



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Шушакова Анастасия Константиновна**

Класс: **11**

Технический балл: **90**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

| | | | | | | | |
|---------|---|----|-----------------------------|----|----|---|----|
| 9157965 | 8 | 16 | 10(нет расчета С и К) | 20 | 20 | 16(минус за расчет количества и массы Д) | 90 |
|---------|---|----|-----------------------------|----|----|---|----|

Буданова А.А.

N1 Число электронов равно числу протонов числовик
 П.к атом ^{12}C и атом $^{16}_8\text{O}$ содержат одинаковое
 кол-во протонов и нейтронов (6 и 8 соответственно),
 а атом ^1H один протон и мале нейтронов, то
 мы можем найти кол-во атомов ^1H в молекуле:

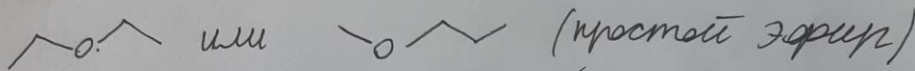
$$42 - 32 = 10$$

Молекула содержит 10 атомов ^1H

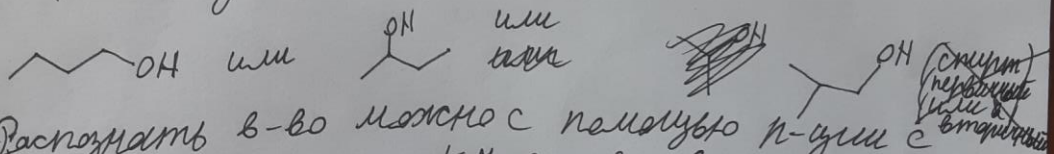
Остается 32 протона, что соответствует
 4 атома ^{12}C и 1 атом ^{16}O ($6 \cdot 4 + 8 = 32$)

Молекулярная формула — $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

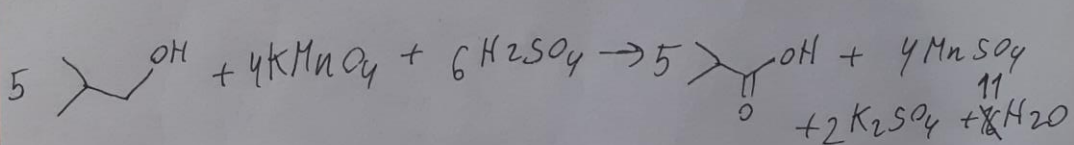
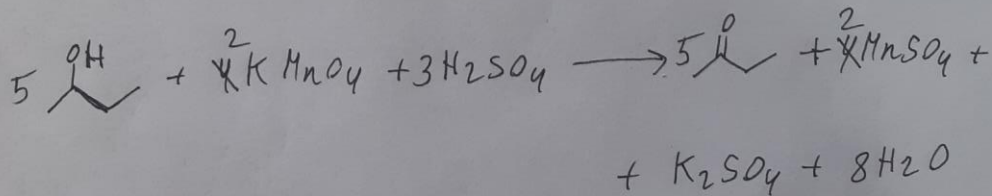
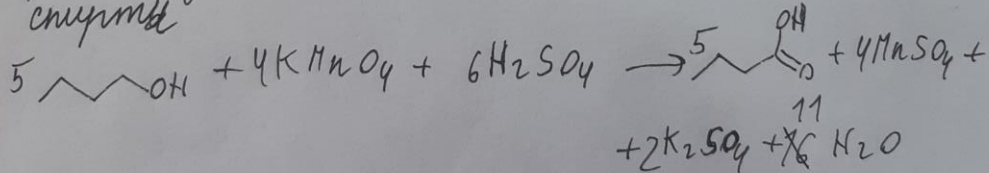
первое соединение (простой эфир)



второе соединение спирт (первичный или вторичный)



Распознавать в-во можно с помощью $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и KMnO_4 окислителей. Катализаторы могут только первичные или вторичные спирты



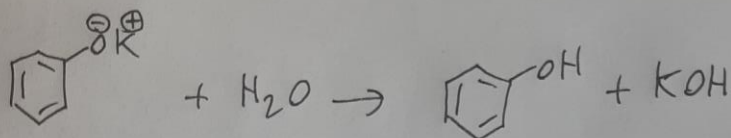
N 2

учебник

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$$



$$\frac{[OH^-][C_6H_5OH]}{[C_6H_5O^-]} = K_b$$

$$[OH^-] = [C_6H_5OH]$$

Пусть исходная концентрация C_6H_5OK - c M

$$[C_6H_5O^-] = c - [OH^-]$$

$$\frac{(10^{-3})^2}{c - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

$$c = \cancel{0,009} 0,011$$

ответ: ~~0,009~~ 10^{-3} $0,011$ M

N3

числовик

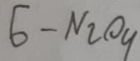
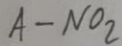
$$n_{\text{ср.}} = \frac{\nu(B) \cdot M(B) + \nu(A) \cdot M(A)}{\nu(B) + \nu(A)} = 75,9$$

$$\frac{1,86 M(B) + M(A)}{2,86} = 75,9$$

$$M(B) = 2M(A)$$

$$4,72 M(A) = 214,044$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль}$$



$$\text{м.р. } p = 1 \text{ атм } K_x = K_p$$

$$x(A) = \frac{\nu(A)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{1}{2,86} = 0,34965$$

$$x(B) = 1 - x(A) = 0,65035$$

$$K = \frac{x(B)}{x(A)^2} = \frac{0,65035}{(0,34965)^2} = 5,32$$

$$K = \frac{K_1}{K-1}$$

$$K-1 = \frac{K_1}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5,32} = 9,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

ответ: A - NO₂, B - N₂O₄, константа скорости разложения B равна $9,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

N4

$$\rho(\text{газовой смеси}) = \frac{pV}{RT} = \frac{11,15 \cdot 101,325}{8,31(180+273)} = 0,3 \text{ моль}$$

чистовик

Пусть было x моль одного спирта и y моль другого, молярная масса первого спирта равна M_1 , а второго — M_2 , моль

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ x \cdot M_1 + y \cdot M_2 = 15,9 \end{cases}$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{15,9 \text{ г}}{0,3 \text{ моль}} = 53 \text{ г/моль}$$

⇒ смесь спиртов может состоять из C_2H_5OH с молярной массой 46 г/моль и C_3H_7OH с молярной массой 60 г/моль

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ 46x + 60y = 15,9 \end{cases}$$

$$y = 0,15$$

$$x = 0,15$$

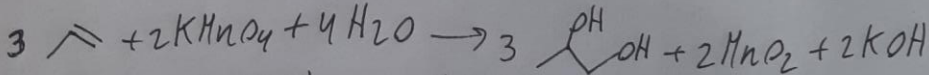
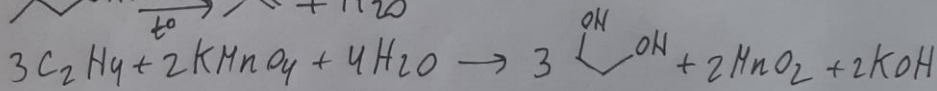
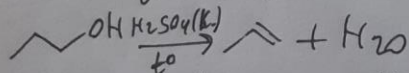
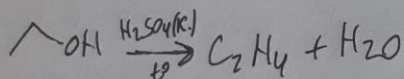
$$\rho(C_2H_5OH) = \rho(C_3H_7OH) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(C_2H_5OH) = 0,15 \text{ моль} \cdot M(C_2H_5OH) = 0,15 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 6,9 \text{ г}$$

$$m(C_3H_7OH) = 0,15 \text{ моль} \cdot M(C_3H_7OH) = 0,15 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 9 \text{ г}$$

$$w(C_2H_5OH) = \frac{6,9 \text{ г}}{15,9 \text{ г}} = 0,43396 (43,396\%)$$

$$w(C_3H_7OH) = \frac{9 \text{ г}}{15,9 \text{ г}} = 0,56604 (56,604\%)$$



$$\rho(KMnO_4) = \frac{\rho(\text{смеси})}{3} \cdot 2 = \frac{0,3 \text{ моль} \cdot 2}{3} = 0,2 \text{ моль}$$

$$C = \frac{\rho}{V}$$

$$V = \frac{\rho}{C} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \text{ м}} = 0,5 \text{ л}$$

ответ: смесь состоит из C_2H_5OH ($w=43,396\%$) и C_3H_7OH ($w=56,604\%$); V (н-на $KMnO_4$) = 0,5 л

N5 (Мачаго)

$$\nu(\text{CuS}) = \frac{m(\text{CuS})}{M(\text{CuS})} = \frac{9,6\text{г}}{96\text{г/моль}} = 0,1\text{ моль}$$

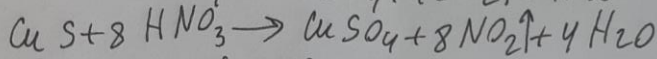
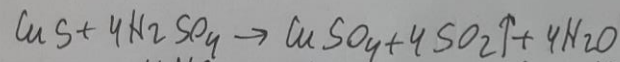
Умножить

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{m(\text{п-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M}$$

$$= \frac{m(\text{п-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot W(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{142,45 \cdot 0,98}{96\text{г/моль}} = 1,4567\text{ моль}$$

$$\nu(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{m(\text{п-ра } \text{HNO}_3) \cdot W(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} =$$

$$= \frac{120\text{г} \cdot 0,63}{63\text{г/моль}} = 1,2\text{ моль}$$



HNO₃ в избытке

H₂SO₄ в избытке

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4)(\text{реак.}) = \nu(\text{CuS}) \cdot 4 = 0,1\text{ моль} \cdot 4 = 0,4\text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4)(\text{остат.}) = \nu(\text{H}_2\text{SO}_4)(\text{исх.}) - \nu(\text{H}_2\text{SO}_4)(\text{реак.}) = 1,4567\text{ моль} - 0,4\text{ моль} =$$

$$= 1,0567\text{ моль}$$

$$\nu(\text{SO}_2) = \nu(\text{CuS}) \cdot 4 = 0,1\text{ моль} \cdot 4 = 0,4\text{ моль}$$

$$m(\text{SO}_2) = \nu(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 0,4\text{ моль} \cdot 64\text{г/моль} = 25,6\text{г}$$

$$m_1(\text{п-ра}) = m(\text{п-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{CuS}) - m(\text{SO}_2) =$$

$$= 142,45\text{г} + 9,6\text{г} - 25,6\text{г} = 126,45\text{г}$$

$$\nu(\text{HNO}_3)(\text{реак.}) = \nu(\text{CuS}) \cdot 8 = 0,1\text{ моль} \cdot 8 = 0,8\text{ моль}$$

$$\nu(\text{HNO}_3)(\text{остат.}) = \nu(\text{HNO}_3)(\text{исх.}) - \nu(\text{HNO}_3)(\text{реак.}) = 1,2\text{ моль} - 0,8\text{ моль} = 0,4\text{ моль}$$

$$\nu(\text{NO}_2) = \nu(\text{HNO}_3) = 0,1\text{ моль} \cdot 8 = 0,8\text{ моль}$$

$$m(\text{NO}_2) = \nu(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) = 0,8\text{ моль} \cdot 46\text{г/моль} = 36,8\text{г}$$

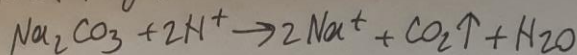
$$m_2(\text{п-ра}) = m(\text{п-ра } \text{HNO}_3) + m(\text{CuS}) - m(\text{NO}_2) =$$

$$= 120\text{г} + 9,6\text{г} - 36,8\text{г} = 92,8\text{г}$$

$$\Delta m = m_1(\text{п-ра}) - m_2(\text{п-ра}) = 126,45\text{г} - 92,8\text{г} = 33,65\text{г}$$

N 5 (прод.)

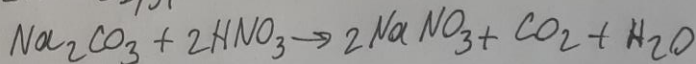
Учитель



м.р. $M(\text{CO}_2) < M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$, но $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ лучше добавить в чашку с меньшей массой

$$\rho(\text{осм.}) / (\text{HNO}_3) = 0,4 \text{ г/мл}$$

$$\Delta m = 33,9 \text{ г}$$



$$\rho(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \rho(\text{CO}_2)$$

$$\Delta m = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2) = \\ = \rho(\text{Na}_2\text{CO}_3) (M(\text{Na}_2\text{CO}_3) - M(\text{CO}_2)) = \frac{33,9 \text{ г}}{286 \text{ г/моль} - 44 \text{ г/моль}} =$$

$$= 0,14 \text{ моль}$$

$$0,14 \cdot 2 = 0,28$$

$$0,28 < 0,4 \Rightarrow \text{HNO}_3 \text{ в избытке}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) =$$

$$= 286 \text{ г/моль} \cdot 0,$$

$$\Delta m = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2) =$$

$$= \rho(\text{Na}_2\text{CO}_3) (M(\text{Na}_2\text{CO}_3) - M(\text{CO}_2))$$

$$\rho(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{\Delta m \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) - M(\text{CO}_2)} =$$

$$= \frac{33,9 \text{ г}}{286 \text{ г/моль} - 44 \text{ г/моль}} = 0,14 \text{ моль}$$

$$0,14 \cdot 2 = 0,28; 0,28 < 0,4; \Rightarrow \text{HNO}_3 \text{ в избытке}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) =$$

$$= 0,14 \text{ моль} \cdot 286 \text{ г/моль} = 40,04 \text{ г}$$

$$\text{Ответ: } \Delta m = 33,9 \text{ г}; m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,04 \text{ г}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ лучше добавить в эту чашку, куда изначально не добавлялся н-ра HNO_3

№6

Чистовик

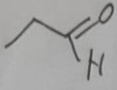
$n_{\text{пр.}} = D_{O_2}(\text{смеси}) \cdot M(O_2) = 0,875 \cdot 32 \text{ г/моль} = 28 \text{ г/моль}$

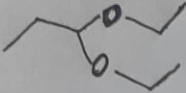
Смесь может содержать CO и $H_2C=CH_2$

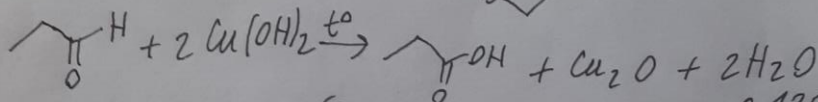
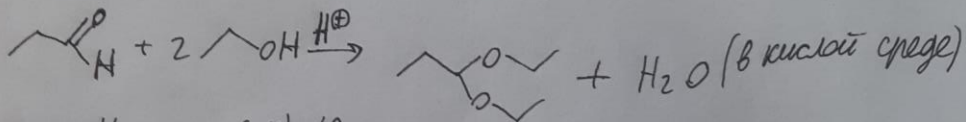
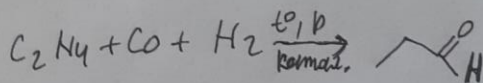
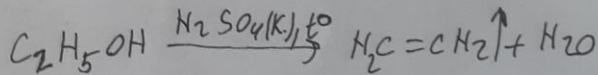
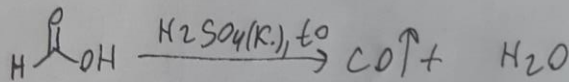
CO получается при одн. кат. H_2SO_4 при кат. из $HCOOH$,
а $H_2C=CH_2$ из C_2H_5OH

A и Б - $HCOOH$ и C_2H_5OH

В и Г - CO и C_2H_4

A -  (м.к. пол. из C_2H_5OH , ~~из~~ CO и H_2 , а также при окислении $Cu(OH)_2$)

E -  (ацеталь)



$$D(CuSO_4) = \frac{m(CuSO_4)}{M(CuSO_4)} = \frac{21,6 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,135 \text{ моль}$$

$$D(A) = \frac{D(CuSO_4)}{2} = \frac{0,135 \text{ моль}}{2} = 0,0675 \text{ моль}$$

$$m(A) = D(A) \cdot M(A) = 0,0675 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 3,915 \text{ г}$$

$$D(\text{раз-масс}) = \frac{11,15 - 101,325}{8,37(180 + 173)} = 0,3 \text{ масс}$$

гептобук

$$C_2 - 46$$

$$C_3 - 60$$

$$C_4 - 74$$

$$C_5 - 88$$

$$x + y = 0,3$$

$$x + 46y = 15,9$$

$$46x + 60y = 15,9$$

$$x + y = 0,3$$

$$46(0,3 - y) + 60y = 15,9$$

$$14y = 2,1$$

$$y = 0,15$$

$$x = 0,15$$

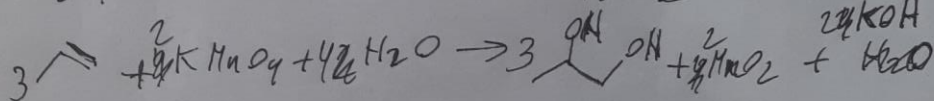
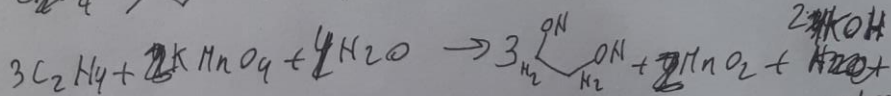
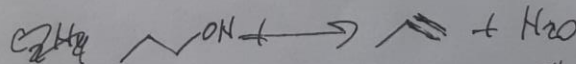
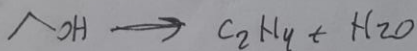
$$m(C_2H_5OH) = 0,15 \cdot 46 = 6,9 \text{ г}$$

$$m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ г}$$

$$W(C_2H_5OH) = \frac{6,9 \text{ г}}{15,9 \text{ г}} = 0,43396 \text{ (43,396\%)}$$

$$W(C_3H_7OH) = \frac{9 \text{ г}}{15,9 \text{ г}} = 0,56604 \text{ (56,604\%)}$$

2
C₂H₄
C₂N₂O₂



$$D(KMnO_4) = \frac{D(\text{масс})}{3} \cdot 2 = \frac{0,8}{3} \cdot 2 = 0,533$$

$$c = \frac{D}{V}$$

$$V = \frac{D}{c} = \frac{0,2 \text{ масс}}{0,4} = 0,5 \text{ л}$$

N2

Ченмобук

~~22~~
 ~~$\frac{c}{c + 10^{-10}}$~~
 ~~$\frac{(10^{-3})^2}{c + 10^{-10}}$~~

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$[OH^-] = 10^{-3}$$

$$\frac{(10^{-3})^2}{c - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

$$10^{-6} = 10^{-4}c - 10^{-7}$$

$$10^{-6}c = \frac{10^{-6} - 10^{-7}}{10^{-4}} = 9,009 M$$

N3

$$\frac{1,86 M(B) + M(A)}{2,86} = 45,9$$

$$1,86 M(B) + M(A) = 214,074$$

$$M(B) = 2 M(A)$$

$$4,72 M(A) = 214,074$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль}$$

A - NO₂

B - N₂O₄

Σ
n
c

$$x(A) = \frac{1}{2,86} = 0,34965$$

$$x(B) = \frac{1,86}{2,86} = 0,65035$$

$$K_p x = K_p (\text{m.r.p} = 1 \text{ атм.})$$

$$K_x = \frac{x(A) x(B)}{x(A)^2} = \frac{0,65035}{(0,34965)^2} = 5,32$$

$$K = \frac{K_1}{K^{-1}}$$

$$K^{-1} = \frac{K_1}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5,32} = 9,4 \cdot 10^{-4}$$

№6

$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28$$

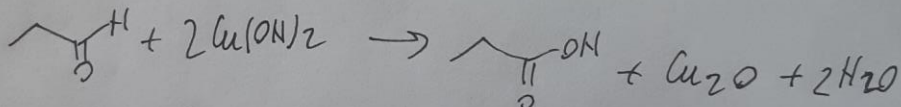
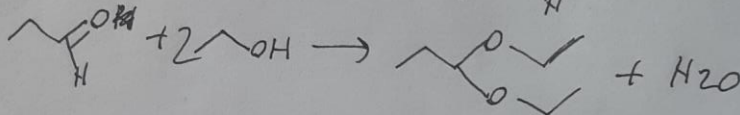
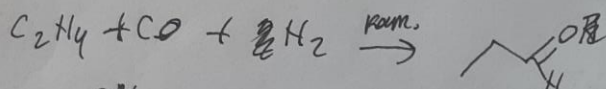
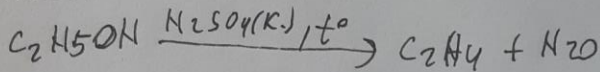
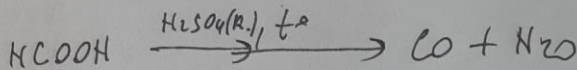
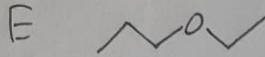
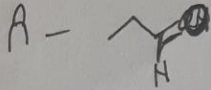
CO

HCOOH

метанол

A и Б - HCOOH и C₂H₅OH

В и Г - CO и C₂H₄



$$D(\text{CuSO}_4) = \frac{27,6}{160} = 0,1725 \text{ моль}$$

$$D(A) = \frac{D(\text{CuSO}_4)}{2} = 0,08625 \text{ моль}$$

$$m(A) = D(A) \cdot M(A) =$$

N_5 (моль)

$\nu(HNO_3)_{\text{реаг.}}$

$$\nu(H_2SO_4)_{\text{реаг.}} = \nu(CuS)_{\text{т}} = 0,1 \text{ моль} \cdot 4 = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2SO_4)_{\text{осм.}} = 1,0567 \text{ моль}$$

$$\nu(SO_2) = \nu(CuS) \cdot 4 = 0,4 \text{ моль}$$

$$m(SO_2) = \nu(SO_2) \cdot M(SO_2) = 0,4 \cdot 64 = 25,6 \text{ г}$$

$$m(n-na) = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$$

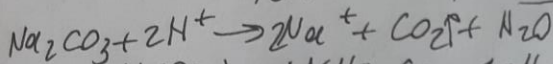
$$\nu(HNO_3)_{\text{реаг.}} = \nu(CuSO_4) = \nu(CuS) \cdot 8 = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ моль}$$

$$\nu(HNO_3)_{\text{осм.}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(NO_2) = \nu(HNO_3)_{\text{реаг.}} = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(NO_2) = 36,8 \text{ г}$$

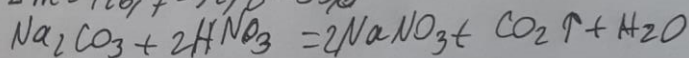
$$m(n-na) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$$



м.р. $M(CO_2) < M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$, но $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ нужно год. с водой с меньшей массой

$$\nu(HNO_3) = 0,4 \text{ моль}$$

$$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9$$



$$\nu(Na_2CO_3) = \nu(CO_2)$$

$$\Delta m = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) - m(CO_2) =$$

$$= \nu(Na_2CO_3) (M(Na_2CO_3) - M(CO_2))_{\text{т}}$$

$$\nu(Na_2CO_3) = \frac{\Delta m}{M(Na_2CO_3) - M(CO_2)} = \frac{33,9 \text{ г}}{242 \text{ г/моль} - 44 \text{ г/моль}} = 0,14 \text{ моль}$$

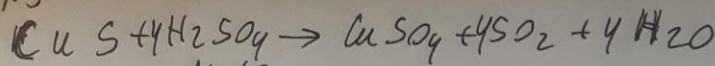
$$0,14 \cdot 2 = 0,28 \text{ моль}$$

$$0,28 < 0,4, \Rightarrow HNO_3 \text{ в изб.}$$

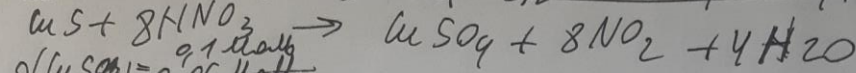
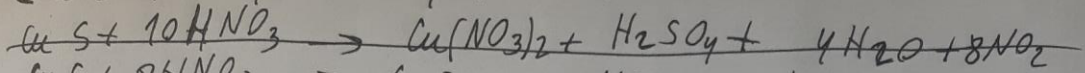
$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286 \cdot 0,14 = 40,04 \text{ г}$$

Черновик

N5



Черمودук



~~$$D(\text{CuSO}_4) = 0,1 \text{ Moll}$$~~

$$D(\text{HNO}_3) = 1,2 \text{ Moll}$$

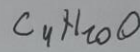
~~$$D(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4845 \text{ Moll}$$~~

$$1,4567 \text{ Moll}$$

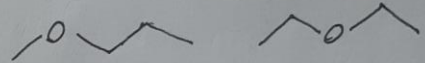
N4

$$\text{Kad-ko amaleb H} = 42 - 32 = 10$$

$$\begin{aligned} C &= 6 \\ O &= 8 \end{aligned}$$



$$6 \cdot 4 + 8$$



N4

$$D(\text{CuSO}_4) = \frac{pV}{RT} = \frac{17,15 \cdot 101,325}{2,31(180+273)} = 0,3 \text{ Moll}$$

Супремъ Солло x стобогоро сурма и y моль гурало

$$x \cdot M_1 + x \cdot M_2 = 15,9$$

$$x + y + 9 \quad 2x + 2y = 0,3$$

$$M_1 = 14n + 18$$

$$M_2 = 14m + 18$$

$$x + y = 0,15$$

$$x(14n + 18) + y(14m + 18) = 15,9$$

$$x = 0,15 - y = 0,15 - x$$

$$x(14n + 18) + (0,15 - x)(14m + 18) = 15,9$$

$$322x + (0,15 - x)46 = 15,9$$

12