ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ХИМИИ. 2019–2020 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 **А**, способствующего созреванию…».

Смесь газа **А** 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 **А**. Ответ подтвердите расчётом.

Напишите уравнение реакции горения газа **А**.

**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 **Х**. 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*x*H2*x* + 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. 5H2S + 2HIO3 = 5S↓ + I2↓ + 6H2O
2. H2S + 4Cl2 + 4H2O = 8HCl + H2SO4
3. H2S + 4PbO2 = 3PbO + PbSO4 + H2O
4. 3H2S + Na3[Cr(OH)6] = Cr(OH)3↓ + 3H2O + 3NaHS
5. H2S + 2HNO2 = S↓ + 2NO↑ + 2H2O

**Критерии оценивания:**

Каждое уравнение **4 балла**

(*если правильные реагенты, но не уравнено – 2 балла*)

**Итого 20 баллов**

**Задача 2. Цепочка**

**Решение:**

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

Уравнения реакций:

1. CaS + 2O2 = CaSO4 (*t*°)
2. CaSO4 + 4C = CaS + 4CO (*t*°)
3. CO + S = COS (*t*°)
4. COS + H2O = CO2 + H2S
5. CaSO4 + 4H2 = CaS + 4H2O (*t*°)

**Критерии оценивания:**

Вещества **10 баллов** (по 2 балла за вещество)

Уравнения **10 баллов** (по 2 балла за уравнение)

(*если правильные вещества, но не уравнено – 1 балл*)

**Итого 20 баллов**

**Задача 3. Смесь нитроалканов Решение:**

Массовая доля элемента в смеси не зависит от её количества, поэтому возьмём 1 моль смеси CH3NO2 и его гомолога C*n*H2*n* + 1NO2. Смесь содержит 1 моль N, 1,25 моль C и 2 моль O. Из общей формулы нитроалканов C*n*H2*n* + 1NO2 следует, что в любом из них (а, значит, и в любой их смеси) n(H) = 2n(C) + n(N), а в данной смеси n(H) = 2 1,25 + 1 = 3,5 моль.

Массы элементов:

*m*(N) = 14 г,

 *m*(C) = 1,25 \* 12 = 15 г,

 *m*(O) = 2 \* 16 = 32 г,

*m*(H) = 3,5 г.

Массовая доля кислорода:

 w(O) = 32 / (14 + 15 + 32 + 3,5) 100% = 49,6 %. **12 баллов**

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

Способы получения нитрометана:

 CH4 + HNO3(разб.) *t* CH3NO2 + H2O **4 балла**  CH3Br + AgNO2 CH3NO2 + AgBr **4 балла**

(Возможны и другие способы.)

**Итого 20 баллов**

**Задача 4. Стимулятор роста Решение:**

Пусть формула углеводорода **А** – C*x*H*y*. Тогда уравнение реакции горения в общем виде будет иметь следующий вид: C*x*H*y* + (*x* + *y*/4)O2 → *x*CO2 + *y*/2H2O

Жидкость на дне сосуда – H2O **2 балла** n(H2O) = 3,6 / 18 = 0,2 моль **2 балла**

Тогда по уравнению реакции горения

n(C*x*H*y*) = 0,4 / *y* моль **2 балла** n(прореаг. О2) = (0,4*x*/*y* + 0,1) моль **2 балла** n(исх. О2) = 2/*y* моль, тогда

n(ост. О2) = n(исх. О2) – n(прореаг. О2) = 2/*y* – 0,4*x*/*y* – 0,1 моль **2 балла**

С другой стороны, n(ост. О2) = 1/3 n(исх. смеси) *=* 0,8/*y*, тогда

0,8/*y* = 2/*y* – 0,4*x*/*y* – 0,1 **2 балла**

8 = 20 – 4*x* – *y*

4*x* + *y* = 12

Методом подбора получаем единственное решение: *x* = 2, *y* = 4, следовательно, **A** – С2H4, этилен **4 балла**

*(любой другой верный вывод формулы углеводорода А 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, – 2 балла.)*

Реакция горения:

C2H4 + 3O2 → 2CO2 + 2H2O **4 балла**

 *(уравнение с неправильными коэффициентами – 2 балла)* **Итого 20 баллов**

**Задача 5. Лыжная мазь**

**Решение:**

1. **Y** – S (сера). **2 балл**а

а) S + O2 → SO2 **2 балл**а

 б) S + 3F2 → SF6 **2 балла**

1. Пусть формула **Х** – M2S*n*, тогда w (S) = 0,4 32*n /* 2*M*+32*n M* =24*n*

*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, **Х – MoS2** **8 баллов**

*(без расчёта – 0 баллов)*

1. Mo + 2S → MoS2 **2 балла**
2. 2MoS2 + 7O2 → 2MoO3 + 4SO2 **4 балла**

*(уравнение с неправильными коэффициентами – 1 балл)* **Итого 20 баллов**

**Задача 6. Горение на воздухе**

**Решение:**

1. C + O2 = CO2

 S + O2 = SO2

 4P + 5O2 = 2P2O5  **6 баллов** (по 1 баллу за уравнение)

1. C*x*H2*x*+2 + (1,5*x* + 0,5)O2 = *x*CO2 + (*x* + 1)H2O **4 балла**
2. 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.

 **2 балла**

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 1,5*x* + 0,5 объёмов кислорода, а образуется только *x* объёмов углекислого газа. Давление в банке падает, вода поднимается по трубке и переливается из цилиндра.

**8 баллов**

**Итого 20 баллов**