



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Стрежнева Анна Романовна**

Класс: **11**

Технический балл: **84**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Работа 9254996

Проверил Карпушкин

сумма = 84 б.

Задание 1.

Оценено полностью, 8 баллов

Задание 2

6 баллов. Выражение для константы диссоциации записано неверно, из-за этого получена концентрация фенолята получена несовместимая со здравым смыслом.

Задание 3

16 баллов. Часть про константу скорости решена как минимум неудачно (а, возможно, и неверно), но ответ получен правильным, поэтому верю.

Задание 4

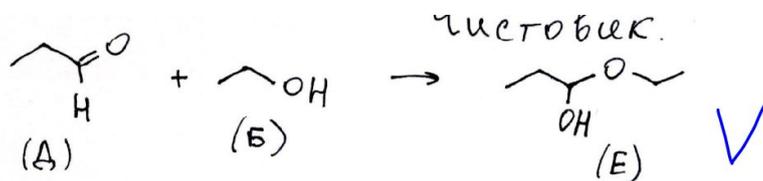
Верно, 20 баллов

Задание 5

Верно, 20 баллов

Задание 6

Нет расчета массы Д. Структура Е в уравнении и ответе разная. 14 баллов



Ответ: А - HCOOH , Б - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, В - CO , Г - C_2H_4 ,

А - $\text{C}_2\text{H}_5\text{-C}(=\text{O})\text{-H}$, Е - $\text{C}_2\text{H}_5\text{-C}(\text{OH})(\text{H})\text{-OC}_2\text{H}_5$. ✓

(или А - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, Б - HCOOH , В - C_2H_4 , Г - CO ,
А и Е - те же самые).

Чистовик
Вариант 1.
Б1.

В молекуле $42\bar{e}$ и $32n$.

Атом ^{12}C содержит $6\bar{e}$ и $6n$, $^{16}O - 8\bar{e}$ и $8n$, $^1H - 1\bar{e}$.

В молекуле есть хотя бы по одному атому C, O, H , то есть, в ней хотя бы один фрагмент COH .

Он содержит $6\bar{e} + 8\bar{e} + 1\bar{e} = 15\bar{e}$ и $6n + 8n = 14n$.

Осталось $42\bar{e} - 15\bar{e} = 27\bar{e}$ и $32n - 14n = 18n$ на другие атомы в молекуле. Составим систему урав-

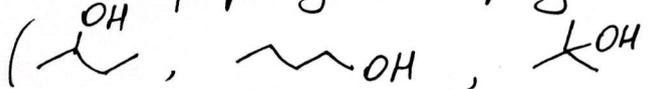
нений с учётом, что в молекуле есть только атомы C, O, H : (x - кол-во C , y - кол-во H , z - кол-во O)

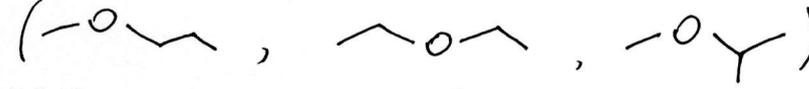
$$\begin{cases} 27 = 6x + 1y + 8z, \\ 18 = 6x + 8z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = 9, \\ 9 = 3x + 4z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = 9, \\ x = 3, \\ z = 0. \end{cases}$$

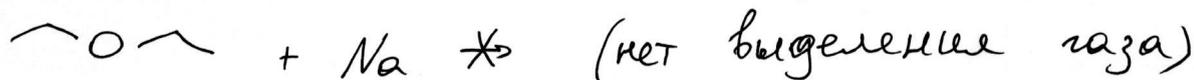
Т.к. $x, y, z \in N$, то единственное решение уравнение $9 = 3x + 4z - x = 3; z = 0$.

(укаже при $z=1$ $x = \frac{5}{3} \notin N$, при $z=2$ $x = \frac{1}{3} \notin N$, $z > 2 \Rightarrow x < 0 \Rightarrow x \notin N$).

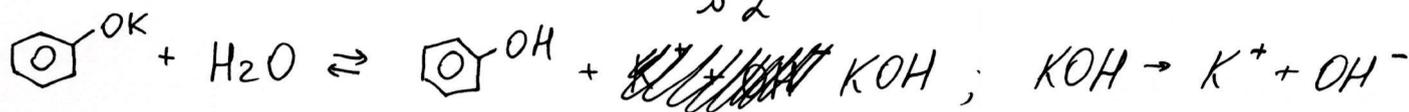
Таким образом, формула молекулы - $C_4H_{10}O$ (к фрагменту COH добавили C_3H_9).

Это формула предельного одноатомного спирта () или простого эфира

() . Их можно различить при помощи реакции с щелочным металлом:



Чистовик.
Вариант 1.
52



$$\text{pH} = 11 \Rightarrow \text{pOH} = 14 - 11 = 3$$

$$-\lg [\text{OH}^-] = 3$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} = [\text{K}^+] = [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}] = [\text{KOH}]$$

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{KOH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}]} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}][\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}]}$$

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}] = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_{\text{дис}}} = \frac{10^{-6}}{10^{-10}} = 10^4 \text{ M}$$

KOH - сильное основание \Rightarrow можно считать, что оно полностью распадается на ионы, поэтому

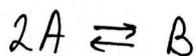
$$[\text{OH}^-] = [\text{K}^+] = [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]$$

$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ - слабая кислота, поэтому его диссоциацией на ионы можно пренебречь.

Таким образом в растворе $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}] = 10^4 \text{ M}$ (неразпадавшийся на ионы).

Ответ: $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}] = 10^4 \text{ M}$.

53



$$\nu(A) : \nu(B) = 1 : 1,86, \quad M(B) = 2M(A)$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{\nu(A) \cdot M(A) + \nu(B) \cdot M(B)}{\nu(A) + \nu(B)} = \frac{M(A) + 1,86 \cdot 2M(A)}{1 + 1,86} = 75,9$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow A - \text{NO}_2, \quad B - \text{N}_2\text{O}_4$$

Судя по размерности, константа прямой реакции

$$k_{\text{пр}} = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{c} - \frac{1}{c_0} \right)$$

$$pV = \nu_{\text{обу}} RT \Rightarrow \nu_{\text{обу}} = \nu_A + \nu_B = 2,86 \nu_A = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л}}{8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 303 \text{ К}}$$

$$= 0,04022 \text{ моль} \Rightarrow \nu_A = 0,01406 \text{ моль}$$

$$\nu_B = 0,02616 \text{ моль}$$

мест 2

В начале реакции $\nu_{A_0} = \nu_A + 2\nu_B = 0,06638$ моль,
т.к. вещество В ещё не образовалось.

$$k_{пр} = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{0,01406} - \frac{1}{0,06638} \right) = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$t = 11211,7954 \text{ мин.}$$

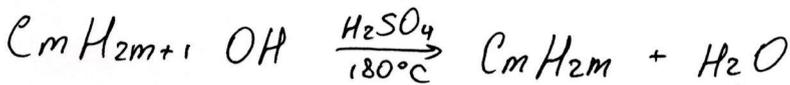
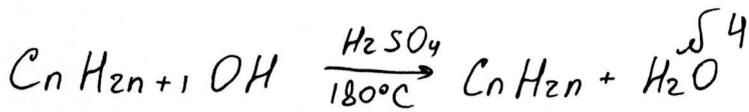
Константа равновесия

$$K = \frac{k_{пр}}{k_{обр}} = \frac{[B]}{[A]^2}$$

$$k_{обр} = \frac{[A]^2}{[B]} \cdot k_{пр} = \frac{(0,01406 \text{ м})^2}{0,02616 \text{ м}} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{м} \cdot \text{мин}}$$

$$= 3,778 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

Ответ: А - NO_2 , В - N_2O_4 , $k_{обр} = 3,778 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$



$$pV = \nu_{\text{обш}} RT \Rightarrow \nu_{\text{обш}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \text{ кПа} \cdot 11,15 \text{ л}}{8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 453 \text{ К}} = 0,3 \text{ моль}$$

Пусть $\nu(\text{C}_n \text{H}_{2n+1} \text{OH}) = x$ моль, $\nu(\text{C}_m \text{H}_{2m+1} \text{OH}) = 0,3 - x$ моль

$$x(14n + 18) + (0,3 - x)(14m + 18) = 15,9$$

$$14nx + 14m(0,3 - x) = 10,5$$

$$nx + m(0,3 - x) = 0,75$$

$$x(n - m) + 0,3m = 0,75$$

$$x(n - m) = 0,3(2,5 - m)$$

$$m, n \in \mathbb{N}$$

$$1) \quad n = m \Rightarrow 0 = 0,3 \cdot (2,5 - m)$$

$$m = 2,5 \notin \mathbb{N}$$

$$2) \quad n > m \Rightarrow x(n - m) > 0 \Rightarrow 0,3(2,5 - m) > 0$$

$$m < 2,5$$

n и $m \neq 1$, т.к. у спирта $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ не может быть внутримолекулярной дегидратации.

$$\text{Значит, } m = 2 \Rightarrow x(n - 2) = 0,15$$

$$x < 0,3 \Rightarrow n = \frac{0,15}{x} + 2 > 2,5$$

$$n \in \mathbb{N} \Rightarrow n \geq 3$$

$$3) \quad n < m \Rightarrow x(n - m) < 0 \Rightarrow 0,3(2,5 - m) < 0$$

$$m > 2,5$$

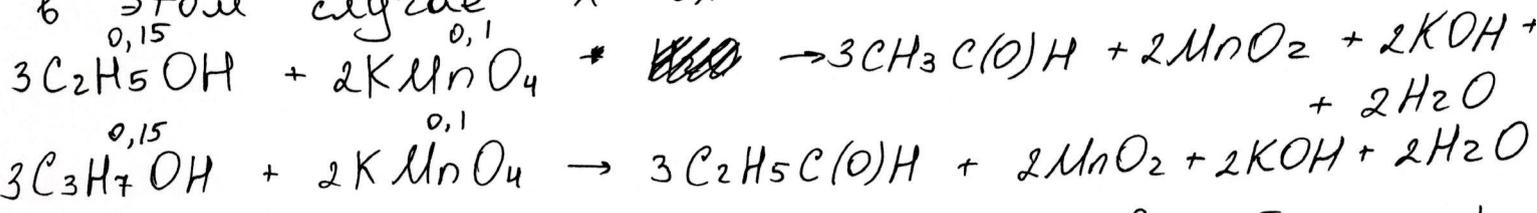
$$m \geq 3 \Rightarrow n < 3 \Rightarrow$$

$\Rightarrow n = 2$ (т.к. $n \in \mathbb{N}$, $n \neq 1$)
Чистовик

мест 3.

В любом случае один из спиртов - C_2H_5OH , а второй спирт удовлетворяет условию $C_nH_{2n+1}OH$, $n \geq 3$, $n \in N$, он первичный.

Один из возможных вариантов - $\overset{0,15}{\text{—}}OH$ и $\overset{0,15}{\text{—}}OH$,
 в этом случае $x = 0,15 \text{ моль} = 0,3 - x$.



В любом случае (какой бы не был второй спирт)

$$\nu(KMnO_4) = \frac{2}{3} \nu_{\text{общ}} = 0,2 \text{ моль}$$

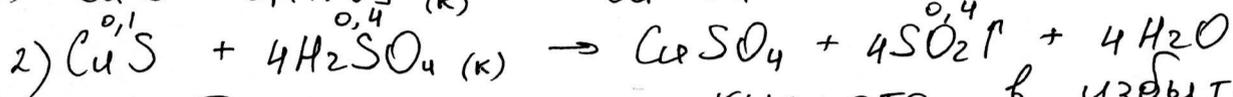
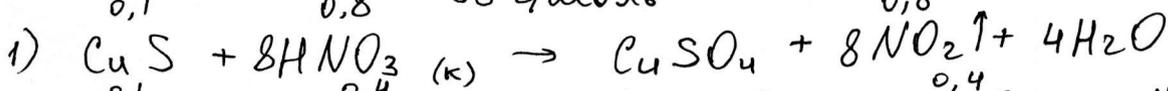
$$V = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \text{ М}} = 0,5 \text{ л}$$

Ответ: $V = 0,5 \text{ л}$.

$$\nu(CuS) = \frac{9,62}{962/\text{моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(HNO_3) = \frac{1202 \cdot 0,63}{632/\text{моль}} = 1,2 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2SO_4) = \frac{142,72 \cdot 0,98}{982/\text{моль}} = 1,427 \text{ моль}$$



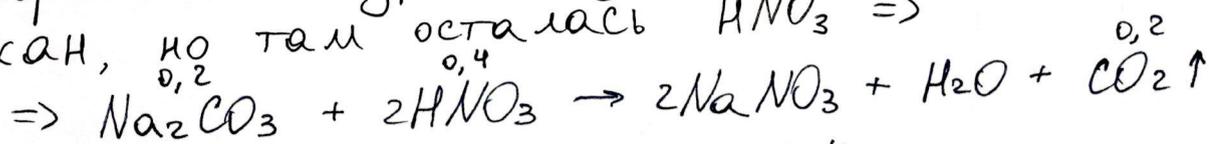
В обоих случаях кислота в избытке.

$$m_1 = 9,62 + 1202 - m(NO_2) = 129,62 - 0,8 \text{ моль} \cdot 462/\text{моль} = 92,82$$

$$m_2 = 9,62 + 142,72 - m(SO_2) = 152,32 - 0,4 \text{ моль} \cdot 642/\text{моль} = 126,72$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 33,92.$$

Кристаллогидрат нужно добавить в первый этап, но там осталась $HNO_3 \Rightarrow$



$$\nu(HNO_3) = 1,2 \text{ моль} - 0,8 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$$

На нейтрализацию потратится 0,2 моль кристаллогидрата, при этом масса сосуда увеличится на $0,2 \text{ моль} \cdot 2862/\text{моль} - 0,2 \text{ моль} \cdot 442/\text{моль} = 48,42 > 33,92$

Установив.

мест 4.

Чистовик.

Пусть добавим x моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \nu(\text{CO}_2) = x$ моль.

$$286x - x \cdot 44 = 33,9$$

$$x = 0,14008 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286x = 40,0632$$

Ответ: в первый стакан нужно добавить $40,0632 \text{ Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

ДБ

Со светлосаждённым ~~сильнее~~ $\text{Si}(\text{OH})_2$ с образованием осадка (Si_2O) реагирую альдегиды.

Предположим, что А - альдегид.

$$\nu(\text{Si}_2\text{O}) = \frac{21,62}{1442/\text{моль}} = 0,15 \text{ моль} = \nu(\text{A})$$

Допустим, что веществ В, Г, А в реакции было 1:1:1, то есть по 0,15 моль.

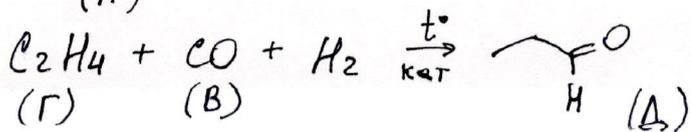
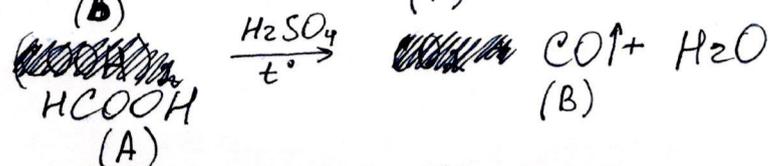
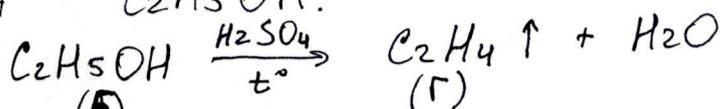
$$\text{Тогда } M_{\text{ср}} = 0,875 \cdot 32 = 28 = \frac{0,15M(\text{B}) + 0,15M(\text{Г})}{0,15 \cdot 2}$$

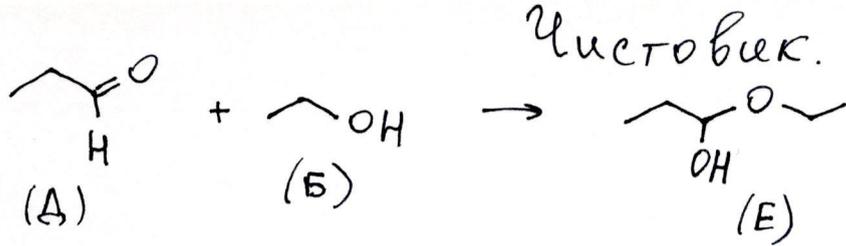
$$\text{Тогда } M(\text{B}) + M(\text{Г}) = 56 \text{ г/моль}$$

Одно из веществ А и Б - кислота, которая выделяет газ под действием H_2SO_4 (к). Возможно, это HCOOH или $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \Rightarrow \text{газ В} - \text{CO}_2$ или CO .

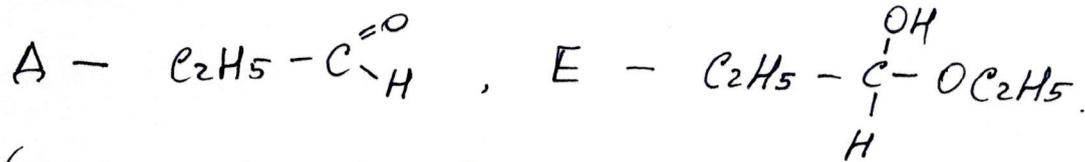
Если В - CO_2 , то $M(\text{Г}) = 56 - 44 = 12 \text{ г/моль}$, что не соответствует ни одному подходящему под условие. Если В - CO , то $M(\text{Г}) = 56 - 28 = 28 \text{ г/моль}$, что соответствует этену (C_2H_4). Тогда вещество

А - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.





Ответ: А - HCOOH, Б - C₂H₅OH, В - CO, Г - C₂H₄,



(или А - C₂H₅OH, Б - HCOOH, В - C₂H₄, Г - CO,
А и Е - те же самые)

лист 6.

Черновик
51

~~СНО + ...~~

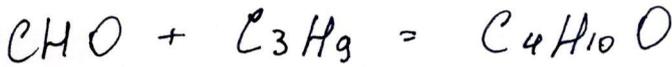
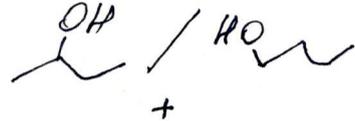
42e, 32n.

C - 6e, 6n, H - 1e, O - 8e, 8n

CHO - 15e, 14n; ост. 27e, 18n.

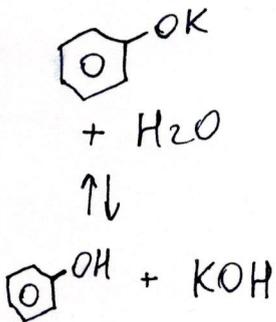
$$\begin{cases} 27 = 6x + y + 8z \\ 18 = 6x + 8z \end{cases} \Leftrightarrow y = 9$$

~~18 = 3 \cdot 6 + 0 \cdot 8~~
18 = 3 \cdot 6 + 0 \cdot 8



Отличие: Me (Na)

52



pH = 11, $K_{\text{гид}} = 10^{-10} = \frac{[\text{PhOH}][\text{KOH}]}{[\text{PhOK}]}$

$-\lg[\text{H}^+] = 11$
 $[\text{H}^+] = 10^{-11}$

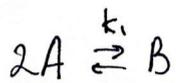
$$= \frac{[\text{PhOH}] \cdot 10^{-3}}{[\text{PhOK}]} = \frac{10^{-6}}{[\text{PhOK}]}$$

$[\text{PhOK}] = 10^{-4} \text{ M}$

$[\text{OH}^-] = 10^{-3} = [\text{KOH}] = [\text{PhOH}]$

$$10^{-10} = \frac{x^2}{c-x} \approx \frac{x^2}{c}$$

53



$V = 1 \text{ л}$

$T = 303 \text{ K}$

$\nu(B) : \nu(A) = 1.86 : 1$, $\rho_{\text{обл}} = 1 \text{ г/мл}$

$M_{\text{ср}} = \frac{1.86 M(B) + M(A)}{2.86} = \frac{4.72 M(A)}{2.86} = 75.9$ $M(A) = 46 \text{ г/моль}$



$pV = \nu_{\text{обл}} RT \Rightarrow \nu_{\text{обл}} = 0.04022 \text{ моль}$

$\nu(A) \leq 0.01406$, $\nu(B) = 0.02614$
 $\nu(A)_0 = 0.06638$

$k_1 = \frac{dc}{dt} = \frac{d[A]}{dt} = \frac{0.05232}{\Delta t} = 5 \cdot 10^{-3}$

$k_2 = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{c} - \frac{1}{c_0} \right)$

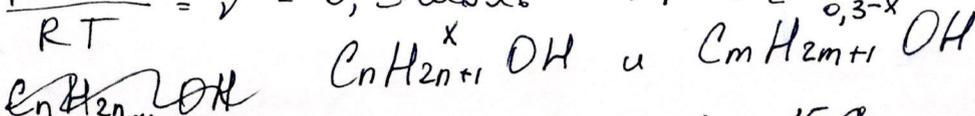
$t = \frac{\Delta t = 10.464 \text{ мин}}{11211, 7954 \text{ мин.}}$

$k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{c}{c_0}$

$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[B]}{[A]^2} \Rightarrow k_2 =$

54

$\frac{\rho_{\text{атм}} V}{RT} = \nu = 0.3 \text{ моль} = \nu_1 + \nu_2 = \nu(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 5.42$



$(14n + 18)x + (14m + 18)(0.3 - x) = 15.9$

$14n \cdot x + 14m(0.3 - x) = 15.9 - 5.4 = 10.5$

мет 7.

$n \cdot x + m(0,3-x) = 0,75$ черновик. мет 8.

$n, m \in \mathbb{N}, x < 0,3$

~~$n = m$~~ $n = m \Rightarrow m \cdot 0,3 = 0,75 \Rightarrow m = 2,5 = n$ (X)

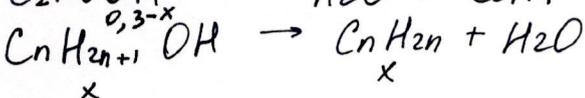
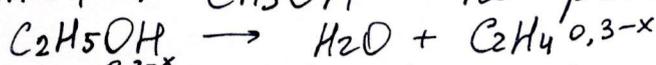
$x(n-m) + 0,3m = 0,75$

$x(n-m) = 0,3(2,5-m) \Rightarrow m \leq 2$

1) $m = 2 \Rightarrow x(n-2) = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15$
 $n=3 \Rightarrow x = 0,15$
 $n=4 \Rightarrow x = 0,075$
 $n=5 \Rightarrow x = 0,05$
 $n=6 \Rightarrow x = 0,0375$
 $n=7 \Rightarrow x = 0,03$
 $n=8 \Rightarrow x = 0,025$
 \dots

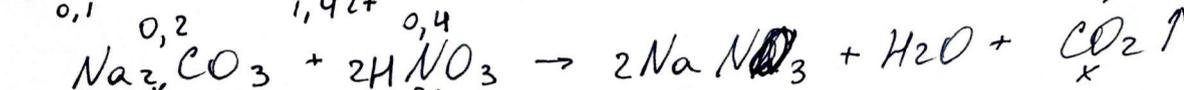
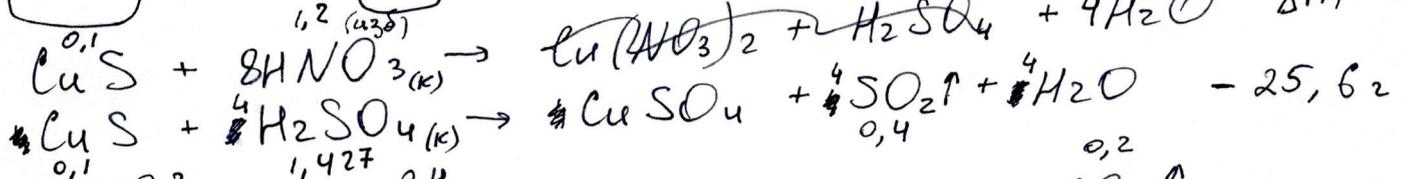
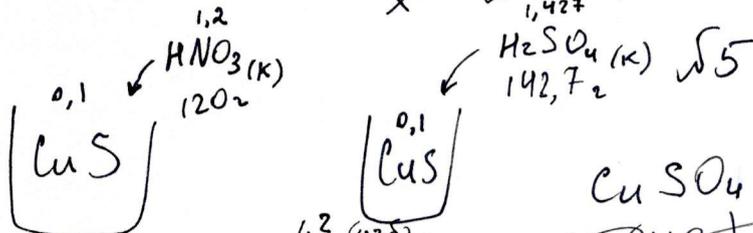
2) $m = 1 \Rightarrow x(n-1) = 0,3 \cdot 1,5 = 0,45$

$m=1 \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} - \text{не реаг.} \Rightarrow \text{не пог } x.$



$x < 0,3 \Rightarrow n = \frac{0,15}{x} + 2 > 2,5 \Rightarrow n \geq 3$

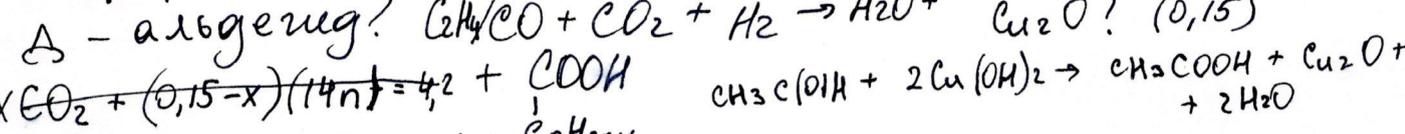
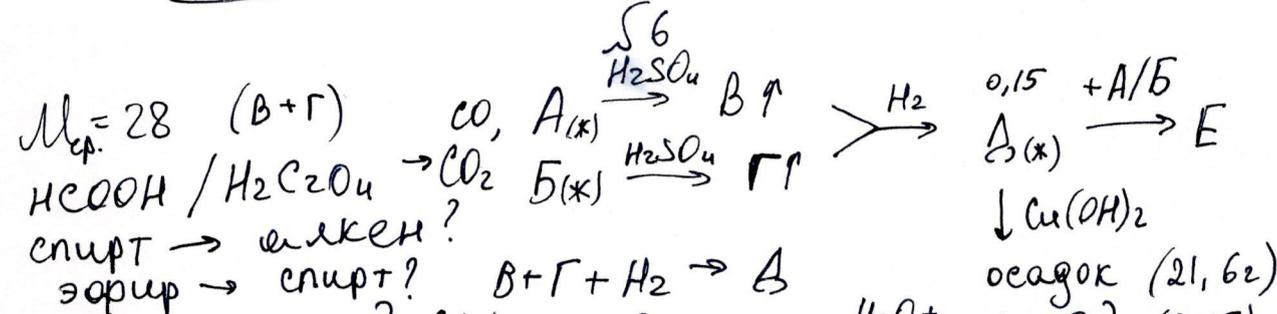
~~$n=2 \Rightarrow x = 0,225$~~
 $46(0,3-x) + x(14n+18) = 15,9$
 $-46x + 18x + 14xn = 2,1$
 $14xn - 28x = 2,1$
 $xn - 2x = 0,15$
 $x(n-2) = 0,15$



$+ 0,2 \cdot 286 - 0,2 \cdot 44 = + 48,42 > 11,22$

$x \cdot 286 - 44x = 11,2$

$m = 13,242$



$\frac{28}{0,15} = 28$

