

Решение теоретического тура РХО-2004 для 9 класса

№9-1-2004респ.

При прохождении олеума через поглотительную башню происходит поглощения серного ангидрида, из-за чего происходит увеличение концентрации серного ангидрида. В исходном олеуме содержалось $m(\text{SO}_3)=0,195 \cdot 1000=195$ кг серного ангидрида, а после прохождения через башню составила 20,5%, тогда

$$\frac{195+x}{1000+x} \cdot 100 = 20,5\% \quad x = 12,58 \text{ кг}$$

где x – количество поглотившегося ангидрида.

Значит 1 т исходного ангидрида может растворить дополнительно 12,58 кг ангидрида.

№9-2-2004респ.

Пусть

$$\varphi_1(M_1) + \varphi_2(M_2) + \varphi_3(M_3) = 1$$

$$\varphi_1(M_1) = a_1$$

$$\varphi_2(M_2) = a_2$$

$$\varphi_3(M_3) = 1 - a_1 - a_2$$

a)

$$w_1(M_1) = \frac{a_1 M_1}{a_1 M_1 + a_2 M_2 + (1 - a_1 - a_2) M_3} \cdot 100\%$$

$$w_2(M_2) = \frac{a_2 M_2}{a_1 M_1 + a_2 M_2 + (1 - a_1 - a_2) M_3} \cdot 100\%$$

$$w_3(M_3) = \frac{(1 - a_1 - a_2) M_3}{a_1 M_1 + a_2 M_2 + (1 - a_1 - a_2) M_3} \cdot 100\%$$

$$\text{b) } n = \frac{V}{22,4} = \frac{1000}{22,4} = 44,64 \text{ моль}$$

$$\begin{aligned} m(\text{смеси}) &= m_1(M_1) + m_2(M_2) + m_3(M_3) \\ &= 44,64 \cdot a_1 \cdot M_1 + 44,64 \cdot a_2 \cdot M_2 + 44,64 \cdot (1 - a_1 - a_2) \cdot M_3 \end{aligned}$$

c)

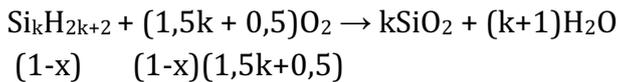
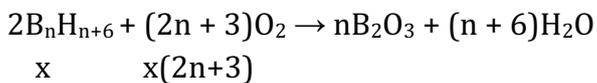
$$D_{H_2} = \frac{M_{\text{ср}}}{2} = \frac{(a_1 \cdot M_1 + a_2 \cdot M_2 + (1 - a_1 - a_2) \cdot M_3)}{2}$$

d)

$$M_{\text{ср}} = a_1 \cdot M_1 + a_2 \cdot M_2 + (1 - a_1 - a_2) \cdot M_3$$

№9-3-2004респ.

Запишем реакции сгорания данных газов:



Давайте предположим что в исходной газовой смеси содержались газы общим количеством 1 моль и содержание в нем борана составляла x моль, тогда количество силана равно (1-x) моль. Согласно уравнению реакции общее количество кислорода пошедшего на сгорания смеси равно:

$$n(O_2) = x(2n+3) + (1-x)(1,5k+0,5)$$

по условию задачи объем затраченного кислорода больше исходной смеси в 5,333 раза, тогда можно составить следующее уравнение:

$$5,333 \cdot 1 = x(2n+3) + (1-x)(1,5k+0,5) \quad (1)$$

Также нам известна массовая доля водорода в смеси. Исходя из этого можно записать следующее уравнение:

$$\frac{x(n+6) + (1-x)(2k+2)}{(12n+2)x + (1-x)(30k+2)} = 0,1409 \quad (2)$$

Решая уравнение (1) получаем:

$$x = \frac{5,333 - 1,5k}{n + 1,5 - 1,5k} \quad (3)$$

Решая уравнение (2) получаем:

$$x = \frac{1,718 - 2,23k}{0,69n - 3,44 - 2,23k} \quad (4)$$

Приравняв уравнение (3) и (4) получим:

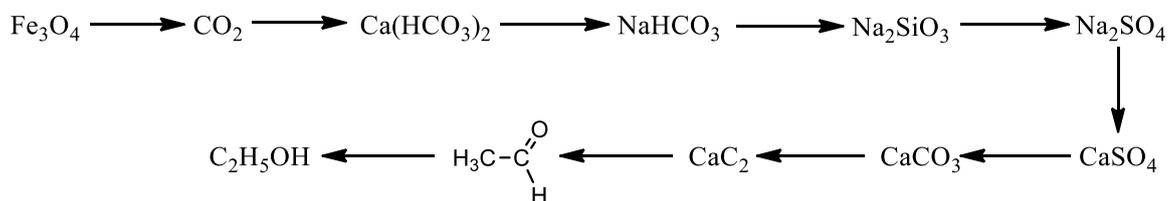
$$n = \frac{20,93 + 0,811k}{1,962 + 1,195k}$$

Единственно приемлемое решение получаем при k=3, тогда n=4. В остальных случаях получаются не целые числа. Значит формула исходных газов Si₃H₈, B₄H₁₀. Подставив полученные коэффициенты в уравнение (2) получим содержание каждого газа в исходной смеси.

$$\frac{10x + 8(1-x)}{54x + 92(1-x)} = 0,1409$$

Решив уравнение, получим x=0,925, тогда

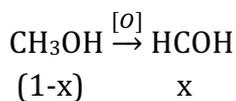
$$\frac{n(B_4H_{10})}{n(Si_3H_8)} = \frac{x}{1-x} = \frac{0,925}{0,075} = \frac{12,333}{1}$$



- 1) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$
- 2) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2(\text{изб}) \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- 3) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{NaF} \rightarrow \text{CaF}_2\downarrow + 2\text{NaHCO}_3$
- 4) $2\text{NaHCO}_3 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SiO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 6) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$
- 7) $\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 8) $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2$
 $\text{CaO} + 3\text{C} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaC}_2 + \text{CO}$
- 9) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
 $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3\text{CHO}$
- 10) $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

№9-5-2004респ.

При окислении метанола получается метаналь:



Предположим что начальное количество метанола было 1 моль и окислению подверглось x моль. Тогда количество образовавшегося метанала равно x моль. Исходя из сказанного можно составить следующее уравнение:

$$\frac{4(1-x) + 2x}{32(1-x) + 30x} \cdot 100 = 10\%$$

Решив уравнение получим $x=0,444$ моль. Тогда массовая доля альдегида в полученной смеси равна:

$$w(\text{HCOH}) = \frac{0,444 \cdot 30}{0,444 \cdot 30 + 0,556 \cdot 32} \cdot 100 = 42,8\%$$

№9-6-2004респ.

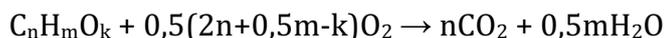
Вычислим молярное соотношение между CO_2 и H_2O после сжигания смеси в первом случае:

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,222}{44} : \frac{1}{18} = 1 : 2.$$

Следовательно, в исходной смеси на 4 моль Н приходится 1 моль С, что соответствует метану, для которого это отношение является максимально возможным для всех углеводородов и кислородсодержащих веществ, имеющих в составе С, Н и О. Значит, в одном из газов отношение $n(\text{H})/n(\text{C})$ еще выше, что возможно только для водорода. Поскольку при повышении объемной доли вещества Y расход воздуха увеличивается, то возможная формула Y - $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_k$. Пусть в смеси в первом случае на 1 моль Y - $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_k$ содержится x моль H_2 . По условию $n(\text{H}):n(\text{C}) = 4:1$. Тогда:

$$\frac{2x + m}{n} = 4; \quad 2x + m = 4n; \quad x = \frac{4n - m}{2}$$

Составляем уравнение горения газов:



По условию, $0,5(2n+0,5m-k) + 0,5x = 2(1+x)$. Следовательно,

$$x = \frac{2n + 0,5m - k - 4}{3}; \quad x = \frac{4n - m}{2}$$

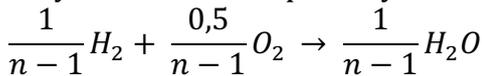
$$\frac{2n + 0,5m - k - 4}{3} = \frac{4n - m}{2}$$

$$m = 2n + 2 + \frac{k}{2}$$

Так как $\max(m) = 2n + 2, k = 0$. Следовательно, второй газ относится к алканам. Вычислим x:

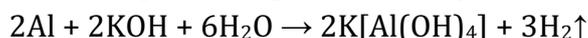
$$x = \frac{4n - m}{2} = \frac{4n - 2n - 2}{2} = n - 1$$

По условию, во втором случае на 1 моль H_2 приходится $(n - 1)$ моль $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$:



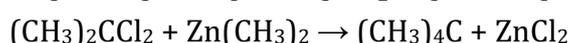
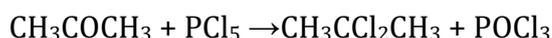
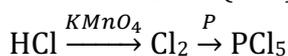
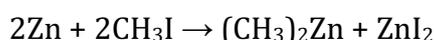
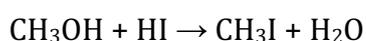
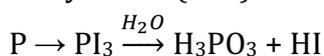
$$1,5n + 0,5 \frac{0,5}{n-1} > 30 \cdot 0,2 \left(1 + \frac{1}{n+1}\right); \quad n > 4$$

Вторым газом мог быть только неопентан, так как все остальные алканы с $n > 4$ - негазообразные при обычных условиях вещества. Получение чистого водорода:

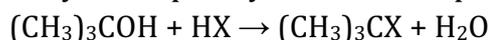


(При использовании реакций взаимодействия металлов с водой или кислотами возможны различные примеси.)

Получение $(\text{CH}_3)_4\text{C}$:

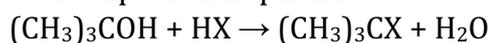


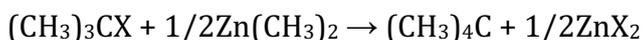
Возможен и иной вариант: вначале, используя ацетон и магниорганическое соединение, получить трет-бутиловый спирт, который легко реагирует с HI или HBr по схеме:



Менее предпочтительно проведение реакции Вюрца между $(\text{CH}_3)_3\text{C-I}$ и $\text{CH}_3\text{-I}$, так как третичные галогенпроизводные вступают в эту реакцию с небольшой скоростью; кроме того, на основную реакцию в этом случае влияют побочные: образование CH_3CH_3 , $(\text{CH}_3)_3\text{C-C}(\text{CH}_3)_3$.

Если ацетона в лаборатории нет, его можно легко получить окислением 2-пропанола или же пиролизом $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$. При наличии в лаборатории трет - бутилового спирта возможен более простой вариант:





№9-7-2004респ.

1. Неокрашенный газ без запаха, образующийся при действии кислоты может быть CO_2 , тогда вещество 2 – карбонат (натрия), а 1 – гидрокарбонат натрия. Реакция подкисленного раствора перманганат (обесцвечивание) выделяет восстановитель, а реакция с подкисленным KI – окислители (темный осадок I_2). Тогда 3 – восстановитель, 5 – окислитель, а 4 и окислитель и восстановитель одновременно. Восстановитель, выделяющий бесцветный газ с неприятным запахом (SO_2 , H_2S) при действии кислоты, дающий осадок с ионами кальция – сульфит (натрия). Окислитель, дающий окрашенный газ с неприятным запахом (Cl_2 , NO_2) при действии соляной кислоты, не образующий осадок с ионами кальция может быть хлоратом (калия). Соединение, являющееся восстановителем в реакции с перманганатом и окислителем в реакции с иодидом, выделяющее при подкислении окрашенный газ, не образующее осадка с ионами кальция, может быть нитритом калия.

2. $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 $2\text{KNO}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + 2\text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NaHCO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$
 $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$
 $2\text{KMnO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{KMnO}_4 + 5\text{KNO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{KNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{KI} + 2\text{KNO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
 $6\text{KI} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KCl} + 3\text{I}_2\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

3. Названия:

- 1 – гидрокарбонат натрия
- 2 – карбонат натрия
- 3 – сульфат натрия
- 4 – нитрит калия
- 5 – хлорат калия

№9-8-2004респ.

Часть А

- 1) $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 \xrightarrow{1000-1150^\circ\text{C}} \text{CaCN}_2 + \text{C}(\text{графит})$
2) $\text{CaCN}_2 + 3\text{H}_2\text{O}(\text{пар}) \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_3$

Часть Б

- 1) $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HNO}_2(\text{конц}) \rightarrow \text{HN}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{NaN}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow \text{HN}_3 + \text{NaHSO}_4$
- 3) $3\text{KNH}_2 + 2\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{кипечение}} \text{KN}_3 + \text{KNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{KN}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow \text{HN}_3 + \text{KHSO}_4$

Часть С

- 1) $3\text{HN}_3(\text{конц}) + 10\text{HCl}(\text{конц}) + 2\text{Au} \rightarrow 2\text{H}[\text{AuCl}_4] + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 3\text{N}_2$
- 2) $2\text{HN}_3(\text{конц}) + 8\text{HCl}(\text{конц}) + \text{Pt} \rightarrow \text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{N}_2$

Часть Д

- 1) $\text{AgBr} + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaBr}$
- 2) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$
- 3) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{S}\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S}\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Часть Е

- 1) $4\text{Au} + 8\text{KCN}(\text{конц}) + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4\text{KOH}$
- 2) $2\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{Zn} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4] + 2\text{Au}\downarrow$
 $2\text{Au}(\text{CN})_2^- + \text{Zn}^0 \rightarrow 2\text{Au}^0 + \text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}$

Часть Ж

- 1) $2\text{MOH} + \text{X}_2 \xrightarrow{20^\circ\text{C}} \text{MXO} + \text{MX} + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $6\text{MOH} + 3\text{X}_2 \xrightarrow{60^\circ\text{C}} \text{MXO}_3 + 5\text{MX} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{H}_2\text{O} + \text{X}_2 \xrightarrow{20^\circ\text{C}} \text{HX} + \text{HXO}$
- 4) $3\text{H}_2\text{O} + 3\text{X}_2 \xrightarrow{60^\circ\text{C}} \text{HXO}_3 + 5\text{HX}$
- 5) $\text{H}_2\text{O} + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{HF} + \text{O}^\circ$