

**Решения к комплекту задач для 11 классов  
муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников  
в 2025/26 учебном году  
по общеобразовательному предмету: ХИМИЯ**

**Задание 1. (автор Гаркуль И.А.)**

1. По плотности паров **X** по аммиаку можем рассчитать молярную массу  $M(X) = 4.35 \cdot 17 = 74$  г/моль. Далее найдем количество **X** и продуктов реакции горения:

$$n(X) = m(X)/M(X) = 1,97/74 = 0,0266 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V_{\text{молярн.}} = 1,79/22,4 = 0,08 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = (1,44 \cdot 1)/18 = 0,08 \text{ моль}$$

Откуда следует, что атомов водорода в молекуле **X** в 2 раза больше атомов углерода, а в одной молекуле **X** содержится  $0,08/0,0266 = 3$  атома углерода. Тогда при молярной массе 74 г/моль формула **X** однозначно определяется как  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ . По формуле степень ненасыщенности равна 1, то есть соединение содержит одну  $\pi$ -связь или цикл. При этом известно, что содержится двойная связь  $\text{C}=\text{O}$ .

По условию **X** частично растворяется в воде не меняя кислотность среды, но при этом взаимодействует со щелочью. А при нагревании продукта реакции **X** с  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  образуется летучее карбонильное соединение. Таким образом, в **X** есть карбоксильная группа, а так как кислотность оно не проявляет, то это сложный эфир. Остаются два варианта – метилацетат  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_3$  или этилформиат  $\text{HCO}_2\text{C}_2\text{H}_5$ .

Проанализируем данные реакции 6.

$$n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2) = 1.17/44 = 0,0266 \text{ моль}$$

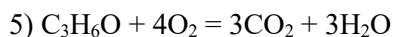
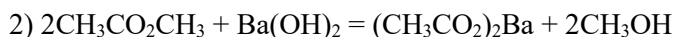
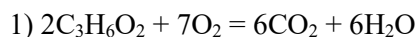
$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 0.48/18 = 0,0266 \text{ моль}$$

Откуда следует, что атомов водорода в молекуле **Y** в 2 раза больше атомов углерода.

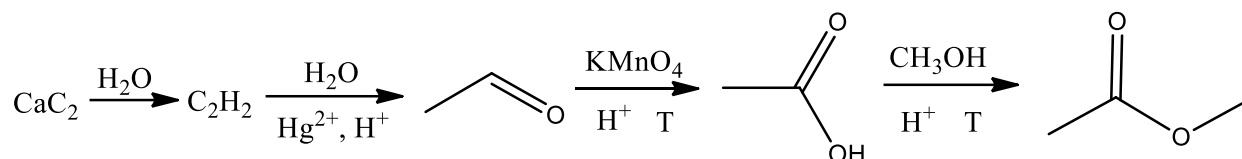
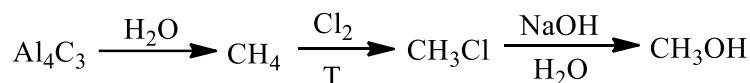
Пусть в **Y** будет « $\alpha$ » атомов углерода, тогда при сгорании 1 моль **Y** будет образовываться « $\alpha$ » моль  $\text{CO}_2$ .

$n(Y) = m(Y)/M(Y) = n(\text{CO}_2)/\alpha$ , при подстановке значений получается  $0,51 \text{ г}/M(Y) = 0,0266 \text{ моль}/\alpha$ , откуда  $M(Y) = 18,8 \cdot \alpha$ . При переборе значений для « $\alpha$ » получается только одно решение  $\alpha = 3$ , а формула  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , что, при наличии карбонильной группы, соответствует ацетону  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_3$  и пропаналью  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ . Исходя из химического описания, под условие задачи подходят метилацетат  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_3$  (**X**) и ацетону  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_3$  (**Y**).

2. Запишем уравнения описанных процессов (при написании уравнений допустимо использовать молекулярные формулы):



3. Схема синтеза метилацетата  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_3$  (**X**) выглядит следующим образом:



**Система оценивания:**

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1. Молекулярные формулы X и Y по 2 балла, их структурные формулы и названия по 1 баллу | 2·2 + 2·1 + 2·1 = 8 баллов |
| 2. Уравнения реакций по 2 балла  | 5·2 = 10 баллов            |
| 3. Структуры соединений 1-7 по 1 баллу   | 7·1 = 7 баллов             |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>25 баллов</b>           |

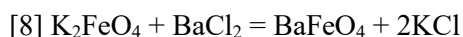
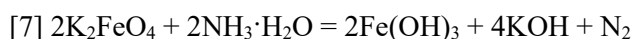
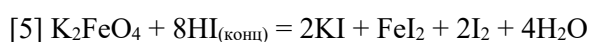
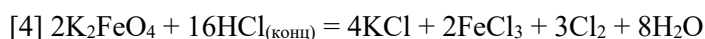
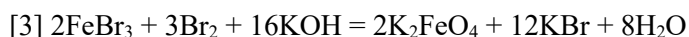
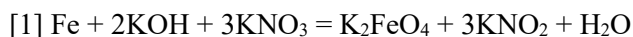
**Задание 2. (автор Дудко Е.Р.)**

На первый взгляд может показаться, что в данной задаче загадан перманганат калия, однако название и эпиграф намекают, что речь пойдет о чем-то другом. Тем более, что окисление марганца в расплаве нитрата калия и щелочи будет приводить не к перманганату, а к манганату(VI) калия зеленого цвета. Другой, менее известный, окислитель фиолетового цвета – это феррат калия. Проверка по кислороду подтверждает это предположение.

**A** –  $\text{K}_2\text{FeO}_4$

**B** – Fe

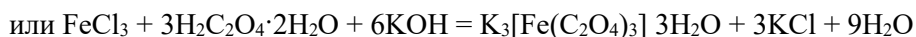
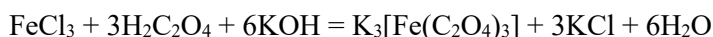
**C** –  $\text{BaFeO}_4$



- |                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| 1. Формулы веществ A–C по 1 баллу | 1·3 = 3 балла    |
| 2. Уравнения реакций по 2 баллу   | 2·8 = 16 баллов  |
| <b>ИТОГО</b>                      | <b>19 баллов</b> |

### Задание 3. (автор Дудко Е.Р.)

1) Уравнение реакции получения тригидрата трисоксалатоферрата(III) калия:



2) Для начала определим массу трисоксалатоферрата(III) калия, которую можно получить по данной методике. Находим количества вещества каждого из реагирующих веществ:

$$n(\text{FeCl}_3) = 0,0615 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,198 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,402 \text{ моль}$$

С учетом стехиометрии понимаем, что щавелевая кислота и щелочь находятся в небольшом избытке, значит расчет массы трисоксалатоферрата(III) калия ведем по хлориду железа(III).

$$m(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]) = n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]) \cdot M(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]) = 0,0615 \cdot 437 = 26,88 \text{ г.}$$

Теперь найдем массу всей воды, которая содержится в конечном растворе до начала кристаллизации:

1) 90 г воды в растворе хлорида железа

2) 25 г дигидрата щавелевой кислоты содержит 7,14 г воды

3) 45,0 г 50% раствора KOH содержит 22,5 г воды.

4) По уравнению реакции выделяется  $n(\text{H}_2\text{O}) = 6 \cdot 0,0615 = 0,369$  моль, а значит масса – 6,64 г.

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{суммарная}} = 90 + 7,14 + 22,5 + 6,64 = 126,3 \text{ г.}$$

Известно, что растворимость безводного трисоксалатоферрата(III) калия при температуре 0°C составляет 4,7 г на 100 г воды, однако надо не забыть учесть, что из раствора вещество кристаллизуется в виде тригидрата. Пусть  $x$  – количество моль тригидрата трисоксалатоферрата(III) калия, которая закристаллизовалась.

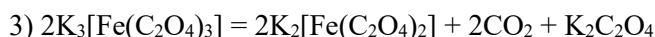
$$n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]) = x \text{ моль, } n(\text{H}_2\text{O}_{\text{закрист.}}) = 3x \text{ моль.}$$

Составим уравнение:

$$\frac{m(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3])}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{\text{исх.}} - m_{\text{закрист.}}}{m_{\text{H}_2\text{O исх}} - m_{\text{H}_2\text{O закрис.}}} = \frac{26,88 - 437 \cdot x}{126,3 - 18 \cdot 3 \cdot x} = \frac{4,7}{100}$$

Решаем уравнение и находим  $x = 0,0482$  моль, а значит масса тригидрата трисоксалатоферрата(III) калия:

$$m(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,0482 \cdot 491 = 23,7 \text{ г.}$$



#### Система оценивания:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. Верное уравнение – 3 балла   | 3 балла         |
| 2. Теоретическая масса трисоксалатоферрата(III) калия – 3 балла, масса воды – 3 балла, составление пропорции – 3 балла, верная масса тригидрата трисоксалатоферрата(III) калия – 3 балла. | 4·3 = 12 баллов |
| 3. Уравнение реакции разложения – 2 балла   | 2 балла         |

**ИТОГО**

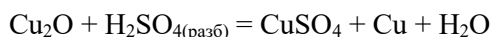
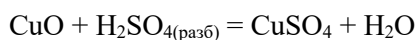
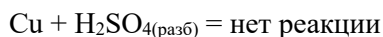
**17 баллов**

#### Задание 4. (автор Гаркуль И.А.)

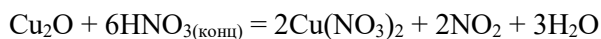
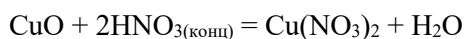
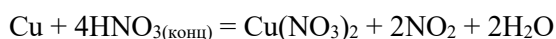
1. Для простого вещества с плотностью 89,3 мг/л вычислим молярную массу, которая равна  $(0,0893 \text{ г/л}) \cdot (22,4 \text{ л/моль}) = 2 \text{ г/моль}$ , что соответствует водороду  $\text{H}_2$ , о чем также свидетельствует образование меди в 3 эксперименте.

Уравнения реакций:

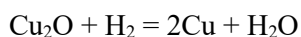
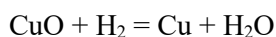
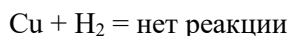
Эксперимент 1:



Эксперимент 2:



Эксперимент 3:



2. В первых двух экспериментах окись меди ( $\text{CuO}$ ) растворяется полностью. Металлическая медь растворяется только во 2 эксперименте. Закись меди ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) полностью растворяется во 2 эксперименте, а в первом – диспропорционирует с выделением металлической меди. В 3 эксперименте  $\text{CuO}$  и  $\text{Cu}_2\text{O}$  восстанавливаются до металлической меди. Самым легким веществом в смеси является медь, значит ее массовая доля равна 0,25.

Тогда из первого эксперимента получаем уравнение:

$$\{m(\text{Cu}) + [m(\text{Cu}_2\text{O})/M(\text{Cu}_2\text{O})] \cdot M(\text{Cu})\} / m_{\text{общ}} = \omega(\text{Cu}) + \omega(\text{Cu}_2\text{O}) \cdot M(\text{Cu})/M(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,5$$

откуда получается, что  $0,25 + \omega(\text{Cu}_2\text{O}) \cdot 63,5/143 = 0,5$ ; а значит  $\omega(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,563$ .

Тогда массовую долю  $\text{CuO}$  можно легко найти по остаточному принципу  $1 - 0,25 - 0,563 = 0,187$ .

3. Поскольку в данной задаче необходимо определить массовые доли, то есть относительное содержание веществ, то разделять исходную смесь на равны доли не обязательно.

#### Система оценивания:

1. Определение водорода 1 балл, уравнения реакций по 2 балла	$1 + 2 \cdot 7 = 15$ баллов
2. Массовая доля для $\text{CuO}$ и $\text{Cu}_2\text{O}$ по 3 балла	$2 \cdot 3 = 6$ баллов
3. Указание об отсутствии необходимости равного деления смеси 1 балл	1 балл
<b>ИТОГО</b>	<b>22 балла</b>

### Задание 5. (автор Гаркуль И.А.)

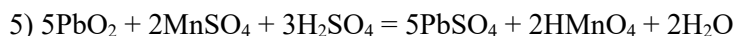
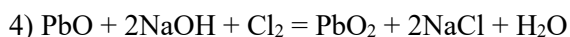
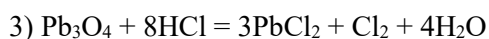
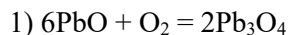
1. Поскольку три бинарных вещества имеют одинаковый качественный состав, а переход из **В** в **А** осуществляется путем прокаливания на воздухе, то можно предположить, что речь идет об оксидах.

**А** –  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (подтверждается массовой долей свинца  $\omega(\text{O}) = 90,7\%$ )

**В** –  $\text{PbO}$

**С** –  $\text{PbO}_2$

**Д** –  $\text{PbCl}_2$  (в концентрированной  $\text{HCl}$  также возможно образование хлорокомплексов, например  $\text{H}_2[\text{PbCl}_4]$ )



2. Свинец не используется для создания красок в виду токсичности его соединений. Свинец – один из металлов древности. Во времена Римской империи свинец широко использовался в процессе строительства труб для водопровода.

3. Дело в том, что окислительная способность свинца зависит от среды, в то время как для хлора электрохимический потенциал восстановления из « $\text{Cl}_2$ » в « $\text{Cl}^-$ » одинаковый в кислой и щелочной среде. Таким образом, в кислой среде « $\text{Pb}^{+4}$ » окисляет хлорид-ион до молекулярного хлора, а в щелочной среде – наоборот, хлор окисляет « $\text{Pb}^{+2}$ » до « $\text{Pb}^{+4}$ ».

#### Система оценивания:

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. Формулы веществ <b>А-Д</b> по 1 баллу, уравнения реакция 1-5 по 2 балла  | $1 \cdot 4 + 2 \cdot 5 = 14$ баллов |
| 2. Указание на токсичность соединений свинца и использование его во времена Древнего Рима для строительства труб по 1 баллу | $1 + 1 = 2$ балла                   |
| 3. Указание на влияние среды 1 балл   | 1 балл                              |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>17 баллов</b>                    |