

**Олимпиада «Ломоносов»
Задание для 5-9 классов**

1. Сульфат двухвалентного металла образует кристаллогидрат, в котором доля кислорода составляет 55.8% по массе и 50% по молям. Установите формулу кристаллогидрата.

(10 баллов)

Решение. Пусть формула кристаллогидрата – $\text{MSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Мольная доля кислорода составляет

$$x(\text{O}) = 0.5 = \frac{4 + n}{6 + 3n},$$

откуда находим значение $n = 2$.

Выразим массовую долю кислорода в $\text{MSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\omega(\text{O}) = 0.558 = \frac{6 \cdot 16}{M(\text{M}) + 32 + 4 \cdot 16 + 2 \cdot 18},$$

откуда определяем молярную массу металла $M(\text{M}) = 40$ г/моль. Это – кальций Ca.

Кристаллогидрат – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

2. Приведите по одному примеру получения кислот:

- а) из двух газов,
- б) из двух жидкостей,
- в) из жидкого и твердого вещества,
- г) из соли и другой кислоты,
- д) при разложении соли.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

(10 баллов)

Ответ. Возможные варианты реакций:

- а) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$
- б) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- в) $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4$
- г) $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$,
- д) $\text{NaHF}_2 \rightarrow \text{NaF} + \text{HF} \uparrow$.

3. Чистую азотную кислоту (плотность 1.51 г/мл) объемом 500 мл аккуратно прилили к одному литру воды и получили раствор объемом 1380 мл. Рассчитайте массовую долю и молярную концентрацию HNO_3 в этом растворе, а также плотность раствора. **(12 баллов)**

Решение. Найдем массы компонентов раствора и его массу:

$$m(\text{HNO}_3) = 500 \cdot 1.51 = 755 \text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ г},$$

$$m(\text{р-ра}) = 1000 + 755 = 1755 \text{ г}.$$

Массовая доля кислоты:

$$\omega(\text{HNO}_3) = 755 / 1755 = 0.430 \text{ (или 43.0\%)}$$

Определим молярную концентрацию кислоты:

$$\rho(\text{р-ра}) = 1755 \text{ г} / 1380 \text{ мл} = 1.27 \text{ г/мл},$$

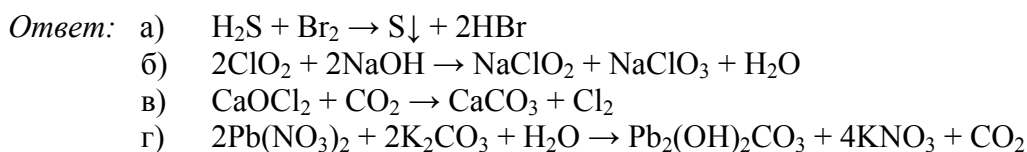
$$\nu(\text{HNO}_3) = 755 / 63 = 11.98 \text{ моль},$$

$$c(\text{HNO}_3) = 11.98 \text{ моль} / 1.38 \text{ л} = 8.68 \text{ М}.$$

Ответ: 43.0%, 8.68 М, 1.27 г/мл.

4. Какие вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (коэффициенты не указаны)? Напишите полные уравнения реакций.

- а) S + HBr
 б) NaClO₂ + NaClO₃ + H₂O
 в) CaCO₃ + Cl₂
 г) Pb₂(OH)₂CO₃ + KNO₃ + CO₂ (12 баллов)



5. В вашем распоряжении имеется 19.6 г серной кислоты. Как с ее помощью получить:
 а) 2.24 л, б) 4.48 л, в) 6.72 л, г) 8.96 л сернистого газа? Напишите уравнения реакций и приведите расчеты. Все объемы измерены при н. у. Во всех случаях серная кислота израсходована полностью. (16 баллов)

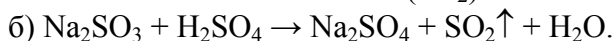
Решение. Количество серной кислоты одинаково во всех четырех опытах:

$$v(H_2SO_4) = 19.6 / 98 = 0.2 \text{ моль.}$$



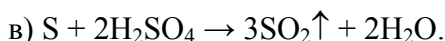
$$v(SO_2) = 0.5 v(H_2SO_4) = 0.1 \text{ моль,}$$

$$V(SO_2) = 0.1 \cdot 22.4 = 2.24 \text{ л.}$$



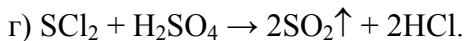
$$v(SO_2) = v(H_2SO_4) = 0.2 \text{ моль,}$$

$$V(SO_2) = 4.48 \text{ л.}$$



$$v(SO_2) = 1.5 v(H_2SO_4) = 0.3 \text{ моль,}$$

$$V(SO_2) = 6.72 \text{ л.}$$



$$v(SO_2) = 2v(H_2SO_4) = 0.4 \text{ моль,}$$

$$V(SO_2) = 8.96 \text{ л.}$$

Возможны и другие варианты решения.

6. Неизвестное вещество состоит из трех элементов – бария, водорода и кислорода. 12.52 г вещества нагрели до 150°C и выдержали до постоянной массы, которая составила 6.76 г. Полученное твердое вещество прокалили при 900 °C и получили после охлаждения твердый остаток массой 6.12 г. При выдерживании во влажной атмосфере этот остаток постепенно присоединяет 1.44 г воды с образованием чистого твердого вещества. Напишите уравнения всех описанных реакций. Ответ подтвердите расчетами. (20 баллов)

Решение. Исходное вещество может быть гидроксидом бария, его кристаллогидратом или кристаллогидратом пероксида бария. В любом случае после прокаливания при высокой температуре остается BaO.

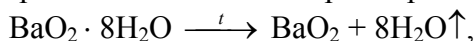
$$v(BaO) = 6.12 / 153 = 0.04 \text{ моль.}$$

Всех остальных соединений бария – тоже по 0.04 моль. Найдем их молярные массы и формулы.

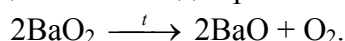
$$6.76 / 0.04 = 169 \text{ г/моль – } BaO_2$$

$$12.52 / 0.04 = 313 \text{ г/моль – } BaO_2 \cdot 8H_2O.$$

При первоначальном нагревании BaO₂·8H₂O теряет кристаллизационную воду:

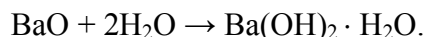


а затем теряет кислород и превращается в оксид бария:



$$v(H_2O) = 1.44 / 18 = 0.08 \text{ моль.}$$

Оксид бария присоединяет двойное количество воды, это приводит к образованию моногидрата гидроксида бария:



7. Газ **X** с резким запахом тяжелее водорода в 33 раза. Он легко гидролизуется даже небольшими количествами воды, превращаясь в смесь двух газов **Y** и **Z**, которая легче воздуха на 3.4%. Эта смесь полностью поглощается известковой водой, при этом выпадает белый осадок, частично растворимый в разбавленных кислотах с выделением газа **Y**. Газ **Y** входит в состав воздуха и вызывает «парниковый эффект». Определите формулы всех газов и напишите уравнения всех реакций. Найдите состав газовой смеси в объемных процентах.

(20 баллов)

Решение. Парниковый газ **Y**, входящий в состав воздуха, – это CO_2 . Молярная масса смеси CO_2 с газом **Z**:

$$M_{\text{см}} = 29 \cdot 0.966 = 28 \text{ г/моль}.$$

Поскольку $M(\text{CO}_2) > 28 \text{ г/моль}$, следовательно, $M(\mathbf{Z}) < 28 \text{ г/моль}$. Кроме того, известно, что **Z** реагирует с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуя осадок, не растворимый в разбавленных кислотах. Этим условиям удовлетворяет только HF.

Найдем состав смеси CO_2 и HF. Пусть объемная доля CO_2 равна x , тогда

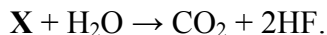
$$\begin{aligned} 44x + 20(1 - x) &= 28, \\ x &= 0.333. \end{aligned}$$

Состав смеси: $1/3 \text{ CO}_2$, $2/3 \text{ HF}$.

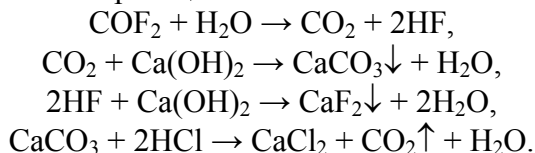
Газ **X** имеет молярную массу

$$M(\mathbf{X}) = 33 \cdot 2 = 66 \text{ г/моль},$$

и при гидролизе дает смесь CO_2 и HF в соотношении 1 : 2:



Газ **X** – это COF_2 . Уравнения реакций:



Ответ: **X** – COF_2 , **Y** – CO_2 , **Z** – HF; 33.33% CO_2 и 66.67% HF.