

**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 π -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.

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

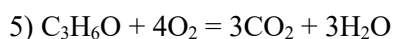
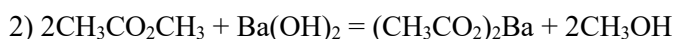
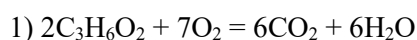
$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 0.48/18 = 0,0266 \text{ моль}$$

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

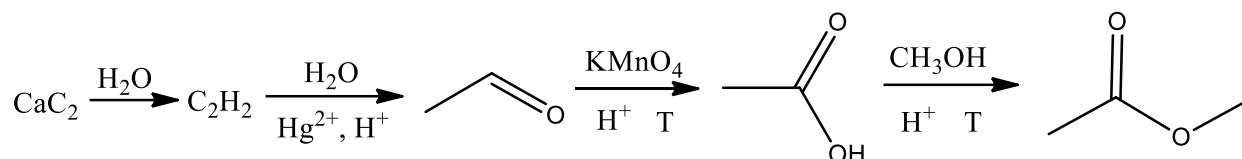
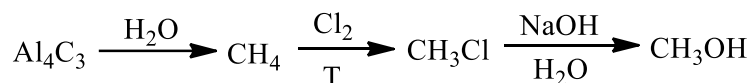
Пусть в **Y** будет « α » атомов углерода, тогда при сгорании 1 моль **Y** будет образовываться « α » моль CO_2 .

$n(Y) = m(Y)/M(Y) = n(\text{CO}_2)/\alpha$, 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 « α » 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 |
| ИТОГО | 25 баллов |

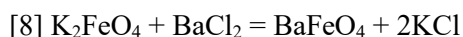
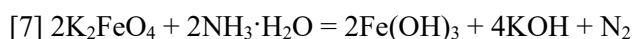
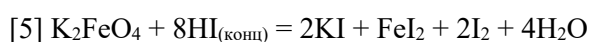
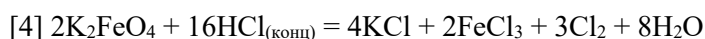
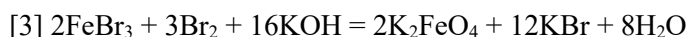
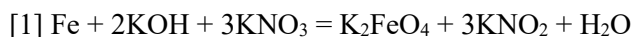
Задание 2. (автор Дудко Е.Р.)

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 – K_2FeO_4

B – Fe

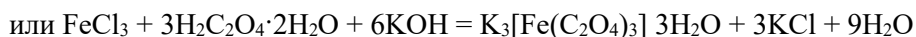
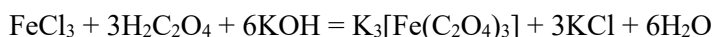
C – BaFeO_4



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

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.

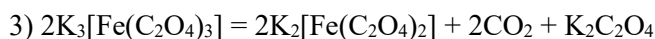
$$n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = n(\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]) = x \text{ моль, } n(\text{H}_2\text{O}_{\text{закрист.}}) = 3x \text{ моль.}$$

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

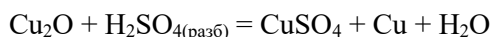
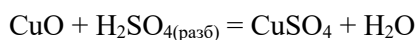
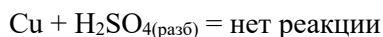
17 баллов

Задание 4. (автор Гаркуль И.А.)

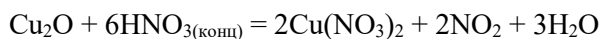
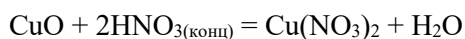
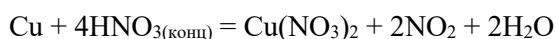
1. Для простого вещества с плотностью 89,3 мг/л вычислим молярную массу, которая равна $(0,0893 \text{ г/л}) \cdot (22,4 \text{ л/моль}) = 2 \text{ г/моль}$, что соответствует водороду H_2 , о чем также свидетельствует образование меди в 3 эксперименте.

Уравнения реакций:

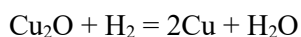
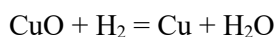
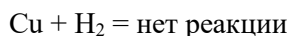
Эксперимент 1:



Эксперимент 2:



Эксперимент 3:



2. В первых двух экспериментах окись меди (CuO) растворяется полностью. Металлическая медь растворяется только во 2 эксперименте. Закись меди (Cu_2O) полностью растворяется во 2 эксперименте, а в первом – диспропорционирует с выделением металлической меди. В 3 эксперименте CuO и Cu_2O 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 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 CuO и Cu_2O по 3 балла	$2 \cdot 3 = 6$ баллов
3. Указание об отсутствии необходимости равного деления смеси 1 балл	1 балл
ИТОГО	22 балла

Задание 5. (автор Гаркуль И.А.)

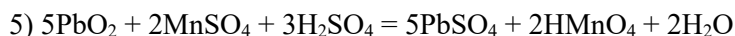
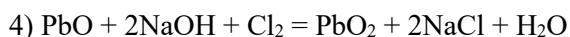
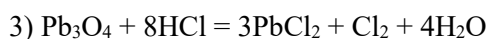
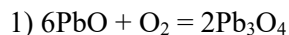
1. Поскольку три бинарных вещества имеют одинаковый качественный состав, а переход из **В** в **А** осуществляется путем прокаливания на воздухе, то можно предположить, что речь идет об оксидах.

А – Pb_3O_4 (подтверждается массовой долей свинца $\omega(\text{O}) = 90,7\%$)

В – PbO

С – PbO_2

Д – PbCl_2 (в концентрированной 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 « Cl_2 » в « Cl^- » одинаковый в кислой и щелочной среде. Таким образом, в кислой среде « Pb^{+4} » окисляет хлорид-ион до молекулярного хлора, а в щелочной среде – наоборот, хлор окисляет « Pb^{+2} » до « Pb^{+4} ».

Система оценивания:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Формулы веществ А-Д 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 |
| ИТОГО | 17 баллов |