

10 класс

№ 1

I вариант

Предположим, что фиолетовый пар – это иод I_2 , а вещество **E** – бинарное. Тогда массовая доля иода в нем будет, $100 - 33.33 = 66.67\%$ (в силу большой относительной атомной массы иода). Если в **E** один атом иода, то:

$$M(\mathbf{E}) = 127/0.6667 = 190.5 \text{ г/моль}$$

В таком случае, относительная атомная масса второго элемента: $190.5 - 127 = 63.5$, что соответствует меди.

В таком случае, черный порошок **C** – это оксид меди (II) CuO . Это вещество вступает в реакцию с аммиаком, образуя чистую медь – вещество **D**. Также CuO реагирует с иодоводородом (тогда **B** – это HI) с образованием белого иодида меди (I) CuI (вещество **E**) и паров иода (вещество **F**). Сама медь может реагировать с молекулярным иодом с образованием того же иодида меди (I).

A	B	C	D	E	F
NH_3	HI	CuO	Cu	CuI	I_2

Уравнения реакций:

- $NH_3 + HI \rightarrow NH_4I$
- $3CuO + 2NH_3 \rightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$
- $2CuO + 4HI \rightarrow 2CuI + 2H_2O + I_2$
- $2Cu + I_2 \rightarrow 2CuI$

II вариант

Предположим, что фиолетовый пар – это иод I_2 , а вещество **E** – бинарное. Тогда массовая доля иода в нем будет, $100 - 18.06 = 81.94\%$ (в силу большой относительной атомной массы иода). Если в **E** один атом иода, то:

$$M(\mathbf{E}) = 127/0.8194 = 155 \text{ г/моль}$$

В таком случае, относительная атомная масса второго элемента: $155 - 127 = 28$. Одновалентного элемента с такой атомной массой нет.

Если в **E** два атома иода, то:

$$M(\mathbf{E}) = 127 \cdot 2 / 0.8194 = 310 \text{ г/моль}$$

В таком случае, относительная атомная масса второго элемента: $310 - 2 \cdot 127 = 56$, что соответствует железу.

В таком случае, черный порошок **C** – это оксид железа (III) Fe_2O_3 . Это вещество вступает в реакцию с аммиаком, образуя чистое железо – вещество **D**. Также Fe_2O_3 реагирует с иодоводородом (тогда **B** – это HI) с образованием красно-коричневого иодида железа (II) FeI_2 (вещество **E**) и паров иода (вещество **F**). Само железо может реагировать с молекулярным иодом с образованием того же иодида железа (II).

A	B	C	D	E	F
NH ₃	HI	Fe ₂ O ₃	Fe	FeI ₂	I ₂

Уравнения реакций:

1. $\text{NH}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{NH}_4\text{I}$
2. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 = 2\text{Fe} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
3. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HI} = 2\text{FeI}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$
4. $\text{Fe} + \text{I}_2 = \text{FeI}_2$

Критерии оценивания:

1. Вещества **A – F** по 0.5 балла 3 балла
2. Уравнения реакций по 0.5 балла 2 балла

ИТОГО: 5 баллов

№ 2

I вариант

1. Пусть формула минерала **A** – $\text{X}_x\text{O}_y\text{C}_z\text{H}_k$, тогда соотношение элементов:

$$x : y : z : k = \frac{55.49}{A_r(\text{X})} : \frac{36.99}{16} : \frac{6.94}{12} : \frac{0.58}{1} = \frac{55.49}{A_r(\text{X})} : 2.312 : 0.578 : 0.58 = \frac{96}{A_r(\text{X})} : 4 : 1 : 1$$

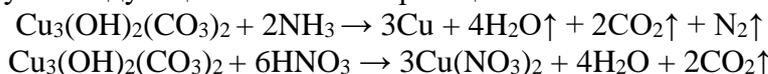
Целочисленные значения первой дроби получаются при **X** = Mo, Ti или Mg. Но ни в одном из этих случаев не удается составить формулу основного карбоната, удовлетворяющего химическому смыслу. Рассмотрим другой вариант соотношения:

$$x : y : z : k = \frac{192}{A_r(\text{X})} : 8 : 2 : 2$$

Целочисленные значения первой дроби получаются при **X** = Ir, Mo или Cu. В случае меди получаем элементный состав $\text{Cu}_3\text{O}_8\text{C}_2\text{H}_2$ известного минерала – азурита:



2. В задаче упомянуты следующие химические реакции:



II вариант

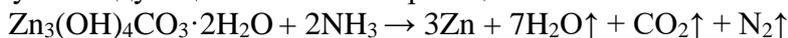
1. Пусть формула основной соли **A** – $\text{X}_x\text{O}_y\text{C}_z\text{H}_k$, тогда соотношение элементов:

$$x : y : z : k = \frac{60.37}{A_r(\text{X})} : \frac{34.67}{16} : \frac{3.72}{12} : \frac{1.24}{1} = \frac{60.37}{A_r(\text{X})} : 2.167 : 0.310 : 1.24 = \frac{194.7}{A_r(\text{X})} : 7 : 1 : 4$$

Целочисленные значения первой дроби получаются при **X** = Pt или Zn. В случае цинка получаем элементный состав $\text{Zn}_3\text{O}_7\text{CH}_4$ известного минерала – каламина:



2. В задаче упомянуты следующие химические реакции:



Допускается написание уравнений реакций как для кристаллогидрата, так и для безводной соли А.

Критерии оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. Установлена формула А (с подтверждением расчетом) – 3 балла | 2 балла |
| 2. Уравнения реакций по 1.5 балла | 3 балла |
| ИТОГО: 5 баллов | |

№ 3

І вариант

1. Уравнения реакции:



В ходе протекания реакций химические связи реагирующих веществ разрываются, энергия при этом затрачивается. В ходе образования новых веществ – продуктов реакции – образуются новые связи, энергия выделяется. Поэтому тепловой эффект химической реакции можно рассматривать как разницу между энергиями образующихся и разрывающихся связей:

$$\Delta Q_r = 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{C-Cl}) + 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{H-Cl}) - 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{C-H}) - 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{Cl-Cl}) = 397$$

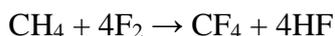
$$4 \cdot (322 + 430 - E_{\text{св.}}(\text{C-H}) - 243) = 397$$

$$E_{\text{св.}}(\text{C-H}) = 410 \text{ кДж/моль}$$

2. $109^\circ 28'$; sp^3 -гибридизация; молекула неполярная.

ІІ вариант

1. Уравнения реакции:



В ходе протекания реакций химические связи реагирующих веществ разрываются, энергия при этом затрачивается. В ходе образования новых веществ – продуктов реакции – образуются новые связи, энергия выделяется. Поэтому тепловой эффект химической реакции можно рассматривать как разницу между энергиями образующихся и разрывающихся связей:

$$\Delta Q_r = 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{C-F}) + 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{H-F}) - 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{C-H}) - 4 \cdot E_{\text{св.}}(\text{F-F}) = 1942$$

$$4 \cdot (486 + 563 - E_{\text{св.}}(\text{C-H}) - 154) = 1942$$

$$E_{\text{св.}}(\text{C-H}) = 410 \text{ кДж/моль}$$

2. $109^\circ 28'$; sp^3 -гибридизация; молекула неполярная.

Критерии оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Уравнение реакции – 1 балл | 3.5 балла |
| Расчет значения энергии С-Н связи – 2.5 балла | |
| 2. Критерии характеристики по 0.5 балла | 1.5 балла |
| ИТОГО: 5 баллов | |

№ 4

І вариант

Решение:

1) Определим количество веществ CO_2 и воды (перед этим определим массу воды, умножим объем на плотность):

$$v(\text{CO}_2) = 22.88/44 = 0.52 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = (9.36 \cdot 1)/18 = 0.52 \text{ моль}$$

Определим количество углерода и водорода, оставшихся после сгорания:

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = 0.52 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = 2 \cdot v(\text{H}_2\text{O}) = 0.369 \cdot 2 = 1.04 \text{ моль}$$

Представим формулу углеводорода в виде C_xH_y , тогда:

$$x : y = v(\text{CO}_2) : v(\text{H}_2\text{O}) = 0.52 : 1.04 = \mathbf{1 : 2}$$

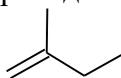
Простейшая формула углеводорода – CH_2

Найдём молярную массу **X** с помощью расчёта по плотности паров:

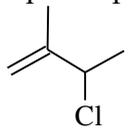
$$M(\mathbf{X}) = 3.5 \cdot 20 = 70 \text{ г/моль}$$

Исходя из молярной массы и простейшей формулы, получаем, что молекулярная формула углеводорода – C_5H_{10} .

Структурная формула, соответствующая приведённым условиям, это **2-метилбутен-1**:



2) Жёлто-зелёный газ с резким запахом – это хлор. В указанных условиях происходит радикальное хлорирование в α -положение при вторичном углеродном атоме:



3) Образуется аллильный радикал, его стабильность обусловлена тем, что p-орбиталь неспаренного электрона находится в сопряжении с p, p – электронами двойной связи. Следовательно, происходит равномерное распределение электронной плотности и стабилизация радикала.

II вариант

1) Определим количество веществ CO_2 и воды (перед этим определим массу воды, умножим объем на плотность):

$$v(\text{CO}_2) = 27.28/44 = 0.62 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = (11.16 \cdot 1)/18 = 0.62 \text{ моль}$$

Определим количество углерода и водорода, оставшихся после сгорания:

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = 0.62 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}) = 2 \cdot v(\text{H}_2\text{O}) = 0.62 \cdot 2 = 1.24 \text{ моль}$$

Представим формулу углеводорода в виде C_xH_y , тогда:

$$x : y = v(\text{CO}_2) : v(\text{H}_2\text{O}) = 0.62 : 1.24 = \mathbf{1 : 2}$$

Простейшая формула углеводорода – CH_2

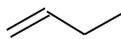
Найдём молярную массу **X** с помощью расчёта по плотности паров:

$$M(\mathbf{X}) = 1.75 \cdot 40 = 70 \text{ г/моль}$$

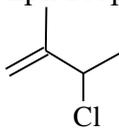
Исходя из молярной массы и простейшей формулы получаем, что молекулярная формула углеводорода – C_5H_{10}

Структурная формула, соответствующая приведённым условиям, это **2-метилбутен-1**:





2) Жёлто-зелёный газ с резким запахом – это хлор. В указанных условиях происходит радикальное хлорирование в α -положение при вторичном углеродном атоме:



3) Образуется аллильный радикал, его стабильность обусловлена тем, что p-орбиталь неспаренного электрона находится в сопряжении с p, p – электронами двойной связи. Следовательно, происходит равномерное распределение электронной плотности и стабилизация радикала.

Критерии оценивания:

- | | | |
|---|--------------|---------|
| 1. Вывод молекулярной формулы | 2 балла | 2 балла |
| 2. Структурные формулы веществ X и Y | по 1 баллу | 2 балла |
| 4. Название и обоснование устойчивости радикала | по 0.5 балла | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

№ 5

I вариант

1) Обозначим массу воды Черного моря за x, Красного – за y. Рассчитаем соотношение масс в расчете на 1 кг воды Белого моря:

$$18x + 41y = 28 \cdot (x + y)$$

Откуда $x/y = 1.3$

Таким образом, необходимо смешать воду Черного и Красного морей в соотношении **1.3:1**.

2) Рассчитаем массу образца: $m = V \cdot \rho = 25.0 \cdot 1.016 = 25.4$ г. По пропорции рассчитаем массу NaCl:

18 г NaCl 1000 г раствора

x г NaCl 25.4 г раствора

откуда $x = 0.457$ г или 7.81 ммоль NaCl.

По уравнению реакции $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ на 1 моль NaCl расходуется 1 М AgNO₃. Тогда на полное взаимодействие с NaCl пойдет 7.81 ммоль AgNO₃.

Рассчитаем искомый объем по формуле: $V = n/C = 7.81 \cdot 10^{-3} / 0.37 = 2.11 \cdot 10^{-2}$ л = **21.1 мл**.

II вариант

1) Обозначим массу воды Черного моря за x, Желтого – за y. Рассчитаем соотношение масс в расчете на 1 кг воды Белого моря:

$$18x + 33y = 28 \cdot (x + y)$$

Откуда $x/y = 0.5$

Таким образом, необходимо смешать воду Черного и Желтого морей в соотношении **1:2**.

2) Рассчитаем массу образца: $m = V \cdot \rho = 22.0 \cdot 1.018 = 22.4$ г. По пропорции рассчитаем массу NaCl:

18 г NaCl 1000 г раствора

x г NaCl 22.4 г раствора

откуда $x = 0.403$ г или 6.89 ммоль NaCl.

По уравнению реакции $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ на 1 моль NaCl расходуется 1 М AgNO₃. Тогда на полное взаимодействие с NaCl пойдет 6.89 ммоль AgNO₃.

Рассчитаем искомый объем по формуле: $V = n/C = 6.89 \cdot 10^{-3} / 0.41 = 1.68 \cdot 10^{-2}$ л = **16.8 мл**.

Критерии оценивания:

- | | | |
|---|--|---------|
| 1. Расчет массового соотношения | | 2 балла |
| 2. Расчет объема раствора AgNO ₃ | | 3 балла |

ИТОГО: 5 баллов