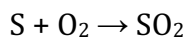


## Решение теоретического тура РХО-2007 для 9 класса

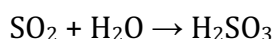
### №9-1-2007респ.

Поскольку кислота может проходить через медные трубы лишь в разбавленном состоянии, то это значит, что в концентрированном состоянии она их разрушает, реагируя с медью. В условиях указано, что кислота образована одним из элементов первых трех периодов, то есть это может быть либо  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , либо  $\text{HNO}_3$ . Но так как исходное вещество – твердое, то оно ожжет быть только серой.

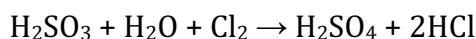
Если сера проходит через огонь, она, естественно сгорает до  $\text{SO}_2$ .



Растворение  $\text{SO}_2$  в воде приводит к образованию сернистой кислоты:



При хлорировании же сернистой кислоты протекает следующая реакция:



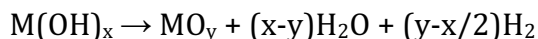
Серной кислоте, которая при этом образуется, в концентрированном состоянии, да еще при повышенной температуре, медные трубы и впрямь не преодолеть, так как будет протекать следующая реакция:



### №9-2-2007респ.

Средняя молекулярная масса газовой смеси  $M_{\text{ср}} = 6,3 \cdot 2 = 12,6$ , что меньше молекулярной массы воды, выделяющийся при разложении гидроксида. Следовательно, газовая смесь, помимо паров воды должна содержать водород, который может выделиться при окислении парами воды оксидов металлов в низших степенях окисления (например хром, железо ванадий, марганец и т.д). рассчитаем объемный состав смеси. Пусть объемная доля составляет  $\alpha$ , а объемная доля водорода –  $(1-\alpha)$ . Тогда  $18\alpha + 2(1-\alpha) = 12,6$ , откуда имеем  $\alpha = 0,67$  и  $1-\alpha = 0,33$ , т.е в смеси 67% воды и 33% водорода по объему.

Для проведения дальнейших расчетов запишем уравнение происходящей реакции в общем виде:



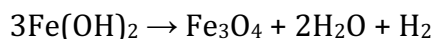
Отсюда получаем

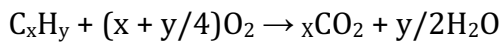
$$\frac{x-y}{y-x/2} = \frac{\alpha(\text{H}_2\text{O})}{\alpha(\text{H}_2)} = \frac{0,67}{0,33} = 2$$

Т.е  $y = 2x/3$ . Используя содержание кислорода в оксиде, получаем

$$\frac{16(2x/3)}{16\left(\frac{2x}{3}\right) + M_3} = 0,276$$

И получаем  $M_3 = 28x$ . При  $x=2$  получаем значение  $M_3 = 56$ , что соответствует железу. Другие целочисленные значения  $x$  не приводит к приемлемым результатам. Итого имеем А- $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , Б-  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Уравнение реакции:



**№9-3-2007респ.**

Количество реагентов и продуктов реакции:

$$n_{H_2O} = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{0,162}{18} = 0,009 \text{ моль}$$

$$n_{C_xH_y} = \frac{0,009}{y/2} = \frac{0,018}{y} \text{ моль} \quad (1)$$

$$n_{O_2} = \left(x + \frac{y}{4}\right) * \frac{0,009}{y/2} = \frac{x+4}{y} * 0,018 \text{ моль} \quad (2)$$

$$n_{CO_2} = x * \frac{0,009}{y/2} = \frac{x}{y} * 0,018 \text{ моль} \quad (3)$$

До реакции:

$$n_{\text{смеси}} = \frac{P * V}{R * T} = \frac{101,325 * 1}{8,314 * 406,5} = 0,03 \text{ моль}$$

$$n_{C_xH_y} + 2n_{O_2} = 0,03 \text{ моль} \quad (4)$$

После реакции:

$$n_{\text{смеси}} = \frac{P * V}{R * T} = \frac{106,4 * 1}{8,314 * 406,5} = 0,0315 \text{ моль}$$

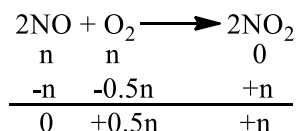
$$n_{CO_2} + n_{O_2} + n_{H_2O} = 0,0315 \text{ моль}$$

$$n_{CO_2} + n_{O_2} = 0,0225 \text{ моль} \quad (5)$$

При подставлении (1), (2) и (3) в уравнение (4) и (5) получаем уравнение с двумя неизвестными;  $x=3$ ,  $y=6$ . Стехиометрическая формула неизвестного углеводорода:  $C_3H_6$

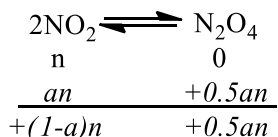
**№9-4-2007респ.**

Из закона Авогадро следует, что половинки сосуда содержат кислород и оксид азота (II) в равных количествах. Обозначим число молей каждого из исходных веществ через  $n$ . После снятия перегородки пойдет реакция образования диоксида азота. Рассчитаем мольный (объемный) состав смеси с учетом результатов этой необратимой реакции:



Здесь и далее в первой строке под уравнением реакции записаны исходные количества молей во второй строчке – количества молей прореагировавших и образовавшихся веществ и в третьей – то же после реакции.

Если бы дело ограничилось этой реакцией, то средняя молекулярная масса смеси находилась бы между 32 и 46. Но поскольку – исходя из заданной плотности по водороду – она составляет  $2 \cdot 25 = 50$ , в системе происходит еще один не учтенный нами процесс, связанный с укрупнением частиц. Очевидно, что этот процесс – димеризация диоксида азота, которая обратимо происходит при температурах не выше  $140-150^\circ\text{C}$ . Обозначим долю димеризовавшихся молекул  $NO_2$  через  $\alpha$ , выразим мольный состав смеси:



После завершения двухстадийного процесса в смеси содержится  $0,5n$  моль  $\text{O}_2$ ,  $(1-\alpha)n$  моль  $\text{NO}_2$  и  $0,5\alpha n$  моль  $\text{N}_2\text{O}_4$ , а всего  $(1,5-0,5\alpha)n$  моль. Выразим среднюю молекулярную массу через объемные части (они равны мольным долям) компонентов и их молекулярные массы:

$$\frac{32 * 0,5n}{(1,5 - 0,5\alpha)n} + \frac{46(1 - \alpha)n}{(1,5 - 0,5\alpha)n} + \frac{92 * 0,5\alpha}{(1,5 - 0,5\alpha)n} = 50$$

Сокращая  $n$  и решая несложное уравнение, получаем  $\alpha=0,52$ . Это значит, что 52% диоксида азота подверглась димеризации.

Общее число молей до реакции равно  $2n$ , после –  $(1,5-0,5*0,52)n=1,24n$ . при постоянстве объема и температуры давление пропорционально числу молей:

$$\frac{2n}{1,24n} = \frac{100}{p}$$

Откуда  $p=62$  кПа. Состав полученной смеси в объемных процентах:

$$\frac{0,52}{1,24} * 100\% = 40,3\% \text{ O}_2$$

$$\frac{1-0,52}{1,24} * 100\% = 38,7\% \text{ NO}_2$$

Остальное – 21%  $\text{N}_2\text{O}_4$

**№9-5-2007респ.**

**№9-6-2007респ.**

**№9-7-2007респ.**

Реагент	Кислородосодержащие органические вещества						
	$\text{CH}_3\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$\text{HCOH}$	$\text{HCOOH}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{HCOOCH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
Na	+	+	-	+	+	-	+
NaOH	-	+	-	+	+	+	-
$\text{NaHCO}_3$	-	-	-	+	+	-	-
$\text{Br}_2(\text{водн})$	-	+	+	+	-	-	-
$\text{Ag}_2\text{O}$ амм. р-р		-	+	+	-	+	+

**№9-8-2007респ.**

Теорема 1.

Примем, что общая формула членов гомологического ряда –  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Нужно найти, как связаны между собой  $n$  и  $m$ , если первый член ряда –  $\text{C}_p\text{H}_q$ . Поскольку группа атомов  $\text{CH}_2$  – гомологическая разность, то любой член ряда можно представить как  $\text{C}_p\text{H}_q(\text{CH}_2)_x$  или  $\text{C}_{p+x}\text{H}_{q+2p}$  ( $X \geq 0$ ). Следовательно,  $p+x=n$ ;  $q+2x=m$ . из этого вытекает, что  $x=n-p$ , а  $m=q+2(n-p)=2n-2p+q$ . Общая формула углеводородов данного ряда –  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2p+q}$  ( $n \geq p$ ), что и требовалось доказать. Легко убедится, что если  $p=1$ , а  $q=4$ , то первый член ряда – метан, и общая формула гомологического ряда алканов  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

При  $n=2$ , а  $q=4$  получаются формулы этилена и гомологического ряда олефинов. При  $n=q=6$  - бензол и ряд ароматических углеводов. Эта несложная теорема позволяет доказать и две следующие очень помогающие при расчетах, - они могут, к стати, пригодится не только юным в химии.

Теорема 2.

Зная выведенную выше формулу, а также  $p$  и  $q$  (ведь гомологический ряд нам указан), получаем следующее уравнение с одним неизвестным:

$12n+2n-2p+q=M$  где  $M$ - молекулярная масса, которая нам тоже известна. Следовательно,

$$n = \frac{M+2p-q}{14}$$

молекулярная формула определяется однозначно.

Теорема 3.

Зная общую формулу, а так же то, что углеводород содержит  $\alpha\%$  углерода, можно написать:

$$n = \frac{n}{2n-2p+q} = \frac{\alpha}{12(100-\alpha)}$$