

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

**Задания, ответы и критерии оценивания**

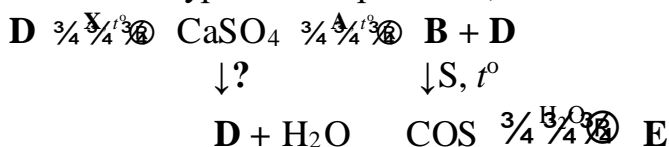
**Задача 1. Левые части**

Восстановите левые части уравнений химических реакций.

- 1) ... + ... = 5S↓ + I<sub>2</sub>↓ + 6H<sub>2</sub>O
- 2) ... + ... + ... = 8HCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 3) ... + ... = 3PbO + PbSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O
- 4) ... + ... = Cr(OH)<sub>3</sub>↓ + 3H<sub>2</sub>O + 3NaHS
- 5) ... + ... = S↓ + 2NO↑ + 2H<sub>2</sub>O

**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).

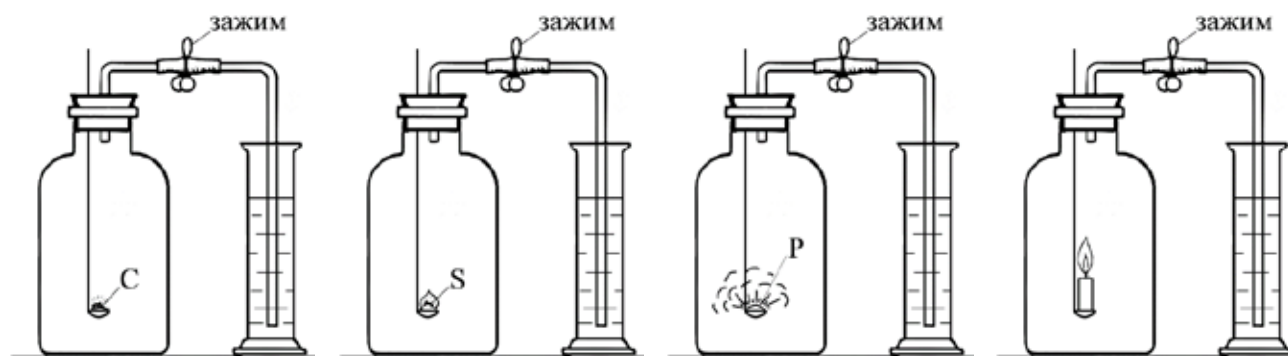


Рисунок 1

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 – CO<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>S, X – O<sub>2</sub>**

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  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  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:

$$m(\text{N}) = 14 \text{ г,}$$

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

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

$$m(\text{H}) = 3,5 \text{ г.}$$

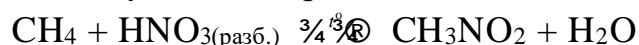
Массовая доля кислорода:

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

**6 баллов**

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

Способы получения нитрометана:



**2 балла**



**2**

**балла**

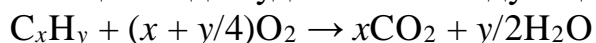
(Возможны и другие способы.)

**Итого 10 баллов**

#### Задача 4. Стимулятор роста

**Решение:**

Пусть формула углеводорода **A** –  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Тогда уравнение реакции горения в общем виде будет иметь следующий вид:



Жидкость на дне сосуда –  $\text{H}_2\text{O}$

**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:

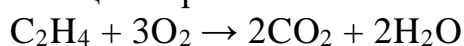
$$x = 2, y = 4, \text{ следовательно, } \mathbf{A} - \text{C}_2\text{H}_4, \text{ этилен}$$

**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)*

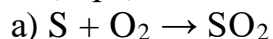
**Итого 10 баллов**

### 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!

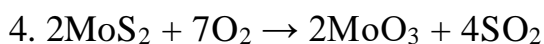
Следовательно, X –  $MoS_2$

4 балла

(без расчёта – 0 баллов)



1 балл



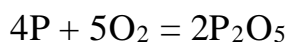
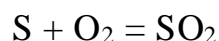
2 балла

(уравнение с неправильными коэффициентами – 1 балл)

**Итого 10 баллов**

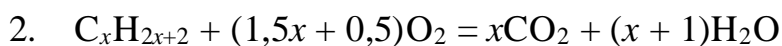
### Задача 6. Горение на воздухе

#### 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**