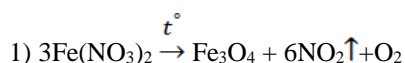
Проверим наше предположение, посчитав формулу соединения **В** представляющего оксид железа Fe_nO_m :

$$n:m = \frac{72,36}{56} : \frac{27,64}{16} = 1,29 : 1,73 = 0,75 : 1 \text{ или } 3:4,$$

что соответствует железной окалине Fe_3O_4

Вещества: **А** - $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, **Б**₁ – NO_2 , **Б**₂ – O_2 , **В** – Fe_3O_4 , **Г** – I_2 , **Д** – FeI_2

Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию:

1. Вещества **А** – **Д** по 0,5 балла
2. Уравнения реакций по 1 баллу (если реакция неверно уравнена – 0,5 баллов)

ИТОГО: 5 баллов

№ 2

I вариант

Простые вещества **А** и **Б**, расположенные в одном периоде системы элементов Д.И. Менделеева, образуют между собой соединение **В**, содержащее 64,00 % элемента **Б**. При гидролизе соединения **В** образуется газ **Г**, содержащий по массе 5,88 % водорода и 94,12% элемента **Б**. Водный раствор газа **Г** обладает кислотными свойствами.

1) Определите элементы **А**, **Б** и формулы соединений **В**, **Г**.

2) Напишите уравнение реакций получения и гидролиза соединения **В**.

3) Какова масса осадка, который выпадет при пропускании 5,6 л (н.у.) газа **Г** через избыток водного раствора нитрата свинца (II)?

Решение.

Общая формула соединения **Г**: $\text{H}_n\text{Б}$, где n – модуль степени окисления **Б**. Заметим, что сумма массовых долей водорода и элемента **Б** в соединении **Г** составляет 100%. Получим и решим уравнение:

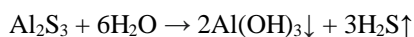
$$\frac{n}{\text{Б}+n} = 0,0588,$$

где **Б** – молярная масса элемента **Б**. Получим следующее выражение: $\mathbf{B} = 16n$. Подставляем разные целые значения n и получаем, что при $n = 2$ $\mathbf{B} = 32$ г/моль, что соответствует сере (**S**). Тогда **Г** – сероводород (H_2S). Аналогичным способом установим формулу соединения **В**: общая формула – A_2S_n . Составим уравнение:

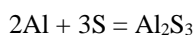
$$\frac{32n}{2\mathbf{A}+32n} = 0,64,$$

где **A** – молярная масса элемента **A**, откуда $\mathbf{A} = 9n$. При $n = 3$ $\mathbf{A} = 27$ г/моль, что соответствует алюминию (**Al**). Таким образом, **A** – **Al**, **Б** – **S**, **В** – Al_2S_3 , **Г** – H_2S .

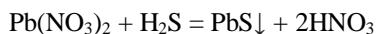
Уравнение реакции гидролиза **В**:



Способ получения вещества **В** (принимаются любые адекватные варианты):



Реакция с нитратом свинца:



Для начала рассчитаем количество сероводорода:

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 5,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,25 \text{ моль}.$$

$$\text{Тогда } n(\text{PbS}) = 0,25 \text{ моль. } m(\text{PbS}) = 0,25 \text{ моль} * 239 \text{ г/моль} = 59,75 \text{ г}.$$

II вариант

Простые вещества **A** и **Б**, расположенные в одном периоде системы элементов Д.И. Менделеева, образуют между собой соединение **В**, содержащее 62.865 % элемента **Б**. При гидролизе этого соединения образуется газ **Г**, содержащий по массе 2.47 % водорода и 97.53 % **Б**. Водный раствор газа **Г** обладает кислотными свойствами.

1) Определите элементы **A**, **Б**, формулы соединений **В**, **Г**.

2) Напишите уравнение реакции гидролиза **В** и реакцию получения соединения **В**.

3) Какова масса осадка, который выпадает при пропускании 11.2 литров (н.у.) газа **Г** через избыток водного раствора нитрата свинца (II)?

Решение.

Общая формула соединения **Г**: $\text{H}_n\text{Б}$, где n – модуль степени окисления **Б**. Заметим, что сумма массовых долей водорода и элемента **Б** в соединении **Г** составляет 100%. Получим и решим уравнение:

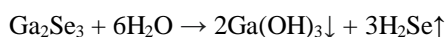
$$\frac{n}{\mathbf{B}+n} = 0,0247,$$

где **Б** – молярная масса элемента **Б**. Получим следующее выражение: $\mathbf{B} = 39,5n$. Подставляем разные целые значения n и получаем, что при $n = 2$ $\mathbf{B} = 79$ г/моль, что соответствует селену (**Se**). Тогда **Г** – селеноводород (H_2Se). Аналогичным способом установим формулу соединения **В**: общая формула – A_2Se_n . Составим уравнение:

$$\frac{79n}{2\mathbf{A} + 79n} = 0,62865,$$

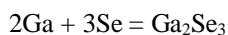
где **A** – молярная масса элемента **A**, откуда $\mathbf{A} = 23,33n$. При $n = 3$ $\mathbf{A} = 70$ г/моль, что соответствует галлию (**Ga**). Таким образом, **A** – **Ga**, **Б** – **Se**, **В** – Ga_2Se_3 , **Г** – H_2Se .

Уравнение реакции гидролиза **В**:

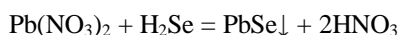


Способ получения вещества **В** (принимаются любые адекватные варианты):

Информация о результатах и решения на сайтах olymp.academtalant.ru и chemspb.3dn.ru



Реакция с нитратом свинца:



Для начала рассчитаем количество селеноводорода:

$$n(\text{H}_2\text{Se}) = 11,2 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,5 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } n(\text{PbSe}) = 0,5 \text{ моль. } m(\text{PbSe}) = 0,5 \text{ моль} * 286 \text{ г/моль} = 143 \text{ г.}$$

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Вещества А-Г по 0,5 балла | 2 балла |
| 2. Уравнение реакций гидролиза В – 1 балл | 1 балл |
| 3. Способ получения В – 0,5 балла | 0,5 балла |
| 4. Вычисление массы осадка – 1,5 балла | 1,5 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№ 3

I вариант

Однажды химик Вая не выспался и поэтому засыпал на уроке. Все слова, которые он не записал, заменены буквами. Вот, что он увидел у себя в тетради: «Между веществами **А**, **В** и **С** можно провести несколько реакций. **А** реагирует с галогеном **В**: образуется вещество **Д** [ω (галогена в **Д**) = 97.26 %] с выраженными кислотными свойствами. Чтобы **А** присоединилось к неопределённому **С** нужен катализатор: получается соединение **Е**. Присоединение **В** к **С** протекает без катализатора, образуется **Г** (масса молекулы **Г** больше массы молекулы **С** в 2.69 раза). Дома напишите три реакции с необходимыми условиями: горения железа в **В**; между **В** и **Е**; между **С** и **Д**». Среди веществ **А-Г** есть два простых и три бинарных вещества, а соединение **Г** не является бинарным. При этом массовая доля одного из элементов в **Е** равна 81.82 %.

- 1) Расшифруйте все вещества и помогите Ваяе выполнить домашнее задание. Свои выводы подтвердите.
- 2) Приведите пример катализатора для присоединения **А** к **С**.

Решение.

Д имеет в своем составе галоген, оно также обладает кислотными свойствами. Так как массовая доля галогена в **Д** большая, то, вероятно, это галогеноводород. Попробуем найти состав вещества **Д** перебором:

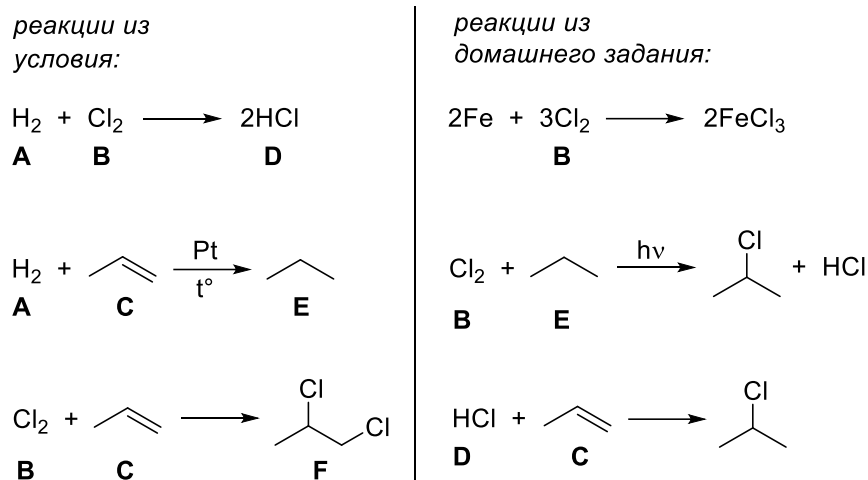
Галоген	F	Cl	Br	I	At
Молярная масса Д	19.53	36.5	82.25	130.58	215.9
Соединение Д	-	HCl	-	-	-

Значит, **Д** – это HCl, а оно получается взаимодействием водорода с хлором. Значит, **В** – это хлор, а **А** – водород.

В условии сказано, что «среди веществ **А-Г** есть два простых и три бинарных вещества». **Г** – не бинарное (и не простое, судя по методу его получения). Это значит, что **С** и **Е** – бинарные вещества, а в **Г** содержится минимум 3 элемента.

Присоединение хлора к **С** увеличивает молярную массу соединения в 2.69 раза. Пусть $M(\text{C}) = y$ г/моль, тогда составим уравнение: $(y + 35.5 \times 2 \times n) / y = 2.69$, где n – количество молекул хлора, которое присоединилось; откуда $M(\text{C}) = y = 42n$. Поскольку протекает реакция присоединения, логично предположить, что **С** – неопределённое вещество. Молярная масса **С** удовлетворяет ряду со степенью неопределённости 1: C_mH_{2m} . Значит $n = 1$, так как вещество со степенью неопределённости один может присоединить только одну молекулу галогена, значит **С** – это

пропен (C₃H₆). Циклопропан не является непредельным веществом, поэтому он не подходит под условие. Тогда **F** – это 1,2-дихлорпропан. Все сделанные выводы подтверждаются массовой долей углерода в пропане (**E**), она совпадает с таковой в условии. Катализаторами гидрирования алкенов могут быть металлы (Pt, Pd, Ni). Тогда напишем уравнения всех реакций:



II вариант

Однажды химик Вася не выспался и поэтому засыпал на уроке. Все слова, которые он не записал, заменены буквами. Вот, что он увидел у себя в тетради: «Между веществами **A**, **B** и **C** можно провести несколько реакций. **A** реагирует с галогеном **B**: образуется вещество **D** [$\omega(\text{галогена в D}) = 98.77\%$] с выраженными кислотными свойствами. Чтобы **A** присоединилось к непредельному **C** нужен катализатор: получается соединение **E**. Присоединение **B** к **C** протекает без катализатора, образуется **F** (масса молекулы **F** больше массы молекулы **C** в 4.81 раз). Дома напишите реакции с необходимыми условиями: горения алюминия в **B**; между **B** и **E**; между **C** и **D**». Среди веществ **A–F** есть два простых и три бинарных вещества, а соединение **F** не является бинарным. При этом массовая доля одного из элементов в **E** равна 81.82 %.

- 1) Расшифруйте все вещества и помогите Васе выполнить домашнее задание. Свои выводы подтвердите.
- 2) Приведите пример катализатора для присоединения **A** к **C**.
- 3)

Решение.

D имеет в своем составе галоген, оно также обладает кислотными свойствами. Так как массовая доля галогена в **D** большая, то, вероятно, это галогеноводород. Попробуем найти состав вещества **D** перебором:

Галоген	F	Cl	Br	I	At
Молярная масса D	19.23	35.94	81	128.58	212.62
Соединение D	-	-	HBr	-	-

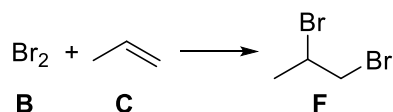
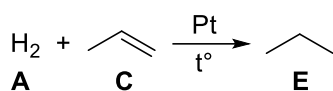
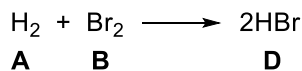
Значит, **D** – это HBr, а оно получается взаимодействием водорода с бромом. Значит, **B** – это бром, а **A** – водород.

В условии сказано, что «среди веществ **A–F** есть два простых и три бинарных вещества». **F** – не бинарное (и не простое, судя по методу его получения). Это значит, что **C** и **E** – бинарные вещества, а в **F** содержится минимум 3 элемента.

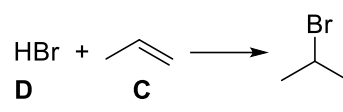
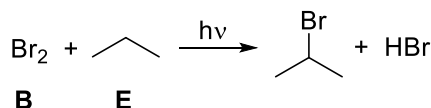
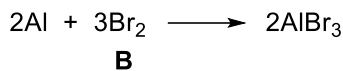
Присоединение брома к **C** увеличивает молярную массу соединения в 4.81 раза. Пусть $M(\text{C}) = y$ г/моль, тогда составим уравнение: $(y + 80 \times 2 \times n) / y = 4.81$, где n – количество молекул брома, которое присоединилось; откуда $M(\text{C}) = y = 42n$. Поскольку протекает реакция присоединения, логично предположить, что **C** – непредельное вещество. Молярная масса **C** удовлетворяет ряду со степенью непредельности 1: $C_m H_{2m}$. Значит $n = 1$, так как вещество со степенью непредельности один может присоединить только одну молекулу галогена, значит **C** – это

пропен (C₃H₆). Циклопропан не является непредельным веществом, поэтому он не подходит под условие. Тогда F – это 1,2-дихлорпропан. Все сделанные выводы подтверждаются массовой долей углерода в пропане (E), она совпадает с таковой в условии. Катализаторами гидрирования алкенов могут быть металлы (Pt, Pd, Ni). Тогда напишем уравнения всех реакций:

реакции из условия:



реакции из домашнего задания:



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Вещества A и B – по 0.25 балла | 2 × 0.25 = 0.5 балла |
| 2. C–F – по 0.5 балла | 4 × 0.5 = 2 балла |
| 3. Реакции из «домашнего задания» – по 0.5 балла
Если в реакции галогенирования или присоединения галогеноводорода в качестве продукта нарисован 1-галогенпропан, то за реакцию ставится 0.25 балла | 3 × 0.5 = 1.5 балла |
| 4. Расчет состава двух из трех веществ D , C и E – по 0.25 балла | 2 × 0.25 = 0.5 балла |
| 5. Пример катализатора | 0.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№ 4

I вариант

Органическое соединение **Y**, содержащее 57.42 % углерода по массе, а также один атом хлора, может быть получено в качестве одного из продуктов при хлорировании в определенных условиях алкена **X** нелинейного строения. Соединение **Y** существует в виде пары геометрических изомеров.

- 1) Определите молекулярную формулу соединения **Y**. Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Изобразите структурные формулы соединений **X** и **Y**. Укажите условия реакции хлорирования вещества **X** для получения вещества **Y**.
- 3) Какое число sp³-гибридных орбиталей имеет одна молекула соединения **X**? Ваш ответ обоснуйте.

Решение:

1) Пусть молекулярная формула **Y** – C_xH_yCl, тогда массовая доля углерода в нем:

$$\omega(\text{C}) = \frac{12x}{12x + y + 35.5} = 0.5742$$

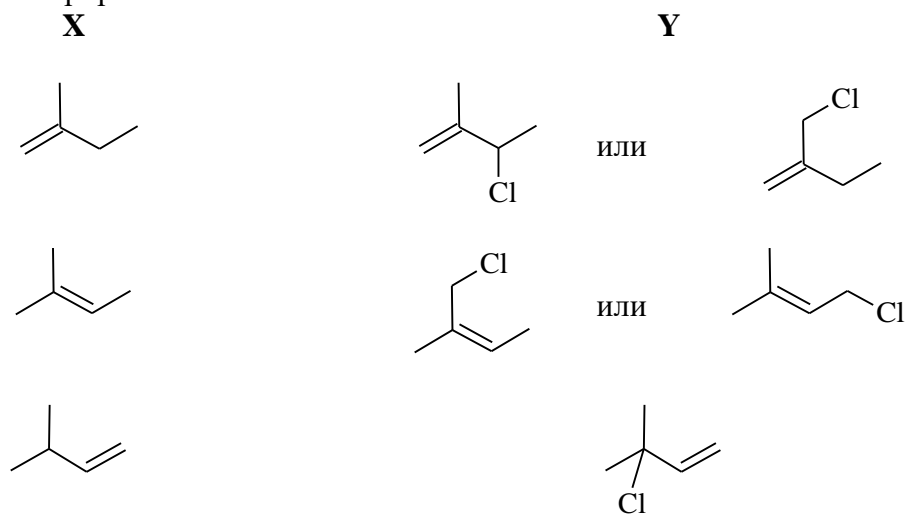
Решая это уравнение относительно *y*, получим:

$$y = 8.9x - 35.5$$

При $x \leq 4$, $y \leq 0$, что противоречит химическому смыслу.

При $x = 5$, $y = 9$, что соответствует молекулярной формуле **Y** – C_5H_9Cl . По составу данное соединение соответствует алкену **X** – C_5H_{10} . Значит речь идет о реакции радикального замещения в алкенах.

2) Рассмотрим возможные структурные формулы нелинейных алкенов и продуктов их радикального хлорирования:



Продукт хлорирования, существующий в виде пары геометрических изомеров только один – образуется во втором случае. Таким образом:



Условия реакции: высокая температура (порядка 400-500 °С) или ультрафиолетовый свет.

- 4) Атом углерода с одинарными связями содержит 4 sp^3 -гибридных орбиталей, при двойной связи – 3 sp^2 -гибридных орбитали (т.к. одна p-орбиталь идет на образование π -связи). Т.е. 1 молекула соединения **X** содержит $3 \cdot 4 = 12$ sp^3 -гибридных орбиталей.
- 5)

II вариант

Органическое соединение **Y**, содержащее 8.61 % водорода по массе, а также один атом хлора, может быть получено в качестве одного из продуктов при хлорировании в определенных условиях алкена **X** нелинейного строения. Соединение **Y** существует в виде пары геометрических изомеров.

- 1) Определите молекулярную формулу соединения **Y**. Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Изобразите структурные формулы соединений **X** и **Y**. Укажите условия реакции хлорирования вещества **X** для получения вещества **Y**.
- 3) Какое число sp^3 -гибридных орбиталей имеет одна молекула соединения **X**? Ваш ответ обоснуйте.

Решение:

1) Пусть молекулярная формула **Y** – C_xH_yCl , тогда массовая доля углерода в нем:

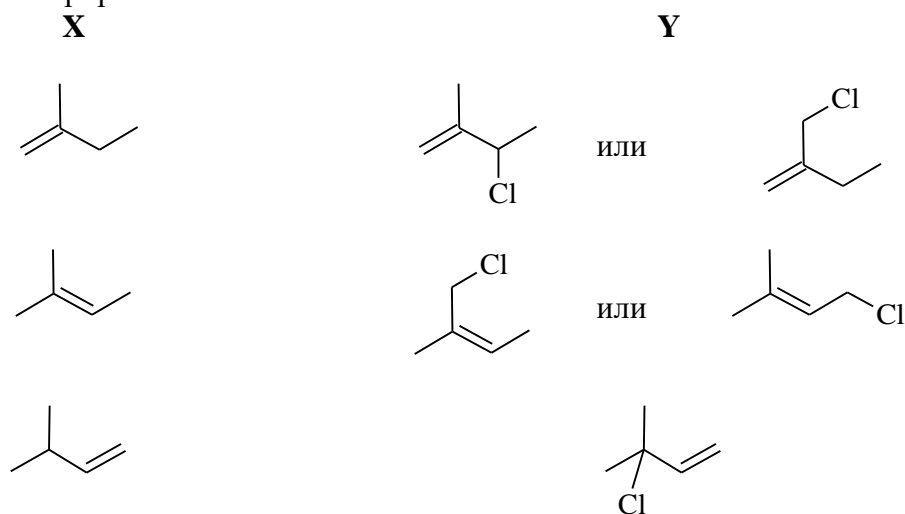
$$\omega(C) = \frac{y}{12x + y + 35.5} = 0.0861$$

Решая это уравнение относительно y , получим:

$$y = 1.13x + 3.34$$

По химическому смыслу в натуральных числах уравнение имеет решение при $x = 5$, $y = 9$, что соответствует молекулярной формуле **Y** – C_5H_9Cl . По составу данное соединение соответствует алкену **X** – C_5H_{10} . Значит, речь идет о реакции радикального замещения в алкенах.

2) Рассмотрим возможные структурные формулы нелинейных алкенов и продуктов их радикального хлорирования:



Продукт хлорирования, существующий в виде пары геометрических изомеров только один – образуется во втором случае. Таким образом:



Условия реакции: высокая температура (порядка 400-500 °С) или ультрафиолетовый свет.

3) Атом углерода с одинарными связями содержит 4 sp^3 -гибридных орбиталей, при двойной связи – 3 sp^2 -гибридных орбитали (т.к. одна p-орбиталь идет на образование π -связи). Т.е. 1 молекула соединения **X** содержит $3 \cdot 4 = 12$ sp^3 -гибридных орбиталей.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|---------|
| 1. Молекулярная формула X – 1 балл
Обоснование (расчет) – 1 балл | 2 балла |
| 2. Структурные формулы X и Y по 0.75 балла
Условие реакции – 0.5 балла | 2 балла |
| 3. Число sp^3 -гибридных орбиталей – 0.5 балла
Обоснование – 0.5 балл | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

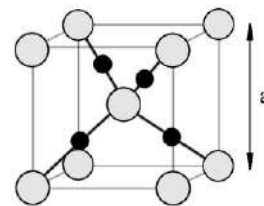
№ 5

I вариант

На рисунке справа изображена элементарная ячейка объемно-центрированной кубической кристаллической решетки вещества **X**. Параметр элементарной ячейки a выражается формулой:

$$a = \sqrt[3]{\frac{N \cdot M}{N_A \cdot \rho}}$$

где N – число формульных единиц в составе ячейки, ρ – плотность вещества.



- 1) Определите вещество **X**, если его плотность равна 7.14 г/см^3 , а параметр элементарной ячейки – 4.7615 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$). Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Напишите уравнения химических реакций вещества **X** с уксусной кислотой и раствором аммиака.

Для справки:

- 1) Атомы металла изображены черным цветом и полностью находятся внутри ячейки;
- 2) Формульная единица – группа атомов, соответствующая формуле вещества;
- 3) Атомы могут относиться как к одной, так и к нескольким соседним элементарным ячейкам кристалла. В этом случае при определении состава элементарной ячейки учитывают соответствующие доли атомов.

Решение:

- 1) Для определения вещества **X** необходимо вычислить его молярную массу:

$$M(\text{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N}$$

С учетом расположения атомов в элементарной ячейке:

число атомов черного цвета – 4

число атомов белого цвета – $1 + \frac{1}{8} \cdot 8 = 2$

Мольное соотношение атомов $4 : 2 = 2 : 1$

Стехиометрический состав **X**: A_2B , т.е. число формульных единиц $N(\text{A}_2\text{B}) = 2$.

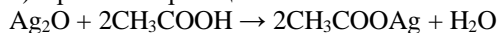
$$M(\text{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N} = \frac{(4,7615 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 7,14}{2} = 232 \text{ г/моль}$$

Стехиометрический состав **X** указывает на то, что степень окисления металла в нем равна +1. Рассмотрев бинарные соединения такого состава металлов I группы, можно рассчитать молярную массу **B**:

X	Li_2B	Na_2B	K_2B	Cu_2B	Rb_2B	Ag_2B
M(B)	218	186	154	104	62	16

Единственный рациональный вариант получается в случае серебра: на остаток приходится 16, что соответствует массе кислорода. Таким образом, **X** – Ag_2O , оксид серебра (I).

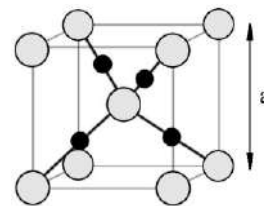
2) Уравнения реакций:



II вариант

На рисунке справа изображена элементарная ячейка объемно-центрированной кубической кристаллической решетки вещества **X**. Параметр элементарной ячейки a выражается формулой:

$$a = \sqrt[3]{\frac{N \cdot M}{N_A \cdot \rho}}$$



где N – число формульных единиц в составе ячейки, ρ – плотность вещества.

- 1) Определите вещество **X**, если его плотность равна 6.15 г/см^3 , а параметр элементарной ячейки – 4.2685 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$). Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Напишите уравнения химических реакций вещества **X** с соляной кислотой и раствором аммиака.

Для справки:

- 1) Атомы металла изображены черным цветом и полностью находятся внутри ячейки;
- 2) Формульная единица – группа атомов, соответствующая формуле вещества;
- 3) Атомы могут относиться как к одной, так и к нескольким соседним элементарным ячейкам кристалла. В этом случае при определении состава элементарной ячейки учитывают соответствующие доли атомов.

Решение:

- 1) Для определения вещества **X** необходимо вычислить его молярную массу:

$$M(\text{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N}$$

С учетом расположения атомов в элементарной ячейке:

число атомов черного цвета – 4

$$\text{число атомов белого цвета} - 1 + \frac{1}{8} \cdot 8 = 2$$

Мольное соотношение атомов $4 : 2 = 2 : 1$

Стехиометрический состав X : A_2B , т.е. число формульных единиц $N(A_2B) = 2$.

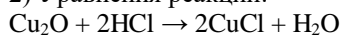
$$M(X) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N} = \frac{(4,2685 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6,15}{2} = 144 \text{ г/моль}$$

Стехиометрический состав X указывает на то, что степень окисления металла в нем равна +1. Рассмотрев бинарные соединения такого состава металлов I группы, можно рассчитать молярную массу B :

X	Li_2B	Na_2B	K_2B	Cu_2B
$M(B)$	130	98	66	16

Единственный рациональный вариант получается в случае меди: на остаток приходится 16, что соответствует массе кислорода. Таким образом, X – Cu_2O , оксид меди (I).

2) Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию:

1. Определено число формульных единиц (молекул) и стехиометрический состав – по 0.5 балла

Вычислено значение молярной массы вещества X – 1 балл

Формула вещества X – 1 балл

2. Уравнения реакций по 1 баллу

2 балла

ИТОГО:

5 баллов

Практический тур I вариант

Решение.

Чёрное вещество, растворяющееся в соляной кислоте при нагревании с образованием голубого раствора – оксид меди (II). На это указывает и выпадение голубого студенистого осадка ($Cu(OH)_2$), разлагающегося при нагревании до соответствующего оксида и растворимого в избытке гидроксида аммиака ($[Cu(NH_3)_4(OH)_2]$). Жёлтый осадок, выпавший при добавлении раствора нитрата бария – это хромат бария $BaCrO_4$, а жёлтые кристаллы в исходной смеси, соответственно, хромат калия K_2CrO_4 . Оставшийся в растворе третий компонент исходной смеси, реагирующий с ляписом с выпадением белого творожистого осадка ($AgCl$) не что иное, как хлорид калия. Катион калия в хлориде и хромате может быть установлен по фиолетовой окраске пламени.

Вещества в исходной смеси: CuO , KCl , K_2CrO_4

Уравнения реакций:

- $CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$
- $CuCl_2 + 2KOH = Cu(OH)_2 + 2KCl$
- $Cu(OH)_2 + 4NH_3 \cdot H_2O = [Cu(NH_3)_4(OH)_2] + 2H_2O$
- $Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$
- $K_2CrO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaCrO_4 + 2KNO_3$
- $AgNO_3 + KCl = AgCl + KNO_3$

II вариант

Решение.

Очевидно, что раствор, оставшийся после фильтрации чёрных и зелёных частиц, содержит катионы калия, так как окрашивает пламя горелки в фиолетовый цвет. Определить противоион можно с помощью реакции этой калиевой соли с сульфатом меди: выпадающая смесь осадков серого цвета не что иное, как иодид меди (I) и молекулярный иод, наличие которого подтверждается и соответствующим запахом. Таким образом, одно из веществ исходной смеси – иодид калия. Нерастворимость в воде зелёных частиц может натолкнуть на мысль, что это оксид хрома (III), тогда как для частиц чёрного цвета вариантов существенно больше. Образование зеленовато-голубого раствора при растворении смеси этих частиц в соляной кислоте при нагревании говорит о том, что в растворе, скорее всего, содержится смесь катионов Cr^{3+} и Cu^{2+} , при добавлении к которым щелочи образовалась смесь осадков, один из которых растворился в избытке щелочи с образованием зелёного раствора, значит, частицы зелёного цвета – это окись хрома

(III). Оставшийся после добавления избытка щелочи осадок синего цвета растворяется в аммиаке с образованием тёмно-синего раствора – тогда этот осадок не что иное, как гидроксид меди (II), а исходные чёрные частицы – окись меди (II).

Вещества в исходной смеси: CuO, Cr₂O₃, KI

Уравнения реакций:

1. $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KNO}_3$
2. $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
3. $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{CrCl}_3 + 6\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{NaCl}$
5. $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaCl}$
6. $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$

Рекомендации к оцениванию:

1. Написаны уравнения проведённых реакций
2. Расшифрованы вещества в исходной смеси

0.5×6=3 балла

1×3=3 балла