

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ 2016–2017 уч. г.
ОЧНЫЙ ЭТАП
9 класс

Задания для учащихся

1. Смесь сульфата калия, сульфита калия и карбоната калия содержит $6,02 \times 10^{22}$ атомов углерода, $1,806 \times 10^{23}$ атомов серы и $7,826 \times 10^{23}$ атомов кислорода. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение

$$\nu(\text{C}) = \frac{6,02 \times 10^{22}}{6,02 \times 10^{23}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{S}) = \frac{1,806 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}) = \frac{4,816 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} = 1,3 \text{ моль}$$

по 0,5 б за каждое количества вещества
всего – **1,5 балла**

$$\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{C}) = 0,1 \text{ моль}$$

1 балл

Пусть $\nu(\text{K}_2\text{SO}_3) = x$ моль и $\nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = y$ моль, тогда можно составить систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y = 0,3 \\ 3x + 4y = 1,3 - 0,3, \text{ откуда} \\ x = 0,2, y = 0,1, \text{ следовательно,} \\ \nu(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0,2 \text{ моль,} \\ \nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль} \end{array} \right.$$

по 2 балла за нахождение молей сульфата и сульфита
всего – **4 балла**

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 13,8 \text{ г; } m(\text{K}_2\text{SO}_3) = 31,6 \text{ г; } m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 17,4 \text{ г;}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 21,97\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_3) = 50,32\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 27,71\%$$

по 1,5 балла за каждую массовую долю
всего – **4,5 балла**

Итого – 11 баллов

2. Оксид азота (I) очень часто используется в качестве окислителя в монокомпонентных ракетных двигателях, как аналог кислорода. При запуске ракеты оксид азота (I) смешивается с горючим и создаёт необходимую реактивную тягу.

1) Приведите уравнения реакций горения следующих веществ в избытке оксида азота (I):

- а) фосфора;
- б) серы;
- в) алюминия;
- г) этана (C_2H_6).

2) Приведите уравнение реакции оксида азота (I) с избытком лития.

3) Приведите ещё два названия оксида азота (I).

4) Приведите любой способ получения оксида азота (I).

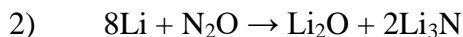
Решение

1) Уравнения реакций:



- б) $S + 2N_2O \rightarrow SO_2 + 2N_2$;
 в) $2Al + 3N_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3N_2$;
 г) $C_2H_6 + 7N_2O \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 7N_2$;

по 2 балла за каждое уравнение
 (за уравнение с неверными коэффициентами – 1 балл)
 всего – **8 баллов**

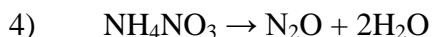


4 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 2 балла)

- 3) Закись азота, веселящий газ, оксид диазота.

По 1 баллу за каждое название
 Всего – **2 балл**



или



За любой способ – **2 балла**

Итого – 16 баллов

3. В 1-ой части трилогии Н.Н. Носова «Приключения Незнайки и его друзей» главные герои из-за охлаждения горячего воздуха в воздушном шаре оказались в Зелёном городе. Как известно, в путешествие отправилось 16 коротышек и собака Булька. Знайка и его товарищи нагрели воздух в большом котле до $680^\circ C$ и с помощью шланга закачали его в воздушный шар объёмом 50 л.

1) Определите массу воздуха, которая необходима для полёта шара. Учтите, что масса резиновой оболочки равна 10 г, масса корзины – 6 г, средняя масса коротышки – 1 г, масса Бульки – 0,1 г. Для того чтобы шар поднялся на необходимую высоту, подъёмная сила должна быть больше силы тяжести в 0,7 раза. Температуру окружающей среды примите равной $17^\circ C$.

2) Для нагрева воздуха Знайка решил использовать реакцию горения метана (CH_4). Запишите уравнение реакции горения метана.

3) Определите массу метана, который необходим для нагрева нужного количества воздуха от $17^\circ C$ до $680^\circ C$, если теплота сгорания метана равна 800 кДж/моль .

Справочные данные:

$\rho_{17^\circ C}(\text{возд.}) = 1,22 \text{ г/л}$

$C(\text{возд.}) = 1005 \text{ Дж/кг} \times ^\circ C$

Решение 1

1) Подъёмная сила воздушного шара определяется разностью силы Архимеда и силы тяжести, действующей на шар. Согласно условию задачи:

$F = F_a - F_T$, тогда,

$(F_a - F_T) = 0,7F_T$

3 балла

$F_a = 1,7F_T$

$F_a = V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ C}(\text{возд.}) \times g$

$F_T = mg$

$V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ C}(\text{возд.}) \times g = 1,7mg$

$V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ C}(\text{возд.}) = 1,7m$

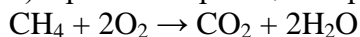
$m = m(\text{возд.}) + m(\text{оболочки}) + m(\text{корзины}) + 16m(\text{коротыш.}) + m(\text{Булька}) = m(\text{возд.}) + 32,1$

$50 \times 1,22 = 1,7(m(\text{возд.}) + 32,1)$

$m(\text{возд.}) = 3,78 \text{ г}$

5 баллов

2) Уравнение реакции горения метана:



2 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1 балл)

3) Для нагревания 3,78 г воздуха от 17°C до 680°C необходимо:

$$Q = Cm\Delta t = 1005 \times 0,00378 \times (680 - 17) = 2518,7 \text{ Дж}$$

5 баллов

Тогда, масса метана равна:

$$m(\text{CH}_4) = (2,5187/800) \times 16 = 50,3 \text{ мг}$$

4 балла

(если в п.1 масса воздуха найдена неверна, но расчёт теплоты правильный, за п.3 ставить максимальный балл)

Итого – 19 баллов

Решение 2

1) Подъёмная сила воздушного шара определяется разностью силы Архимеда и силы тяжести, действующей на шар. Согласно условию задачи:

$$F = F_a - F_T, \text{ тогда,}$$

$$0,7(F_a - F_T) = F_T \text{ или } (F_a - F_T) = 1,43F_T$$

3 балла

$$0,7F_a = 1,7F_T$$

$$F_a = V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ\text{C}}(\text{возд.}) \times g$$

$$F_T = mg$$

$$7V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ\text{C}}(\text{возд.}) \times g = 17mg$$

$$V(\text{шара}) \times \rho_{17^\circ\text{C}}(\text{возд.}) = 2,43m$$

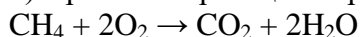
$$m = m(\text{возд.}) + m(\text{оболочки}) + m(\text{корзины}) + 16m(\text{коротыш.}) + m(\text{Булька}) = m(\text{возд.}) + 32,1$$

$$50 \times 1,22 = 2,43(m(\text{возд.}) + 32,1)$$

$$m(\text{возд.}) = 7 \text{ г}$$

5 баллов

2) Уравнение реакции горения метана:



2 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1 балл)

3) Для нагревания 7 г воздуха от 17°C до 680°C необходимо:

$$Q = Cm\Delta t = 1005 \times 0,007 \times (680 - 17) = 4664,2 \text{ Дж}$$

5 баллов

Тогда, масса метана равна:

$$m(\text{CH}_4) = (4,6642/800) \times 16 = 93,3 \text{ мг}$$

4 балла

(если в п.1 масса воздуха найдена неверна, но расчёт теплоты правильный, за п.3 ставить максимальный балл)

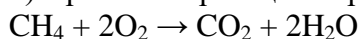
Итого – 19 баллов

Решение 3

1) Указание, что задача не имеет смысла, так как при данных условиях шар не полетит.

8 баллов

2) Уравнение реакции горения метана:



2 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1 балл)

3) Приведена формула для расчёта необходимого количества теплоты:

$$Q = Cm\Delta t$$

5 баллов

Тогда, масса метана равна:

$$m(\text{CH}_4) = (Q/800) \times 16$$

4 балла

Итого – 19 баллов

4. Элемент **X** может образовывать три фторида **X₁**, **X₂** и **X₃**, которые могут быть получены прямой реакцией **X** со фтором, но в различных условиях. Ниже приведены условия получения фторидов **X₁**, **X₂** и **X₃**, а также массовая доля фтора в них.

Фторид	Условия синтеза	$\omega(\text{F})$, %
X₁	Нагревание F_2 с избытком X до 400 °С в запаянном сосуде из никеля	22,49
X₂	Нагревание смеси F_2 и X (в соотношении 5 : 1 по объёму) до 400 °С под давлением 6 атм. в никелевом сосуде	36,71
X₃	Продолжительное нагревание смеси F_2 и X (в соотношении 20 : 1 по объёму) при 250–300 °С под давлением 50–60 атм. в никелевом сосуде	46,53

1) Определите элемент **X** и фториды **X₁**, **X₂** и **X₃**. Ответ подтвердите расчётом.

2) Фторид **X₁** проявляет настолько сильные окислительные свойства, что способен реагировать с водой с выделением кислорода. Запишите уравнение реакции **X₁** с водой.

Решение

1) Элемент **X** – Хе

5 баллов

(без расчёта – 0 баллов)

X₁ – ХеF₂, **X₂** – ХеF₄, **X₃** – ХеF₆

По 2 балла за вещество

Всего – 6 баллов

2) $2\text{XeF}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HF} + 2\text{Xe} + \text{O}_2$

4 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 2 балла)

Итого – 15 баллов

5. Как известно, одно из основных свойств пороха - это способность гореть без доступа кислорода извне с выделением большого количества тепла. Существуют надёжные многочисленные свидетельства, что порох был изобретён в Китае. Первое упоминание о напоминающей порох смеси появилось около 808 года. Это была одна из разновидностей пороха, так называемый «дымный порох», представляющий собой смесь нитрата калия, серы и угля.

1) Напишите уравнение реакции горения дымного пороха, если в результате образуются сульфид калия, азот и углекислый газ.

2) Иногда вместо нитрата калия используют хлорат калия. Напишите уравнение реакции горения хлоратного пороха.

3) Ещё одна разновидность пороха – это бездымный порох. Один из компонентов такого пороха – тринитроцеллюлоза $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n$. Напишите уравнение реакции горения тринитроцеллюлозы на воздухе.

- 4) Какова причина бездымности пороха?
 5) Какое тривиальное название носит хлорат калия?

Решение



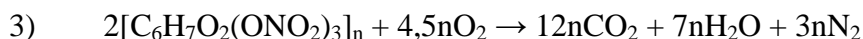
3 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1,5 балла)



3 балла

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1,5 балла)



5 баллов

(за уравнение с неверными коэффициентами – 2,5 балла)

4) Причина бездымности такого пороха состоит в том, что продукты окисления его ингредиентов в основном газообразны.

2 балла

5) Бертолетова соль.

2 балла

Итого – 15 баллов

6. Смесь двух твёрдых веществ массой 10,00 г аккуратно прокалили при 1100 °С (*реакция 1*), при этом выделился газ **А** с объёмом 1,792 л (н. у.). Твёрдый остаток массой 7,76 г растворили в воде – нерастворившуюся часть чёрного цвета массой 4,38 г отфильтровали, а к фильтрату добавили избыток раствора нитрата меди (II) при этом образовалось 1,92 г чёрного осадка **Б** (*реакция 2*).

1) Определите состав исходной смеси, если известно, что при добавлении к нему избытка раствора соляной кислоты, видимых признаков реакции не наблюдается. Приведите необходимые расчёты.

2) Определите вещества **А** и **Б**.

3) Запишите уравнения реакций 1 и 2.

Решение

Согласно закону сохранения массы:

$$m(\text{A}) = 10,00 - 7,76 = 2,24 \text{ г}$$

$\nu(\text{A}) = 0,08$ моль, следовательно,

$M(\text{A}) = 28$ г/моль, это может соответствовать или N_2 или CO

(за расчёт молярной массы газа **А**)

4 балла

Чёрный осадок **Б** – это, вероятнее всего сульфид меди (II).

2 балла

Т.е. при прокаливании исходного серого порошка выделился газ с молярной массой 28 г/моль (N_2 или CO) и образовался сульфид, следовательно, можно сделать вывод, что исходный серый порошок представляет собой смесь сульфата металла (сульфит не подходит, т.к. нет реакции с соляной кислотой) и угля.

3 баллов

Тогда, газ **А** – это CO

2 балла

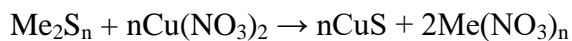
Чёрный остаток массой 4,38 г – это оставшийся уголь, тогда,

$$m(\text{Me}_2\text{S}_n) = 7,76 - 4,38 = 3,38 \text{ г}$$

$\nu(\text{CuS}) = 0,02$ моль

Московская олимпиада школьников по химии.

Очный этап. 9 класс



$v(\text{Me}_2\text{S}_n) = 0,02/n$ моль, тогда

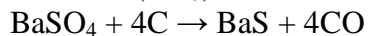
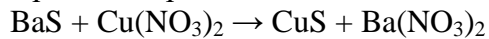
$M(\text{Me}_2\text{S}_n) = 169n = 2M + 32n$, следовательно,

$M(\text{Me}) = 68,5n$, при $n = 2$, $M = 137$ г/моль, что соответствует бария (Ba)

(за вывод бария)

5 баллов

Уравнения реакций:



По 2 балла за каждое уравнение

(за уравнение с неверными коэффициентами – 1 балл)

Всего – **4 балла**

$v(\text{BaSO}_4) = v(\text{BaS}) = 0,02$ моль, тогда,

$m(\text{BaSO}_4) = 4,66$ г, следовательно, исходный порошок имел следующий состав:

$\omega(\text{BaSO}_4) = 46,6\%$

$\omega(\text{C}) = 53,4\%$

4 балла

Итого – 24 баллов

Всего – 100 баллов