

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2018–2019 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задания, ответы и критерии оценивания

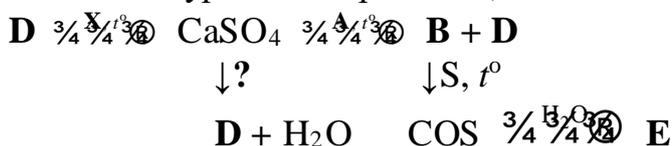
Задача 1. Левые части

Восстановите левые части уравнений химических реакций.

- 1) ... + ... = 5S↓ + I₂↓ + 6H₂O
- 2) ... + ... + ... = 8HCl + H₂SO₄
- 3) ... + ... = 3PbO + PbSO₄ + H₂O
- 4) ... + ... = Cr(OH)₃↓ + 3H₂O + 3NaHS
- 5) ... + ... = S↓ + 2NO↑ + 2H₂O

Задача 2. Цепочка

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



Известно, что

A и **X** – простые вещества, **B**, **D** и **E** – бинарные соединения.

Задача 3. Смесь нитроалканов

В смеси нитрометана и его гомолога количество вещества углерода в 1,25 раза больше количества вещества азота. Вычислите массовую долю кислорода в смеси. Предложите два способа получения нитрометана и напишите уравнения соответствующих реакций.

Задача 4. Стимулятор роста

«...для ускорения процесса созревания овощей их рекомендуют класть рядом с бананами или яблоками, так как последние выделяют большое количество газообразного углеводорода **A**, способствующего созреванию...».

Смесь газа **A** с пятикратным избытком кислорода подожгли в закрытом сосуде. После приведения условий реакции к исходным на дне сосуда обнаружили 3,6 мл жидкости, а объём оставшегося кислорода составил 1/3 от первоначального объёма смеси. Определите газ **A**. Ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение реакции горения газа **A**.

Задача 5. Лыжная мазь

Одно из главных спортивных событий 2018 года – зимние Олимпийские игры в Пхёнчхане, на которых отлично выступили молодые российские лыжники. Но, конечно же, невозможно показать высокий результат без правильно подобранной лыжной мази. Лыжная мазь – сложная композиция веществ, используемых для улучшения скольжения лыж по снегу либо для уменьшения отдачи (то есть нежелательного проскальзывания лыж назад).

Для улучшения водоотталкивающих свойств в лыжную мазь добавляют бинарное вещество **X**, состоящее из металла и неметалла **Y**, принадлежащих одной и той же группе Периодической системы (короткий вариант). Простое вещество, образованное неметаллом **Y**, известно с древних времён и представляет собой порошок жёлтого цвета, нерастворимый в воде. На воздухе это вещество горит синим пламенем. Содержание неметалла **Y** в **X** составляет 40 % по массе.

1. Определите элемент **Y**. Напишите уравнение реакции горения простого вещества, образованного этим элементом, в атмосфере: а) кислорода; б) фтора.
2. Определите вещество **X**. Ответ подтвердите расчётом.
3. Напишите уравнение реакции получения вещества **X** из простых веществ.
4. Напишите уравнение реакции горения вещества **X** в токе кислорода.

Задача 6. Горение на воздухе

Юные химики провели четыре эксперимента, исследуя горение различных веществ в банках с воздухом. В первом опыте в банку на ложечке внесли тлеющий уголёк (см. рисунок 1). Банку закрыли газоотводной трубкой, конец которой опустили в цилиндр с водой. Газоотводную трубку предварительно пережали с помощью зажима. Во втором аналогичном опыте сжигали серу (см. рисунок 2), в третьем — фосфор (см. рисунок 3), в четвёртом — в банку внесли зажжённую парафиновую свечу (см. рисунок 4).

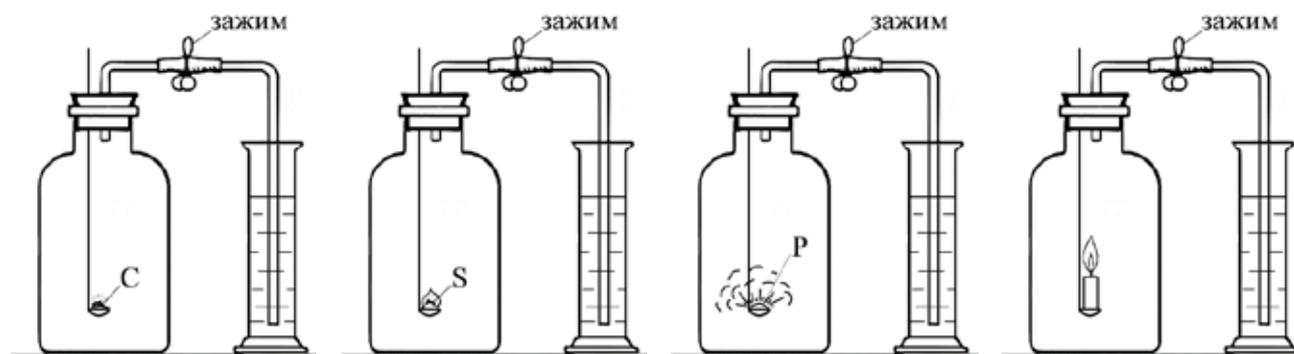


Рисунок 1

Рисунок 2

Рисунок 3

Рисунок 4

После окончания горения веществ и охлаждения продуктов сгорания до исходной температуры зажимы открывали и смотрели, как изменяется уровень воды в газоотводной трубке. В одних опытах уровень воды практически не изменялся, в других – вода начинала подниматься по трубке и переливаться из цилиндра в банку.

1. Напишите уравнения реакций, которые протекали с участием угля, серы и фосфора.
2. Запишите уравнение реакции полного сгорания компонентов парафина, из которого изготовлена свеча, в общем виде, обозначив их состав как C_xH_{2x+2} .
3. Почему вещества в банках гаснут, не успев догореть?
4. В каких опытах уровень воды в газоотводной трубке практически не изменялся после того, как открывали зажим, а в каких вода начинала подниматься по трубке и переливаться из цилиндра в банку? Ответ обоснуйте.

Решения и система оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1. Левые части

Решение:

- 1) $5\text{H}_2\text{S} + 2\text{HIO}_3 = 5\text{S}\downarrow + \text{I}_2\downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = 8\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- 3) $\text{H}_2\text{S} + 4\text{PbO}_2 = 3\text{PbO} + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $3\text{H}_2\text{S} + \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] = \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{NaHS}$
- 5) $\text{H}_2\text{S} + 2\text{HNO}_2 = \text{S}\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

Критерии оценивания:

Каждое уравнение

2 балла

(если правильные реагенты, но не уравнено – 1 балл)

Итого 10 баллов

Задача 2. Цепочка

Решение:

A – C, B – CO, D – CaS, E – CO₂ или H₂S, X – O₂

Уравнения реакций:

- 1) $\text{CaS} + 2\text{O}_2 = \text{CaSO}_4 \quad (t^\circ)$
- 2) $\text{CaSO}_4 + 4\text{C} = \text{CaS} + 4\text{CO} \quad (t^\circ)$
- 3) $\text{CO} + \text{S} = \text{COS} \quad (t^\circ)$
- 4) $\text{COS} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- 5) $\text{CaSO}_4 + 4\text{H}_2 = \text{CaS} + 4\text{H}_2\text{O} \quad (t^\circ)$

Критерии оценивания:

Вещества

5 баллов (по 1 баллу за вещество)

Уравнения

5 баллов (по 1 баллу за уравнение)

(если правильные вещества, но не уравнено – 0,5 балла)

Итого 10 баллов

Задача 3. Смесь нитроалканов

Решение:

Массовая доля элемента в смеси не зависит от её количества, поэтому возьмём 1 моль смеси CH_3NO_2 и его гомолога $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$. Смесь содержит 1 моль N, 1,25 моль C и 2 моль O. Из общей формулы нитроалканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$ следует, что в любом из них (а, значит, и в любой их смеси) $n(\text{H}) = 2n(\text{C}) + n(\text{N})$, а в данной смеси $n(\text{H}) = 2 \times 1,25 + 1 = 3,5$ моль.

Массы элементов:

$$m(\text{N}) = 14 \text{ г,}$$

$$m(\text{C}) = 1,25 \times 12 = 15 \text{ г,}$$

$$m(\text{O}) = 2 \times 16 = 32 \text{ г,}$$

$$m(\text{H}) = 3,5 \text{ г.}$$

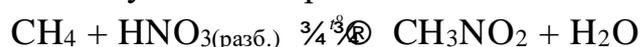
Массовая доля кислорода:

$$w(\text{O}) = 32 / (14 + 15 + 32 + 3,5) \times 100\% = 49,6 \%$$

6 баллов

(Возможны и другие, более стандартные подходы к решению.)

Способы получения нитрометана:



2 балла



2

балла

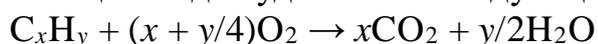
(Возможны и другие способы.)

Итого 10 баллов

Задача 4. Стимулятор роста

Решение:

Пусть формула углеводорода **A** – C_xH_y . Тогда уравнение реакции горения в общем виде будет иметь следующий вид:



Жидкость на дне сосуда – H_2O

1 балл

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 3,6 / 18 = 0,2 \text{ моль}$$

1 балл

Тогда по уравнению реакции горения

$$n(\text{C}_x\text{H}_y) = 0,4 / y \text{ моль}$$

1 балл

$$n(\text{прореаг. O}_2) = (0,4x/y + 0,1) \text{ моль}$$

1 балл

$$n(\text{исх. O}_2) = 2/y \text{ моль, тогда}$$

$$n(\text{ост. O}_2) = n(\text{исх. O}_2) - n(\text{прореаг. O}_2) = 2/y - 0,4x/y - 0,1 \text{ моль}$$

1 балл

С другой стороны,

$$n(\text{ост. O}_2) = 1/3 n(\text{исх. смеси}) = 0,8/y, \text{ тогда}$$

$$0,8/y = 2/y - 0,4x/y - 0,1$$

1 балл

$$8 = 20 - 4x - y$$

$$4x + y = 12$$

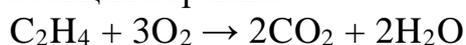
Методом подбора получаем единственное решение:

$$x = 2, y = 4, \text{ следовательно, } \mathbf{A} - \text{C}_2\text{H}_4, \text{ этилен}$$

2 балла

*(любой другой верный вывод формулы углеводорода **A** оценивается 8 баллами. Например, если этилен угадан, а потом подтверждено его соответствие условию задачи. Если ответ не подтверждён расчётом, а дан только на основании знания свойств этилена, – 1 балл.)*

Реакция горения:



2 балла

(уравнение с неправильными коэффициентами – 1 балл)

Итого 10 баллов

Задача 5. Лыжная мазь

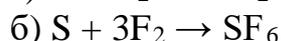
Решение:

1. Y – S (сера).

1 балл



1 балл



1 балл

2. Пусть формула X – M_2S_n , тогда $w(S) = 0,4 = \frac{32n}{2M + 32n} \Rightarrow M = 24n$

$n = 1, M = 24$ г/моль – Mg, не подходит (II группа)

$n = 2, M = 48$ г/моль – Ti, не подходит (IV группа)

$n = 3, M = 72$ г/моль – Ge, не подходит (IV группа)

$n = 4, M = 96$ г/моль – Mo, подходит!

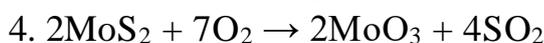
Следовательно, X – MoS_2

4 балла

(без расчёта – 0 баллов)



1 балл



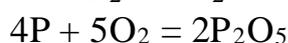
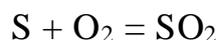
2 балла

(уравнение с неправильными коэффициентами – 1 балл)

Итого 10 баллов

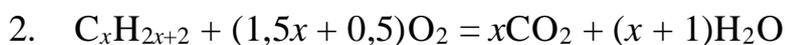
Задача 6. Горение на воздухе

Решение:



3 балла (по 1 баллу за

уравнение)



2

балла

3. Для горения веществ необходим кислород, количество которого ограничено воздухом в замкнутом объёме банки. Как только содержание кислорода в банке упадёт ниже уровня, необходимого для поддержания горения, вещества гаснут.

1 балл

4. Из уравнений реакций, приведённых в ответе на первый вопрос, видно, что при горении угля и серы количество газообразных веществ не изменяется. Объём кислорода, вступающего в реакцию, равен объёму углекислого газа, образующегося при горении угля, и объёму сернистого газа, образующегося при горении серы. Поэтому в этих двух опытах уровень воды в газоотводной трубке практически не изменится после того, как откроют зажим.

При горении фосфора газообразных веществ не образуется, фосфорный ангидрид – твёрдое вещество. Кислород расходуется на горение фосфора, давление в банке падает, вода поднимается по трубке и переливается из цилиндра.

Из уравнения реакции, приведённого в ответе на второй вопрос, видно, что после конденсации паров воды объём газов сокращается. Расходуется $1,5x + 0,5$ объёмов кислорода, а образуется только x объёмов углекислого газа. Давление в банке падает, вода поднимается по трубке и переливается из цилиндра.

4 балла
Итого 10 баллов