

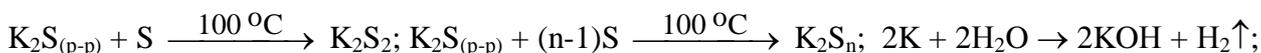
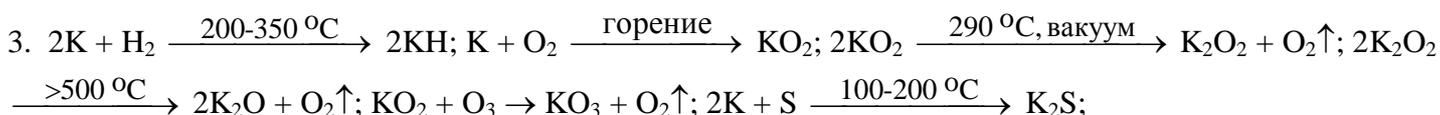
# Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии

## Решения заданий I тура (2010-2011 уч. год)

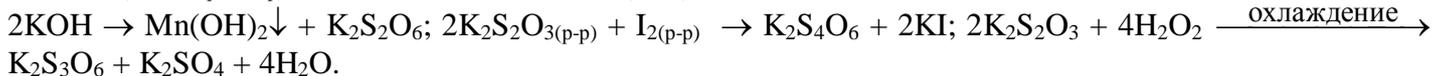
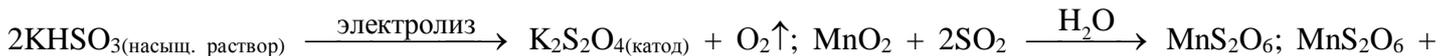
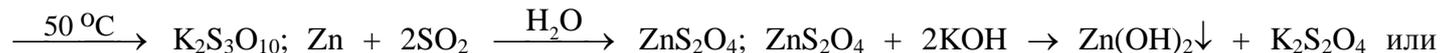
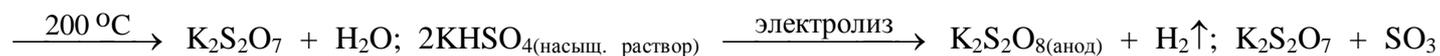
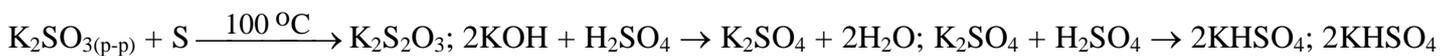
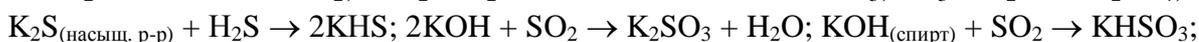
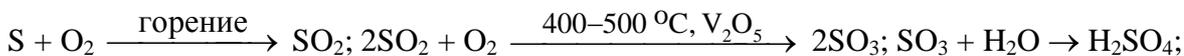
### 9 класс

1. 1-2. Не сильно увлекаясь соединениями, выходящими далеко за рамки школьной программы, можно выбрать 15 соединений из следующего списка:

KH – гидрид калия; K<sub>2</sub>O – оксид калия; K<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – пероксид калия; KO<sub>2</sub> – надпероксид калия; KO<sub>3</sub> – озонид калия; K<sub>2</sub>S – сульфид калия; KHS – гидросульфид калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub> – дисульфид калия; K<sub>2</sub>S<sub>n</sub> – полисульфид калия; KOH – гидроксид калия; K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – сульфит калия; KHSO<sub>3</sub> – гидросульфит калия; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сульфат калия; KHSO<sub>4</sub> – гидросульфат калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – тиосульфат калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – дисульфит (пиросульфит) калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – дисульфат (пиросульфат) калия; K<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>10</sub> – трисульфат калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> – пероксодисульфат калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – дитионит калия; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub> – дитионат калия; K<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub> – тетратионат калия; K<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>6</sub> – тритионат калия.



Реакции получения соединений серы, необходимых далее: K<sub>2</sub>S + 2HCl → 2KCl + H<sub>2</sub>S↑;



**Система оценивания:**

1. **Формулы соединений**

0,5 б \* 10 = 5 б;

2. **Названия соединений**

0,5 б \* 10 = 5 б;

3. **Способы получения**

1 б \* 10 = 10 б;

**Итого 20 б.**

2. Один моль любого газа при н.у. занимает объем 22,4 л. Следовательно в сосуде помещается 11,2/22,4 = 0,5 моля газа. Это количество водорода весит 2\*0,5 = 1 г, кислорода 32\*0,5 = 16 г, воздуха (его средняя молярная масса 29 г/моль) 29\*0,5 = 14,5 г.

1. Собственная масса сосуда 1245–1 = 1244 г, масса с кислородом 1244+16 = 1260 г, с воздухом 1244+14,5 = 1258,5 г.

2. Уравнение реакции: 2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O. Из стехиометрии реакции следует, что кислород находится в избытке, а водород прореагирует полностью. Воды получится столько же, сколько было водорода, т.е. 0,5 моля. Ее масса 18\*0,5 = 9 г, объем при н.у. 9 г : 1 г/мл = 9 мл. Масса сосуда с продуктом и с воздухом 1258,5+9 = 1267,5 г, из которых для точности надо вычесть массу 9 мл вытесненного водой воздуха. Но эта масса составляет всего 29\*9\*10<sup>-3</sup>/22,4 = 0,012 г, поэтому ей можно пренебречь. Масса воды в заполненном ей сосуде 11,2 л \* 1000 г/л = 11200 г, а вместе с сосудом 11200+1244 = 12444 г.

3. При действии на кислород электрических разрядов часть кислорода превращается в озон: 3O<sub>2</sub> = 2O<sub>3</sub>. До реакции в сосуде содержалось 0,5\*6,02\*10<sup>23</sup> = 3,01\*10<sup>23</sup> молекул, после реакции 0,95\*3,01\*10<sup>23</sup> = 2,86\*10<sup>23</sup> молекул. Дальше есть много вариантов вычисления количества образовавшегося озона,

например такой. Общее количество молей газов тоже сократилось на 5 %, т.е. на  $0,05 \cdot 0,5 = 0,025$  моля. Составляем пропорцию:

При образовании 2 молей озона кол-во газов сокращается на 1 моль;

При образовании  $x$  молей озона кол-во газов сократилось на 0,025 моля.

Отсюда  $x = 0,025 \cdot 2 = 0,05$  моля.

На образование 0,05 моля озона (его масса  $48 \cdot 0,05 = 2,4$  г) было потрачено  $0,05 \cdot 3/2 = 0,075$  молей кислорода, которого осталось  $0,5 - 0,075 = 0,425$  моля ( $32 \cdot 0,425 = 13,6$  г). Поскольку в равных объемах газов содержится одинаковое количество молекул, для газов объемные и мольные % совпадают. Количественный состав смеси после реакции:  $O_3 - 100 \cdot 0,05 / (0,05 + 0,425) = 10,5$  об. % и  $100 \cdot 2,4 / 16 = 15$  масс. %;  $O_2 - 100 \cdot 0,425 / (0,05 + 0,425) = 89,5$  об. % и  $100 \cdot 13,6 / 16 = 85$  масс. %;

4. Озон – очень сильный окислитель, в водном растворе окисляющий иодид-ионы до йода:  $2KI + O_3 + H_2O = I_2 \downarrow + O_2 \uparrow + 2KOH$ . Один моль озона выделяет 1 моль йода, значит, 0,005 моль – это максимальное количество йода, которое можно получить. Его масса составит  $m = 0,05 \cdot 253,8 = 12,69$  г.

**Система оценивания:**

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1. Расчет собственной массы сосуда, массы с кислородом и с воздухом | 2 б * 3 = 6 б;     |
| 2. Уравнение реакции 1 б, расчеты 2 б * 3 = 6 б                     | 1 б + 6 б = 7 б;   |
| 3. Уравнение реакции 1 б, расчеты 2 б * 4 = 8 б                     | 1 б + 8 б = 9 б;   |
| 4. Уравнение реакции 1 б, расчет массы 2 б                          | 1 б + 2 б = 3 б;   |
|   | <b>Итого 25 б.</b> |

3. Уравнения реакций: а)  $Fe + FeCl_3 \xrightarrow{t^0} FeCl_2$ ; б)  $FeO + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2O$ ;

в)  $2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow{t^0} 2FeCl_3$ ; г)  $Fe_3O_4 + 8HCl \rightarrow 2FeCl_3 + FeCl_2 + 4H_2O$ ;

д)  $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2 \uparrow$ ; е)  $FeSO_3 + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2O + SO_2 \uparrow$ ;

ж)  $2FeCl_3(\text{раствор}) + 2KI_{(p-p)} \rightarrow 2FeCl_2 + 2KCl + I_2 \downarrow$ ; з)  $2FeS + 4Cl_2 \xrightarrow{t^0} 2FeCl_3 + S_2Cl_2 \uparrow$ ;

и)  $Fe_3(PO_4)_2 + 4HCl \rightarrow 2FeCl_2 + Fe(H_2PO_4)_2$ ; к)  $Fe(ClO_3)_3(p-p) + 3NaOH_{(p-p)} \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + NaClO_3$ ;

Названия соединений:

$FeCl_3$  – хлорид железа(III) или трихлорид железа;  $FeCl_2$  – хлорид железа(II);

$FeO$  – оксид железа(II) или  $Fe(OH)_2$  – гидроксид железа(II);  $Fe_3O_4$  – оксид железа(II, III);

$FeSO_3$  – сульфит железа(II);  $FeS$  – сульфид железа(II);  $Fe_3(PO_4)_2$  – ортофосфат железа(II);

$Fe(H_2PO_4)_2$  – дигидрофосфат железа(II);  $Fe(ClO_3)_3$  – хлорат железа(III);

$Fe(OH)_3$  – гидроксид железа(III).

**Система оценивания:**

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Уравнения реакций   | 1 б * 10 = 10 б;   |
| 2. Названия соединений | 10 * 0,5 = 5 б;    |
|                        | <b>Итого 15 б.</b> |

4. 1.  $Na_2CO_3$  – карбонат натрия, сода кальцинированная.  $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$ .

2. Пусть формула натрона  $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$ . Массовая доля воды в нем 0,63 (63 %). Составим уравнение  $18x / (18x + 106) = 0,63$ , решив которое получаем  $x = 10$ . Можно посчитать и по-другому. Содержание безводной соды в кристаллогидрате  $100 - 63 = 37$  %, что соответствует 106 а.е.м. Тогда 63 % соответствуют  $y$  а.е.м., откуда  $y = 106 \cdot 63 / 37 \approx 180$ . Отсюда  $x = 10$ . Таким образом, натрон –  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  – декагидрат карбоната натрия, сода стиральная.

Если 63 % массы натрона отвечают 180 а.е.м. или 10 молекулам воды, то 31,5 % будет соответствовать  $180 \cdot 31,5 / 63 = 90$  а.е.м. или 5 молекулам воды. То есть точный состав гидрата А –  $Na_2CO_3 \cdot 5H_2O$ .

Для термонатрита с формулой  $Na_2CO_3 \cdot zH_2O$  содержание натрия 37,1 %, что соответствует  $2 \cdot 23 = 46$  а.е.м. Следовательно, молекулярная масса термонатрита (100 %) будет равна  $46 / 0,371 \approx 124$ , откуда  $z = 1$ . Можно посчитать и по уравнению  $2 \cdot 23 / (106 + 18z) = 0,371$ . Итак, точный состав термонатрита –  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ .

3. Молярная масса безводной соды 106 г/моль, натрона – 286 г/моль. В расчете на натрон мировое потребление соды получится  $33 \cdot 286 / 106 = 89$  млн. т. Основные отрасли промышленности, потребляющие соду: стекольная (48 %), химическая (24%), мыловаренная и производства чистящих средств (14%), целлюлозно-бумажная (4 %). На все остальные области применения в сумме расходуется не более 10 % соды.

4. В 300 г насыщенного при 25°C раствора содержится  $29,5 \cdot 3 = 88,5$  г безводной соды. Натрон содержит такой соды 37 %, следовательно, его понадобится  $88,5 / 0,37 = 239,2$  г. Соответственно, воды надо будет взять  $300 - 239,2 = 60,8$  г.

Пусть  $x$  – масса натрона, выделяющегося при охлаждении этого раствора до 0 °С. Тогда  $0,37x$  – масса выделяющейся безводной соды. В растворе останется  $88,5 - 0,37x$  безводной соды при массе раствора  $300 - x$ . Отношение этих величин в насыщенном при 0 °С растворе составляет  $7/100$ . Решая уравнение  $(88,5 - 0,37x) / (300 - x) = 0,07$ , получаем  $x = 225$  г.

5. Итак, при охлаждении до 0 °С 300 г насыщенного при 25 °С раствора выделяется 225 г натрона. Следовательно, для получения 100 г натрона потребуется в  $225/100 = 2,25$  раза меньше раствора, т.е.  $300/2,25 = 133,3$  г. Масса безводной соды в нем составит  $0,295 \cdot 133,3 = 39,3$  г. На 124 г термонатрита приходится 106 г безводной соды, следовательно, термонатрита нам понадобится  $39,3 \cdot 124/106 = 46,0$  г. Воды, соответственно, надо будет взять  $133,3 - 46,0 = 87,3$  г.

6 Сода питьевая (пищевая) –  $\text{NaHCO}_3$  – гидрокарбонат натрия. Сода каустическая –  $\text{NaOH}$  – гидроксид натрия.

**Система оценивания:**

<b>1. Формула, два названия соды 3 * 0,5 б, уравнение реакции 1 б</b>	<b>1,5 б + 1 б = 2,5 б;</b>
<b>2. Составы соединений 3 * 2 б, названия натрона 2 * 0,5 б</b>	<b>6 б + 1 б = 7 б;</b>
<b>3. Масса натрона 1 б, три отрасли 3 * 0,5 б</b>	<b>1 б + 1,5 б = 2,5 б;</b>
<b>4. Массы натрона и воды 2 б, масса осадка 2 б</b>	<b>2 б + 2 б = 4 б;</b>
<b>5. Массы термонатрита и воды 2 б</b>	<b>2 б;</b>
<b>6. Формулы и по два названия двух сод</b>	<b>3 * 2 * 0,5 б = 3 б;</b>
	<b>Итого 21 б.</b>

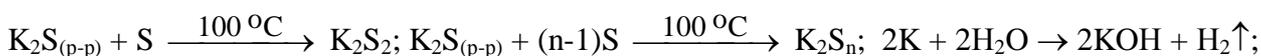
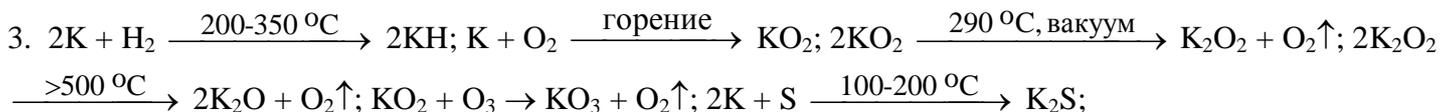
# Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии

## Решения заданий I тура (2010-2011 уч. год)

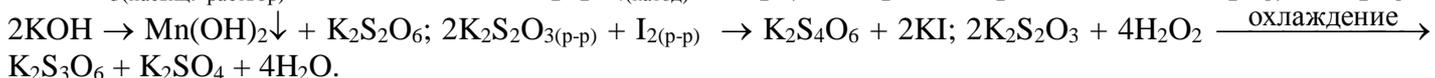
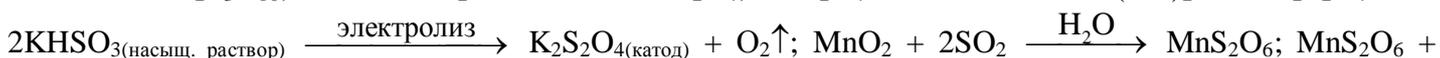
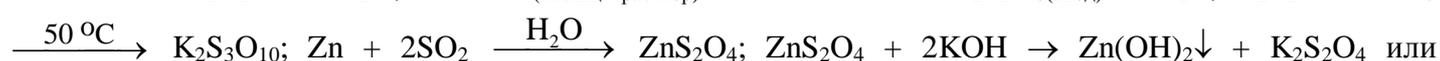
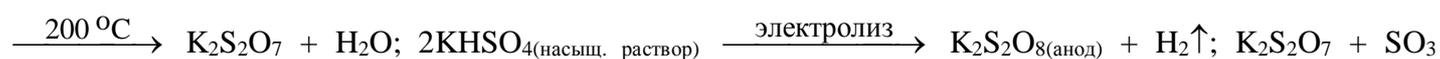
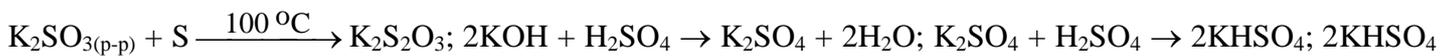
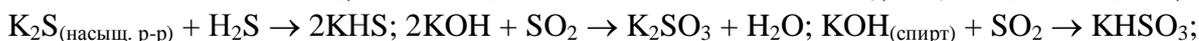
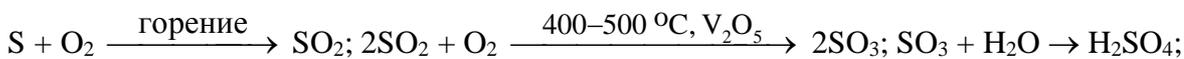
### 10 класс

1. 1-2. Не сильно увлекаясь соединениями, выходящими далеко за рамки школьной программы, можно выбрать 15 соединений из следующего списка:

КН – гидрид калия; К<sub>2</sub>O – оксид калия; К<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – пероксид калия; КО<sub>2</sub> – надпероксид калия; КО<sub>3</sub> – озонид калия; К<sub>2</sub>S – сульфид калия; КHS – гидросульфид калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub> – дисульфид калия; К<sub>2</sub>S<sub>n</sub> – полисульфид калия; КОН – гидроксид калия; К<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – сульфит калия; КHSO<sub>3</sub> – гидросульфит калия; К<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сульфат калия; КHSO<sub>4</sub> – гидросульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – тиосульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – дисульфит (пиросульфит) калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – дисульфат (пиросульфат) калия; К<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>10</sub> – трисульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> – пероксодисульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – дитионит калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub> – дитионат калия; К<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub> – тетратионат калия; К<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>6</sub> – тритионат калия.



Реакции получения соединений серы, необходимых далее:  $K_2S + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2S\uparrow$ ;



**Система оценивания:**

1. **Формулы соединений** ..... 0,5 б. × 15 = 7,5 балла

2. **Названия соединений** ..... 0,5 б. × 15 = 7,5 балла

3. **Способы получения** ..... 1 б. × 15 = 15 баллов

**Всего** ..... 30 баллов

2. 1. Согласно закону Авогадро в равных объемах газов при одинаковых условиях содержится равное число молекул. За x обозначим n(O<sub>2</sub>), тогда n(H<sub>2</sub>) тоже равно x. За y примем массу пустого сосуда (г). Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + y = 1245 \\ 32x + y = 1260 \end{cases} \quad \text{Отсюда: } x = n(O_2) = n(H_2) = 0,5 \text{ моль, } y = m = 1244 \text{ г.}$$

Собственная масса сосуда 1244 г, масса с воздухом  $1244 + 29 \cdot 0,5 = 1258,5$  г.

Молярный объем газа при н.у. составляет 22,4 л, значит, объем сосуда  $22,4 \cdot 0,5 = 11,2$  л.

2. Уравнение реакции:  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ . Из стехиометрии реакции следует, что кислород находится в избытке, а водород прореагирует полностью. Воды получится столько же, сколько было водорода, т.е. 0,5 моля. Ее масса  $18 \cdot 0,5 = 9$  г, объем при н.у.  $9 \text{ г} : 1 \text{ г/мл} = 9 \text{ мл}$ . Масса сосуда с продуктом и с воздухом  $1258,5 + 9 = 1267,5$  г, из которых для точности надо вычесть массу 9 мл вытесненного водой воздуха. Но эта масса составляет всего  $29 \cdot 9 \cdot 10^{-3} / 22,4 = 0,012$  г, поэтому ей можно пренебречь. Масса воды в заполненном ей сосуде  $11,2 \text{ л} \cdot 1000 \text{ г/л} = 11200$  г, а вместе с сосудом  $11200 + 1244 = 12444$  г.

3. При действии на кислород электрических разрядов часть кислорода превращается в озон:  $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3$ . Есть несколько вариантов вычисления количества образовавшегося озона, например такой. Поскольку давление в сосуде упало на 5 %, то общее количество молей газов тоже сократилось на 5 %, т.е. на  $0,05 \cdot 0,5 = 0,025$  моля. Составляем пропорцию:

При образовании 2 молей озона кол-во газов сокращается на 1 моль;

При образовании  $x$  молей озона кол-во газов сократилось на 0,025 моля.

Отсюда  $x = 0,025 \cdot 2 = 0,05$  моля.

На образование 0,05 моля озона (его масса  $48 \cdot 0,05 = 2,4$  г) было потрачено  $0,05 \cdot 3/2 = 0,075$  молей кислорода, которого осталось  $0,5 - 0,075 = 0,425$  моля ( $32 \cdot 0,425 = 13,6$  г). Поскольку в равных объемах газов содержится одинаковое количество молекул, для газов объемные и мольные % совпадают. Количественный состав смеси после реакции:  $\text{O}_3 - 100 \cdot 0,05 / (0,05 + 0,425) = 10,5$  об. % и  $100 \cdot 2,4 / 16 = 15$  масс. %;  $\text{O}_2 - 100 \cdot 0,425 / (0,05 + 0,425) = 89,5$  об. % и  $100 \cdot 13,6 / 16 = 85$  масс. %;

4. Озон – очень сильный окислитель, в водном растворе окисляющий иодид-ионы до йода:  $2\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{I}_2 \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{KOH}$ . Один моль озона выделяет 1 моль йода, значит, 0,005 моль – это максимальное количество йода, которое можно получить. Его масса составит  $m = 0,05 \cdot 253,8 = 12,69$  г.

**Система оценивания:**

1. Расчет объема, собственной массы сосуда и массы с воздухом .....	2 б. $\times$ 3 = 6 баллов
2. Уравнение реакции .....	1 балл
Расчеты .....	2 б. $\times$ 3 = 6 баллов
3. Уравнение реакции .....	1 балл
Расчеты .....	2 б. $\times$ 2 = 4 балла
4. Уравнение реакции .....	1 балл
Расчет массы .....	2 балла
<b>Всего</b> .....	<b>21 балл</b>

3. Уравнения реакций: а)  $\text{Fe} + \text{FeCl}_3 \xrightarrow{t^0} \text{FeCl}_2$ ; б)  $\text{FeO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;

в)  $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ ; г)  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ;

д)  $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ; е)  $\text{FeSO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ ;

ж)  $2\text{FeCl}_3(\text{раствор}) + 2\text{KI}(\text{р-р}) \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl} + \text{I}_2 \downarrow$ ; з)  $2\text{FeS} + 4\text{Cl}_2 \xrightarrow{t^0} 2\text{FeCl}_3 + \text{S}_2\text{Cl}_2 \uparrow$ ;

и)  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ; к)  $\text{Fe}(\text{ClO}_3)_3(\text{р-р}) + 3\text{NaOH}(\text{р-р}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaClO}_3$ ;

л)  $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl}(\text{конц}) \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 4\text{KCl} + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{HI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 \downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$ .

Названия соединений:

$\text{FeCl}_3$  – хлорид железа(III) или трихлорид железа;  $\text{FeCl}_2$  – хлорид железа(II);

$\text{FeO}$  – оксид железа(II);  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  – гидроксид железа(II);  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  – гидроксид железа(III);

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  – оксид железа(II, III);  $\text{FeSO}_3$  – сульфит железа(II);  $\text{FeS}$  – сульфид железа(II);

$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  – ортофосфат железа(II);  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  – дигидрофосфат железа(II);

$\text{Fe}(\text{ClO}_3)_3$  – хлорат железа(III)  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  – феррат калия;  $\text{FeI}_2$  – иодид железа(II).

**Система оценивания:**

Уравнения реакций .....	1 б. $\times$ 12 = 12 баллов
Название феррата калия .....	1 балл
Остальные названия .....	0,5 б. $\times$ 12 = 6 баллов
<b>Всего</b> .....	<b>19 баллов</b>

4. 1.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – карбонат натрия, сода кальцинированная.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ .

2. Пусть формула натрона  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Массовая доля воды в нем 0,63 (63 %). Составим уравнение  $18x / (18x + 106) = 0,63$ , решив которое получаем  $x = 10$ . Можно посчитать и по-другому. Содержание безводной соды в кристаллогидрате  $100 - 63 = 37$  %, что соответствует 106 а.е.м. Тогда 63 % соответствуют  $y$  а.е.м., откуда  $y = 106 \cdot 63 / 37 \approx 180$ . Отсюда  $x = 10$ . Таким образом, натрон –  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – декагидрат карбоната натрия, сода стиральная.

Если 63 % массы натрона отвечают 180 а.е.м. или 10 молекулам воды, то 31,5 % будет соответствовать  $180 \cdot 31,5 / 63 = 90$  а.е.м. или 5 молекулам воды. То есть точный состав гидрата **A** -  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Для термонатрита с формулой  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$  содержание натрия 37,1 %, что соответствует  $2 \cdot 23 = 46$  а.е.м. Следовательно, молекулярная масса термонатрита (100 %) будет равна  $46 / 0,371 \approx 124$ , откуда  $z = 1$ . Можно посчитать и по уравнению  $2 \cdot 23 / (106 + 18z) = 0,371$ . Итак, точный состав термонатрита -  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

3. Молярная масса безводной соды 106 г/моль, натрона – 286 г/моль. В расчете на натрон мировое потребление соды получится  $33 \cdot 286 / 106 = 89$  млн. т. Основные отрасли промышленности, потребляющие соду: стекольная (48 %), химическая (24%), мыловаренная и производства чистящих средств (14%), целлюлозно-бумажная (4 %). На все остальные области применения в сумме расходуется не более 10 % соды.

4. В 300 г насыщенного при 25°C раствора содержится  $29,5 \cdot 3 = 88,5$  г безводной соды. Натрон содержит такой соды 37 %, следовательно, его понадобится  $88,5 / 0,37 = 239,2$  г. Соответственно, воды надо будет взять  $300 - 239,2 = 60,8$  г.

Пусть  $x$  – масса натрона, выделяющегося при охлаждении этого раствора до 0 °С. Тогда  $0,37x$  – масса выделяющейся безводной соды. В растворе останется  $88,5 - 0,37x$  безводной соды при массе раствора  $300 - x$ . Отношение этих величин в насыщенном при 0 °С растворе составляет 7/100. Решая уравнение  $(88,5 - 0,37x) / (300 - x) = 0,07$ , получаем  $x = 225$  г.

5. Итак, при охлаждении до 0 °С 300 г насыщенного при 25 °С раствора выделяется 225 г натрона. Следовательно, для получения 100 г натрона потребуется в  $225 / 100 = 2,25$  раза меньше раствора, т.е.  $300 / 2,25 = 133,3$  г. Масса безводной соды в нем составит  $0,295 \cdot 133,3 = 39,3$  г. На 124 г термонатрита приходится 106 г безводной соды, следовательно, термонатрита нам понадобится  $39,3 \cdot 124 / 106 = 46,0$  г. Воды, соответственно, надо будет взять  $133,3 - 46,0 = 87,3$  г.

6 Сода питьевая (пищевая) –  $\text{NaHCO}_3$  – гидрокарбонат натрия. Сода каустическая –  $\text{NaOH}$  – гидроксид натрия.

**Система оценивания:**

1. Формула безводной соды.....	0,5 балла
Два названия соды.....	0,5 б. $\times$ 2 = 1 балл
Уравнение реакции.....	1 балл
2. Составы соединений.....	2 б. $\times$ 3 = 6 баллов
Названия натрона.....	0,5 б. $\times$ 2 = 1 балл
3. Масса натрона.....	1 балл
Три отрасли применения.....	0,5 б. $\times$ 3 = 1,5 балла
4. Массы натрона и воды.....	2 балла
Масса осадка.....	2 балла
5. Массы термонатрита и воды.....	2 балла
6. Формулы двух сод.....	0,5 б. $\times$ 2 = 1 балл
Химические и бытовые названия сод.....	0,5 б. $\times$ 2 $\times$ 2 = 2 балла
Всего.....	21 балл

5. 1. Общее количество смеси газов составляет  $3,36 / 22,4 = 0,15$  моля. Соответственно, всего молекул в смеси было  $0,15 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 9,03 \cdot 10^{22}$  шт. Воды получилось  $11,88 / 18 = 0,66$  моля, следовательно, атомов водорода было  $0,66 \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,95 \cdot 10^{23}$  шт.

2. Количество атомов водорода, приходящееся на «среднюю» молекулу смеси общей формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , составляет  $2 \cdot 0,66 / 0,15 = 8,8 = 2n + 2$ . Отсюда количество атомов углерода в такой молекуле  $n = 6,8 / 2 = 3,4$ . Соотношение атомов Н/С в исходной смеси  $8,8 / 3,4 = 2,59$ . Средняя молярная масса такой смеси  $3,4 \cdot 12 + 8,8 \cdot 1 = 49,6$  г/моль, масса исходной смеси  $0,15 \cdot 49,6 = 7,44$  г. Уравнение реакции сгорания смеси:  $\text{C}_{3,4}\text{H}_{8,8} + 5,6\text{O}_2 = 3,4\text{CO}_2 + 4,4\text{H}_2\text{O}$ .

3. Углекислого газа в ходе реакции образовалось  $3,4 \cdot 0,15 = 0,51$  моль, при температуре 250 °С (523 К) и давлении 0,9 атм он займет объем  $V = \nu RT / P = 0,51 \cdot 0,082 \cdot 523 / 0,9 = 24,3$  л или  $0,51 \cdot 8,31 \cdot 523 / (0,9 \cdot 101325) = 0,0243$  м<sup>3</sup>.

4. Поскольку среднее количество атомов углерода в молекуле 3,4, а **A** и **B** соседи, то **A** – пропан, **B** – бутан. Все возможные изомеры: **A** –  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  (пропан); **B** –  $(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CH}_3$  (изопропан),  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  (н-бутан).

5. Обозначив за  $x$  мольную долю **A** в смеси, составим уравнение  $3x + 4(1-x) = 3,4$ . Отсюда  $x = 0,6$ . Мольное соотношение  $A/B = 0,6/0,4 = 1,5$ . Количество **A** в смеси  $0,6 \cdot 0,15 = 0,09$  моля, количество **B**  $0,4 \cdot 0,15 = 0,06$  моля. При сгорании  $0,09$  моля **A** выделяется  $0,09 \cdot 2044 = 183,96$  кДж тепла. Значит  $343,38 - 183,96 = 159,42$  кДж тепла выделилось при сгорании  $0,06$  моля **B**. Следовательно, теплота сгорания **B** составляет  $159,42/0,06 = 2657$  кДж/моль.

6. Запишем уравнение реакции сгорания пропана:  $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$ . По следствию из закона Гесса тепловой эффект реакции равен разности суммы теплот образования продуктов реакции и суммы теплот образования реагентов с учетом их стехиометрических коэффициентов. То есть  $3 \cdot 393,5 + 4 \cdot 241,8 - \Delta_f Q^0 C_3H_8 = 2044$  кДж/моль, откуда  $\Delta_f Q^0 C_3H_8 = 103,7$  кДж/моль.

Аналогично поступаем с бутаном:  $C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$ .

$4 \cdot 393,5 + 5 \cdot 241,8 - \Delta_f Q^0 C_4H_{10} = 2657$  кДж/моль, откуда  $\Delta_f Q^0 C_4H_{10} = 126$  кДж/моль.

**Система оценивания:**

1. Число молекул и атомов <b>H</b>	$2 \cdot 1 \text{ б} = 2 \text{ б};$
2. Соотношение и масса $2 \cdot 2 \text{ б}$ , уравнение реакции $1 \text{ б}$	$4 \text{ б} + 1 \text{ б} = 5 \text{ б};$
3. Расчет объема газа	$2 \text{ б};$
4. <b>A</b> и <b>B</b> $2 \cdot 1 \text{ б} = 2 \text{ б}$ , названия и стр. ф-лы изомеров $3 \cdot 2 \cdot 0,5 \text{ б} = 3 \text{ б}$	$2 \text{ б} + 3 \text{ б} = 5 \text{ б};$
5. Соотношение <b>A/B</b> $2 \text{ б}$ , теплота сгорания $2 \text{ б}$	$2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$
6. Теплоты образования <b>A</b> и <b>B</b>	$2 \cdot 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$
	<b>Итого</b> $22 \text{ б}.$

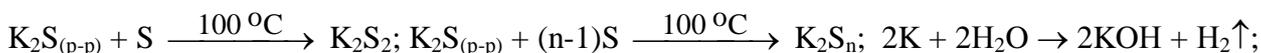
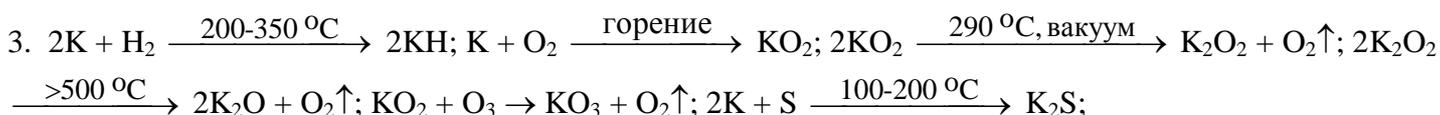
# Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии

## Решения заданий I тура (2010-2011 уч. год)

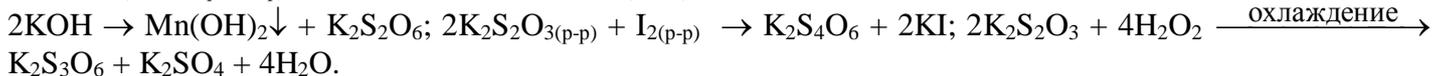
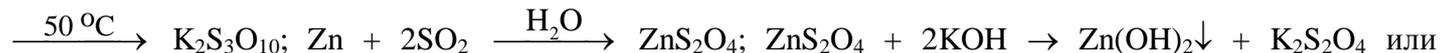
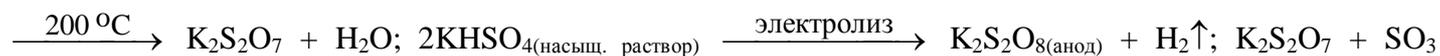
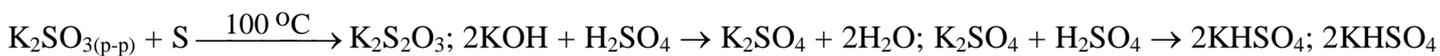
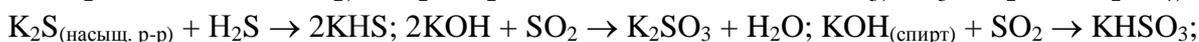
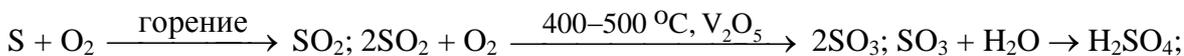
### 11 класс

1. 1-2. Хорошо подготовленному школьнику вполне можно выбрать 20 соединений из следующего списка:

КН – гидрид калия; К<sub>2</sub>O – оксид калия; К<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – пероксид калия; КО<sub>2</sub> – надпероксид калия; КО<sub>3</sub> – озонид калия; К<sub>2</sub>S – сульфид калия; КHS – гидросульфид калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub> – дисульфид калия; К<sub>2</sub>S<sub>n</sub> – полисульфид калия; КОН – гидроксид калия; К<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – сульфит калия; КHSO<sub>3</sub> – гидросульфит калия; К<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сульфат калия; КHSO<sub>4</sub> – гидросульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – тиосульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – дисульфит (пиросульфит) калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – дисульфат (пиросульфат) калия; К<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>10</sub> – трисульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> – пероксодисульфат калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – дитионит калия; К<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub> – дитионат калия; К<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub> – тетратионат калия; К<sub>2</sub>S<sub>3</sub>O<sub>6</sub> – тритионат калия.



Реакции получения соединений серы, необходимых далее: К<sub>2</sub>S + 2HCl → 2KCl + H<sub>2</sub>S↑;



**Система оценивания:**

1. **Формулы соединений**

$$0,5 \text{ б} * 20 = 10 \text{ б};$$

2. **Названия соединений**

$$0,5 \text{ б} * 20 = 10 \text{ б};$$

3. **Способы получения**

$$1 \text{ б} * 20 = 20 \text{ б};$$

$$\text{Итого } 40 \text{ б.}$$

2. 1. Согласно закону Авогадро в равных объемах газов при одинаковых условиях содержится равное число молекул. За x обозначим n(O<sub>2</sub>), тогда n(H<sub>2</sub>) тоже равно x. За y примем массу пустого сосуда (г).

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + y = 1245 \\ 32x + y = 1260 \end{cases} \quad \text{Отсюда: } x = n(O_2) = n(H_2) = 0,5 \text{ моль, } y = m = 1244 \text{ г.}$$

Собственная масса сосуда 1244 г, масса с воздухом 1244+29\*0,5 = 1258,5 г.

Молярный объем газа при н.у. составляет 22,4 л, значит, объем сосуда 22,4\*0,5 = 11,2 л.

2. Уравнение реакции: 2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O. Из стехиометрии реакции следует, что кислород находится в избытке, а водород прореагирует полностью. Воды получится столько же, сколько было водорода, т.е. 0,5 моля. Ее масса 18\*0,5 = 9 г, объем при н.у. 9 г : 1 г/мл = 9 мл. Масса сосуда с продуктом и с воздухом 1258,5+9 = 1267,5 г, из которых для точности надо вычесть массу 9 мл вытесненного водой воздуха. Но эта масса составляет всего 29\*9\*10<sup>-3</sup>/22,4 = 0,012 г, поэтому ей можно пренебречь. Масса воды в заполненном ей сосуде 11,2 л \* 1000 г/л = 11200 г, а вместе с сосудом 11200+1244 = 12444 г.

3. При действии на кислород электрических разрядов часть кислорода превращается в озон: 3O<sub>2</sub> = 2O<sub>3</sub>. Есть несколько вариантов вычисления количества образовавшегося озона, например такой. Поскольку

давление в сосуде упало на 5 %, то общее количество молей газов тоже сократилось на 5 %, т.е. на  $0,05 \cdot 0,5 = 0,025$  моля. Составляем пропорцию:

При образовании 2 молей озона кол-во газов сокращается на 1 моль;

При образовании  $x$  молей озона кол-во газов сократилось на 0,025 моля.

Отсюда  $x = 0,025 \cdot 2 = 0,05$  моля.

На образование 0,05 моля озона (его масса  $48 \cdot 0,05 = 2,4$  г) было потрачено  $0,05 \cdot 3/2 = 0,075$  молей кислорода, которого осталось  $0,5 - 0,075 = 0,425$  моля ( $32 \cdot 0,425 = 13,6$  г). Поскольку в равных объемах газов содержится одинаковое количество молекул, для газов объемные и мольные % совпадают. Количественный состав смеси после реакции:  $O_3 - 100 \cdot 0,05 / (0,05 + 0,425) = 10,5$  об. % и  $100 \cdot 2,4 / 16 = 15$  масс. %;  $O_2 - 100 \cdot 0,425 / (0,05 + 0,425) = 89,5$  об. % и  $100 \cdot 13,6 / 16 = 85$  масс. %;

4. Озон – очень сильный окислитель, в водном растворе окисляющий иодид-ионы до йода:  $2KI + O_3 + H_2O = I_2 \downarrow + O_2 \uparrow + 2KOH$ . Один моль озона выделяет 1 моль йода, значит, 0,005 моль – это максимальное количество йода, которое можно получить. Его масса составит  $m = 0,05 \cdot 253,8 = 12,69$  г. В случае избытка концентрированного раствора KI масса осадка будет меньше, а в случае большого избытка иод и вовсе не выпадет в осадок, поскольку растворяется в крепких растворах иодида калия:  $KI + I_2 = KI_3$  или  $KI + nI_2 = KI_{2n+1}$ .

**Система оценивания:**

1. Расчет объема, собственной массы сосуда и массы с воздухом

$$2 \text{ б} \cdot 3 = 6 \text{ б};$$

2. Уравнение реакции 1 б, расчеты 2 б \* 3 = 6 б

$$1 \text{ б} + 6 \text{ б} = 7 \text{ б};$$

3. Уравнение реакции 1 б, расчеты 2 б \* 2 = 4 б

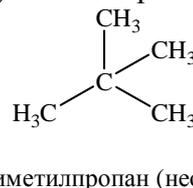
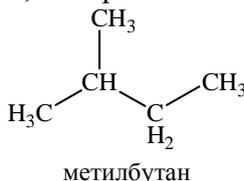
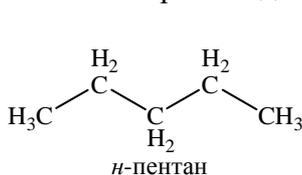
$$1 \text{ б} + 4 \text{ б} = 5 \text{ б};$$

4. Уравнения реакций 2 \* 1 б, расчет массы 2 б, ее уменьшение 1 б

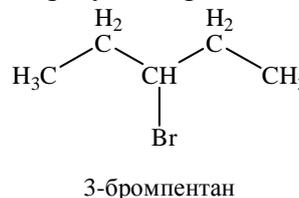
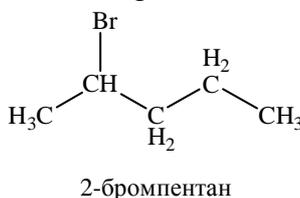
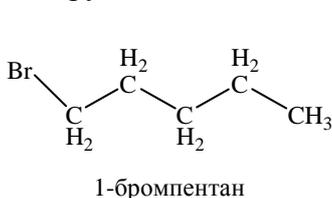
$$2 \text{ б} + 2 \text{ б} + 1 \text{ б} = 5 \text{ б};$$

**Итого 23 б.**

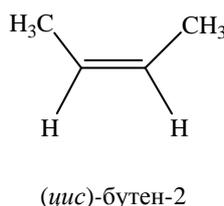
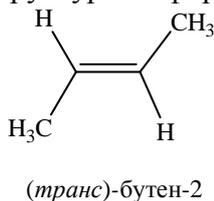
3. 1. Найдем молекулярную формулу соединения X. Поскольку при сгорании образовались только вода и углекислый газ, в состав X могут входить только углерод, водород и кислород. Найдем количество  $CO_2$  и  $H_2O$ :  $v(CO_2) = 16,8 / 22,4 = 0,75$  моль;  $v(H_2O) = 16,2 \cdot 1 / 18 = 0,9$  моль. Следовательно,  $v(C) = v(CO_2) = 0,75$  моль;  $v(H) = v(H_2O) \cdot 2 = 1,8$  моль. Рассчитаем, входил ли в состав X кислород.  $m(C + H) = 0,75 \cdot 12 + 1,8 \cdot 1 = 10,8$  г =  $m(\text{навески X})$ . Это означает, что в соединении X присутствует только углерод и водород (X – углеводород). Найдем эмпирическую формулу X.  $C : H = 0,75 : 1,8 = 1 : 2,4 = 5 : 12$ , т.е.  $C_5H_{12}$  ( $M(C_5H_{12}) = 72$  г/моль). Поскольку молярная масса X не превышает 128 г/моль, следовательно эмпирическая формула совпадает с молекулярной. Структурные формулы и названия изомеров соединения X, которые иллюстрируют изомерию углеродного скелета:



2. Поскольку соединение Y является монобромпроизводным алкана, его формула в общем виде можно записать  $C_nH_{2n+1}Br$ . Найдем значение  $n$  в упомянутом бромалкане:  $0,529 = 80 / (12n + 2n + 1 + 80) = 80 / (14n + 81)$ ;  $14n = 70$ ;  $n = 5$ . Молекулярная формула монобромпроизводного  $C_5H_{11}Br$ . Структурные формулы и названия изомеров положения функциональной группы для соединения Y, в которых все атомы C образуют неразветвленную цепь:



3. Первым представителем гомологического ряда алкенов, который способен иметь геометрические изомеры, является бутен-2. Структурные формулы и названия его геометрических изомеров:





приходится 106 г безводной соды, следовательно, термонатрита нам понадобится  $39,3 \cdot 124 / 106 = 46,0$  г. Воды, соответственно, надо будет взять  $133,3 - 46,0 = 87,3$  г.

6 Сода питьевая (пищевая) –  $\text{NaHCO}_3$  – гидрокарбонат натрия. Сода каустическая –  $\text{NaOH}$  – гидроксид натрия.

**Система оценивания:**

1. Формула, два названия соды  $3 \cdot 0,5$  б, уравнение реакции 1 б

$1,5 \text{ б} + 1 \text{ б} = 2,5 \text{ б};$

2. Составы соединений  $3 \cdot 2$  б, названия натрона  $2 \cdot 0,5$  б

$6 \text{ б} + 1 \text{ б} = 7 \text{ б};$

3. Масса натрона 1 б, три отрасли  $3 \cdot 0,5$  б

$1 \text{ б} + 1,5 \text{ б} = 2,5 \text{ б};$

4. Массы натрона и воды 2 б, масса осадка 2 б

$2 \text{ б} + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$

5. Массы термонатрита и воды 2 б

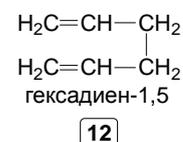
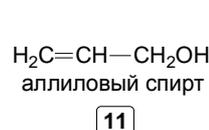
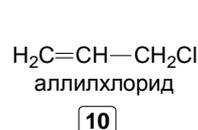
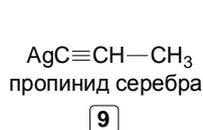
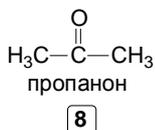
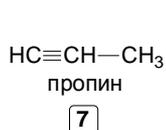
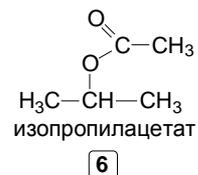
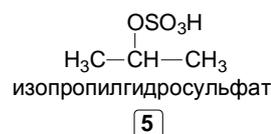
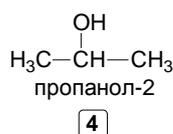
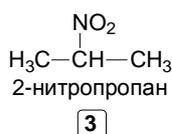
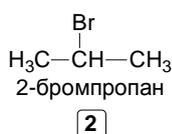
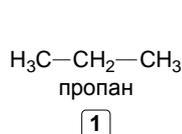
2 б;

6. Формулы и по два названия двух сод

$3 \cdot 2 \cdot 0,5 \text{ б} = 3 \text{ б};$

**Итого 21 б.**

5.



**Система оценивания:**

Структурные формулы соединений 1–12 .....  $1 \text{ б.} \times 12 = 12 \text{ баллов}$

Названия соединений 1–12 .....  $0,5 \text{ б.} \times 12 = 6 \text{ баллов}$

Всего ..... **18 баллов**