

## Олимпиада «Ломоносов». Очный тур. 7-9 классы

1. Напишите уравнение реакции с участием кислорода, в результате которой образуются два газообразных при обычных условиях вещества. (4 балла)

*Решение.* Газообразные при обычных условиях продукты горения – CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>. Исходное вещество – сероуглерод:



2. Какое вещество в 3 раза тяжелее метана (при одинаковых условиях)? Во сколько раз это вещество тяжелее воздуха? (4 балла)

*Решение.* Рассчитаем молярную массу неизвестного вещества:

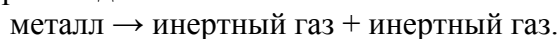
$$M(\text{X}) = 3 \cdot 16 = 48 \text{ г/моль.}$$

Неизвестное вещество – озон O<sub>3</sub>,

$$\rho(\text{O}_3) / \rho(\text{возд}) = 48 / 29 = 1.66.$$

*Ответ:* O<sub>3</sub>, 1.66.

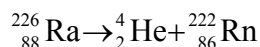
3. Ядерная реакция происходит по схеме:



Все ядра имеются в земной коре. Определите исходный изотоп и его массовое число, напишите уравнение ядерной реакции. (6 баллов)

*Решение.* Описано уравнение самопроизвольного α-распада (один из газов – гелий). Второй инертный газ образуется при α-распаде щелочноземельного металла, из которых радиоактивным является только радий Ra. Массовое число природного изотопа радия – 226.

Уравнение ядерной реакции:



4. В 100 г воды растворили 12.2 г белого порошка и получили 9.27%-ный раствор хлорида бария. Установите формулу порошка. Ответ подтвердите расчётом. (6 баллов)

*Решение.* Рассчитаем массу раствора и массу хлорида бария в нем:

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 12.2 = 112.2 \text{ г,}$$

$$m(\text{BaCl}_2) = 112.2 \cdot 0.0927 = 10.4 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{BaCl}_2) = 10.4 / 208 = 0.05 \text{ моль,}$$

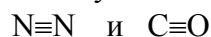
$$M(\text{порошка}) = 12.2 / 0.05 = 244 \text{ г/моль,}$$

$$244 - 208 = 36 = 18 \cdot 2.$$

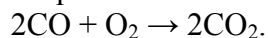
Формула порошка – BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O

5. Молекулы двух веществ содержат по 14 электронов. Напишите молекулярные и структурные формулы этих веществ. Предложите, как можно отличить эти вещества друг от друга, и составьте уравнение соответствующей реакции. Напишите формулу иона, который также содержит 14 электронов. (10 баллов)

*Решение.* 14 электронов содержат молекулы N<sub>2</sub> и CO. Их структурные формулы:



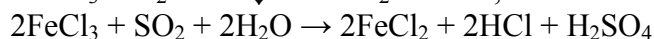
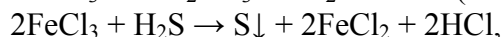
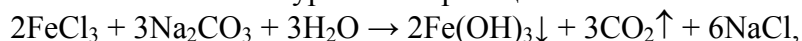
В отличие от N<sub>2</sub>, угарный газ CO горит синим пламенем:



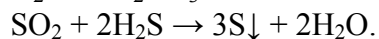
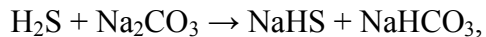
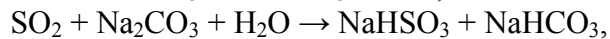
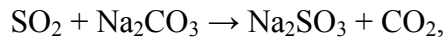
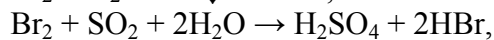
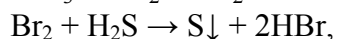
Изоэлектронный ион – CN<sup>-</sup>.

6. Даны водные растворы веществ: FeCl<sub>3</sub>, Br<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>. Составьте уравнения 6-ти реакций, которые могут протекать попарно между указанными растворами. В каждой паре допускается не больше одного уравнения. (12 баллов)

*Решение.* Возможные уравнения реакций:



(или  $2\text{FeCl}_3 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{FeSO}_4 + 4\text{HCl}$ ),



(Принимались любые 6 разумных уравнений – по 2 балла каждое).

7. Д.И.Менделеев в учебнике «Основы химии» писал: «... реакции между цинком и слабой (много воды содержащей) серной кислотой развивают на 65 вес. ч. цинка около 38 тыс. кал. тепла, а для 56 вес. ч. железа ... отделяется около 25 тыс. кал. тепла (образуется  $\text{FeSO}^4$ ).». Составьте термохимические уравнения описанных реакций (1 кал  $\approx$  4.2 Дж) и определите, сколько теплоты выделится при полном растворении 13 г цинка в растворе  $\text{FeSO}_4$ . (12 баллов)

*Решение.* Термохимические уравнения:



Вычитая из первого уравнения второе, находим термохимическое уравнение растворения цинка в растворе сульфата железа(II):



Составим пропорцию:

$$1 \text{ моль (65 г) цинка} - 55 \text{ кДж},$$

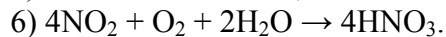
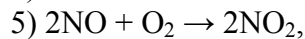
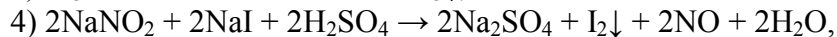
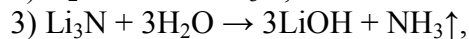
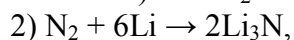
$$13 \text{ г цинка} - x \text{ кДж}.$$

Отсюда  $x = 11 \text{ кДж}$ .

8. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно реализовать следующие превращения:



Определите неизвестные вещества. (Каждая стрелка – одна реакция.) (12 баллов)



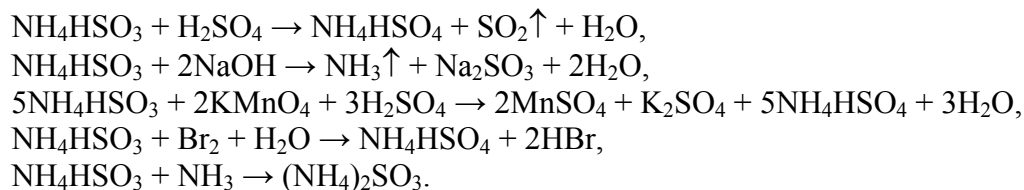
*Ответ:* X –  $\text{Li}_3\text{N}$ , Y –  $\text{NO}_2$ .

9. Неизвестное вещество X представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Оно реагирует как с серной кислотой, так и с гидроксидом натрия, причем в обоих случаях выделяются равные объемы газа. Известно, что из 9.9 г X при действии щелочи удастся получить 2.24 л (н. у.) газа Y с резким запахом. Водный раствор X обесцвечивает подкисленный водный раствор перманганата калия и бромную воду, взаимодействует с аммиачной водой. Определите неизвестные вещества и запишите уравнения всех описанных реакций. (16 баллов)

*Решение.* Из описания свойств следует, что X представляет собой кислую аммонийную соль сернистой кислоты – гидросульфит аммония  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ . Это предположение

подтверждается расчетом. Газ Y, выделяющий при действии щелочи, – аммиак NH<sub>3</sub>. Его объем при н. у. составляет 2.24 л, а количество – 0.1 моль. Предполагая, что в 1 моле X содержится 1 моль ионов аммония, получаем  $M(X) = 99$  г/моль, что соответствует NH<sub>4</sub>HSO<sub>3</sub>.

Уравнения реакций:

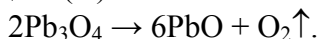


**10.** Для изготовления цветного стекла смешали в определённом соотношении поташ (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), песок и свинцовый сурик (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). При варке стекла из этой смеси выделилась смесь двух газов, имеющая плотность по водороду 20.5. После пропускания этой смеси через раствор щёлочи объём газа уменьшился в 4 раза. В полученном стекле масса оксида кремния(IV) составила 4/3 от общей массы остальных оксидов. Определите качественный и количественный состав газовой смеси (в объёмн. %), образовавшейся при варке стекла. Установите состав стекла, выразив его в виде комбинации оксидов с целочисленными коэффициентами. **(18 баллов)**

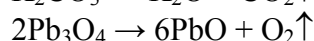
*Решение.* Один из газов – тот, который поглощается щёлочью, – CO<sub>2</sub>. После поглощения CO<sub>2</sub> объём газа уменьшился в 4 раза, следовательно, объёмная доля CO<sub>2</sub> в смеси составляла 3/4, а второго газа – 1/4. Средняя молярная масса смеси равна  $20.5 \cdot 2 = 41$  г/моль.

$$41 = 44 \cdot 0.75 + M(X) \cdot 0.25,$$

откуда  $M(X) = 32$  г/моль. Второй газ – кислород, он образовался при разложении сурика:



Состав стекла можно выразить формулой  $x\text{K}_2\text{O} \cdot y\text{PbO} \cdot z\text{SiO}_2$ . Найдём сначала соотношение первых двух оксидов через соотношение газообразных продуктов реакций разложения, происходящих при варке стекла. Возьмем  $\nu(\text{CO}_2) = 3$  моль,  $\nu(\text{O}_2) = 1$  моль, тогда из уравнений реакции:



следует, что  $\nu(\text{K}_2\text{O}) = 3$  моль,  $\nu(\text{PbO}) = 6$  моль, а соотношение  $\nu(\text{K}_2\text{O}) : \nu(\text{PbO}) = 1 : 2$ .

Масса смеси 1 моль K<sub>2</sub>O и 2 моль PbO составляет  $94 + 2 \cdot 223 = 540$  г. По условию, масса SiO<sub>2</sub> в 4/3 раза больше:

$$m(\text{SiO}_2) = 4/3 \cdot 540 = 720 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{SiO}_2) = 720 / 60 = 12 \text{ моль.}$$

Следовательно, состав стекла выражается формулой K<sub>2</sub>O · 2PbO · 12SiO<sub>2</sub>.

*Ответ:* CO<sub>2</sub> : O<sub>2</sub> = 3 : 1; K<sub>2</sub>O · 2PbO · 12SiO<sub>2</sub>.