

## 10 класс

### № 1

#### 1 вариант

Бурый газ **Б<sub>1</sub>** подходит под описание диоксида азота, из чего можно сделать предположение, что исходная соль **А** – нитрат металла. Вычислим количество бурого газа **Б<sub>1</sub>**:

$$n(\mathbf{B}_1) = \frac{4.89 \cdot 101.3}{298 \cdot 8.31} = 0,2 \text{ моль}$$

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

- $n=1$ , формула соли  $X\text{NO}_3$ ,  $M(\mathbf{A}) = \frac{33.12}{0.2} = 165.6 \text{ г/моль}$ , отсюда  $M(\mathbf{X}) = 103.6 \text{ г/моль}$ , и данное значение не подходит ни одному из металлов;
- $n=2$ , формула соли  $X(\text{NO}_3)_2$ ,  $M(\mathbf{A}) = \frac{33.12}{0.1} = 331.2 \text{ г/моль}$ , отсюда  $M(\mathbf{X}) = 207.2 \text{ г/моль}$ , и данное значение подходит свинцу.

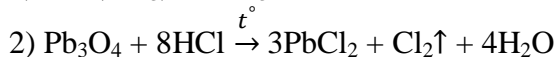
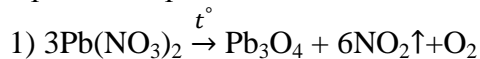
Проверим наше предположение, посчитав формулу соединения **В**, представляющего собой оксид свинца  $\text{Pb}_n\text{O}_m$ :

$$n:m = \frac{90.67}{207.2} : \frac{9.33}{16} = 0.437 : 0.583 = 0.75 : 1 \text{ или } 3:4,$$

что соответствует свинцовому сурику  $\text{Pb}_3\text{O}_4$

Вещества: **А** -  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , **Б<sub>1</sub>** –  $\text{NO}_2$ , **Б<sub>2</sub>** –  $\text{O}_2$ , **В** –  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , **Г** –  $\text{Cl}_2$ , **Д** –  $\text{PbCl}_2$

Уравнения реакций:



#### II вариант

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  $\text{XNO}_3$ ,  $M(\text{А}) = \frac{18.0}{0.2} = 90 \text{ г/моль}$ , 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

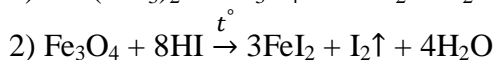
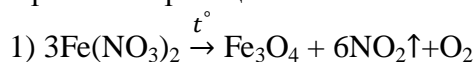
Проверим наше предположение, посчитав формулу соединения **В** представляющего оксид железа  $\text{Fe}_n\text{O}_m$ :

$$n:m = \frac{72.36}{56} : \frac{27.64}{16} = 1.29 : 1.73 = 0,75 : 1 \text{ или } 3:4,$$

что соответствует железной окалине  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Вещества: **А** -  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ , **Б**<sub>1</sub> –  $\text{NO}_2$ , **Б**<sub>2</sub> –  $\text{O}_2$ , **В** –  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , **Г** –  $\text{I}_2$  **Д** –  $\text{FeI}_2$

Уравнения реакций:



#### Рекомендации к оцениванию:

1.	Вещества <b>А</b> – <b>Д</b> по 0.5 балла	3 балла
2.	Уравнения реакций по 1 баллу (если реакция неверно уравнена – 0,5 балла)	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		5 баллов

## № 2

### I вариант

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:  $\text{Б} = 16n$ . Подставляем разные целые значения  $n$  и получаем, что при  $n = 2$ ,  $\text{Б} = 32 \text{ г/моль}$ , что соответствует сере (**S**). Тогда **Г** – сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Аналогичным способом установим формулу соединения **В**: общая формула –  $\text{A}_2\text{S}_n$ . Составим уравнение:

$$\frac{32n}{2\text{А}+32n} = 0.64,$$

где **А** – молярная масса элемента **А**, откуда  $\text{А} = 9n$ . При  $n = 3$ ,  $\text{А} = 27 \text{ г/моль}$ , что соответствует алюминию (**Al**). Таким образом, **А** – **Al**, **Б** – **S**, **В** –  $\text{Al}_2\text{S}_3$ , **Г** –  $\text{H}_2\text{S}$ .

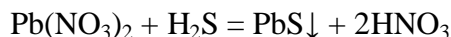
Уравнение реакции гидролиза **В**:



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



Реакция с нитратом свинца:



Для начала рассчитаем количество сероводорода:

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 5.6 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.25 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } n(\text{PbS}) = 0.25 \text{ моль, } m(\text{PbS}) = 0.25 \text{ моль} \cdot 239 \text{ г/моль} = 59.75 \text{ г.}$$

## II вариант

Общая формула соединения Г:  $H_nB$ , где  $n$  – модуль степени окисления Б. Заметим, что сумма массовых долей водорода и элемента Б в соединении Г составляет 100%. Получим и решим уравнение:

$$\frac{n}{B+n} = 0.0247,$$

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

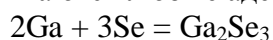
$$\frac{79n}{2A + 79n} = 0.62865,$$

где А – молярная масса элемента А, откуда  $A = 23.33n$ . При  $n = 3$   $A = 70$  г/моль, что соответствует галлию (Ga). Таким образом, А – Ga, Б – Se, В –  $Ga_2Se_3$ , Г –  $H_2Se$ .

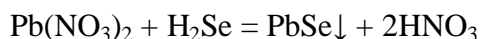
Уравнение реакции гидролиза В:



Способ получения вещества В (принимаются любые адекватные варианты):



Реакция с нитратом свинца:



Для начала рассчитаем количество селеноводорода:

$$n(H_2Se) = 11.2 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0,5 \text{ моль}.$$

$$\text{Тогда } n(PbSe) = 0.5 \text{ моль}, m(PbSe) = 0.5 \text{ моль} * 286 \text{ г/моль} = 143 \text{ г}.$$

### Рекомендации к оцениванию:

1.	Вещества А – Г по 0.5 балла	2 балла
2.	Уравнение реакций гидролиза В по 1 баллу	1 балл
3.	Способ получения В	0.5 балла
4.	Вычисление массы осадка	1.5 балла
<b>ИТОГО:</b>		5 баллов

## № 3

### I вариант

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	-	-	-

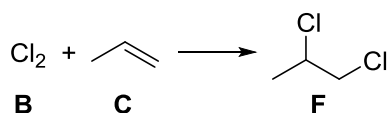
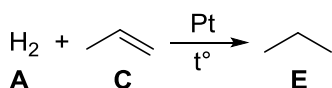
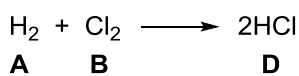
Значит, Д – это HCl, а оно получается взаимодействием водорода с хлором. Значит, В – это хлор, а А – водород.

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

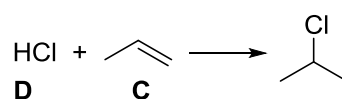
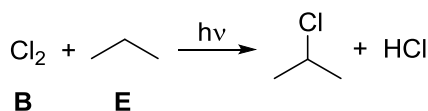
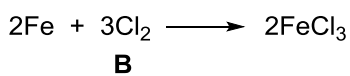
Присоединение хлора к С увеличивает молярную массу соединения в 2.69 раза. Пусть  $M(C) = y$  г/моль, тогда составим уравнение:  $(y + 35.5 \times 2 \times n) / y = 2.69$ , где  $n$  – количество молекул хлора, которое присоединилось; откуда  $M(C) = y = 42n$ . Поскольку протекает реакция присоединения,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

**C** – это пропен ( $C_3H_6$ ). 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:



## II вариант

**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:

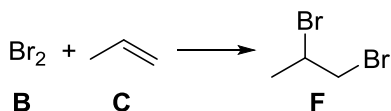
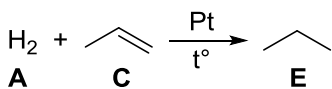
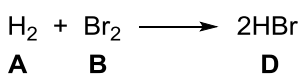
Галоген	F	Cl	Br	I	At
Молярная масса <b>D</b>	19.23	35.94	81	128.58	212.62
Соединение <b>D</b>	-	-	HBr	-	-

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

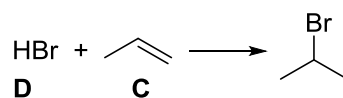
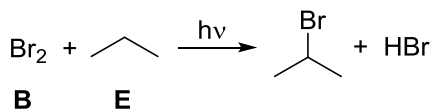
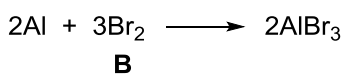
В условии сказано, что «среди веществ **A–F** есть два простых и три бинарных вещества». **F** – не бинарное (и не простое, судя по методу его получения). Это значит, что **C** и **E** – бинарные вещества, а в **F** содержится минимум 3 элемента.

Присоединение брома к **C** увеличивает молярную массу соединения в 4.81 раза. Пусть  $M(C) = y$  г/моль, тогда составим уравнение:  $(y + 80 \times 2 \times n) / y = 4.81$ , где  $n$  – количество молекул брома, которое присоединилось; откуда  $M(C) = y = 42n$ . Поскольку протекает реакция присоединения, логично предположить, что **C** – непредельное вещество. Молярная масса **C** удовлетворяет ряду со степенью непредельности 1:  $C_mH_{2m}$ . Значит  $n = 1$ , так как вещество со степенью непредельности один может присоединить только одну молекулу галогена, значит **C** – это пропен ( $C_3H_6$ ). 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 <b>A</b> и <b>B</b> по 0.25 балла	0.5 балла
2.	Вещества <b>C–F</b> по 0.5 балла	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)	1.5 балла
4.	Расчет состава двух из трех веществ <b>D</b> , <b>C</b> и <b>E</b> – по 0.25 балла	0.5 балла
5.	Пример катализатора	0.5 балла
	<b>ИТОГО:</b>	5 баллов

### № 4

#### I вариант

1) Пусть молекулярная формула **Y** –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}$ , тогда массовая доля углерода в нем:

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

Решая это уравнение относительно  $y$ , получим:

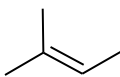
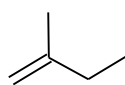
$$y = 8.9x - 35.5$$

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

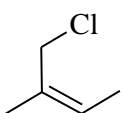
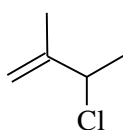
При  $x = 5$ ,  $y = 9$ , что соответствует молекулярной формуле **Y** –  $\text{C}_5\text{H}_9\text{Cl}$ . По составу данное соединение соответствует алкену **X** –  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ . Значит речь идет о реакции радикального замещения в алкенах.

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

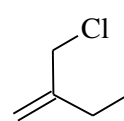
**X**



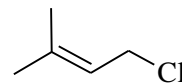
**Y**

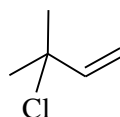
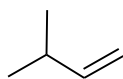


или



или





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 р-орбиталь идет на образование  $\pi$ -связи). Т.е. 1 молекула соединения **X** содержит  $3 \cdot 4 = 12$   $sp^3$ -гибридных орбиталей.

### II вариант

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

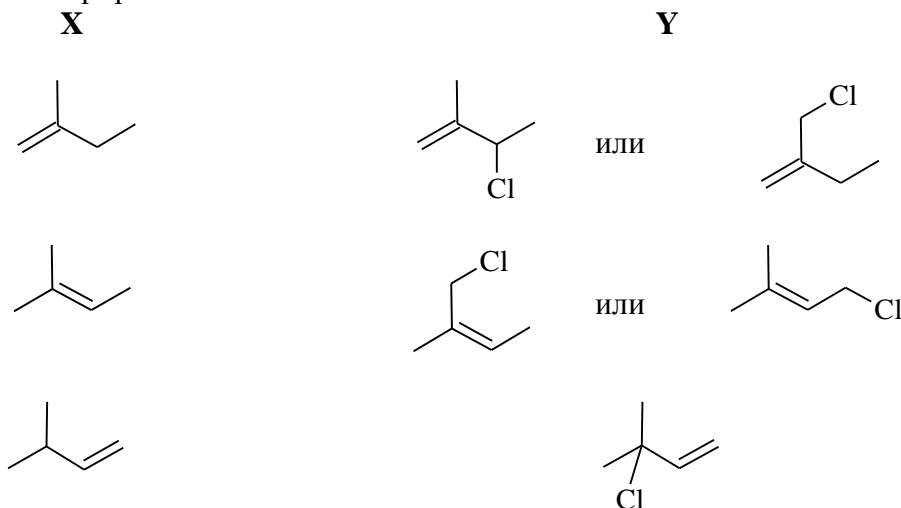
$$\omega(C) = \frac{y}{12x + y + 35.5} = 0.0861$$

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  $\pi$ -связи). Т.е. 1 молекула соединения **X** содержит  $3 \cdot 4 = 12$   $sp^3$ -гибридных орбиталей.

**Рекомендации к оцениванию:**

1.	Молекулярная формула <b>X</b> – 1 балл Обоснование (расчет) – 1 балл	2 балла
2.	Структурные формулы <b>X</b> и <b>Y</b> 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
<b>ИТОГО:</b>		5 баллов

**№ 5**

**I вариант**

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

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

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  $N(A_2B) = 2$ .

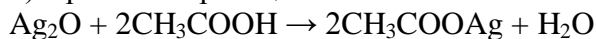
$$M(\mathbf{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N} = \frac{(4.7615 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 7.14}{2} = 232 \text{ г/моль}$$

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**:

<b>X</b>	$Li_2B$	$Na_2B$	$K_2B$	$Cu_2B$	$Rb_2B$	$Ag_2B$
<b>M(B)</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**

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

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

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  $N(A_2B) = 2$ .

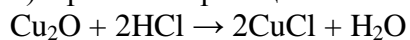
$$M(\mathbf{X}) = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot \rho}{N} = \frac{(4.2685 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 6.15}{2} = 144 \text{ г/моль}$$

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**:

<b>X</b>	<b>Li<sub>2</sub>B</b>	<b>Na<sub>2</sub>B</b>	<b>K<sub>2</sub>B</b>	<b>Cu<sub>2</sub>B</b>
<b>M(B)</b>	130	98	66	16

Единственный рациональный вариант получается в случае меди: на остаток приходится 16, что соответствует массе кислорода. Таким образом, **X – Cu<sub>2</sub>O, оксид меди (I)**.

2) Уравнения реакций:



**Рекомендации к оцениванию:**

<b>1.</b>	Определено число формульных единиц (молекул) и стехиометрический состав – по 0.5 балла Вычислено значение молярной массы вещества <b>X</b> – 1 балл Формула вещества <b>X</b> – 1 балл	3 балла
<b>2.</b>	Уравнения реакций по 1 баллу	2 балла
<b>ИТОГО:</b>		5 баллов