



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Василенко Вадим Андреевич**

Класс: **10**

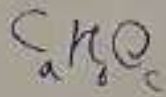
Технический балл: **96**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9415981	8 балл ов	16 балл ов	16 баллов	16 баллов реакция Вагнера и получение алкенов в общем виде	20 балло в	20 балло в	96 балло в
---------	-----------------	------------------	--------------	---	------------------	------------------	------------------

Ливанцова Л.И.

Черновик



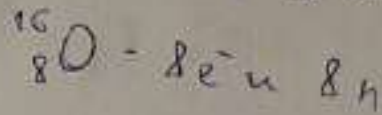
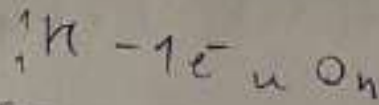
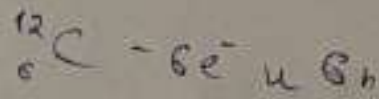
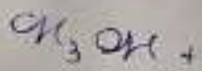
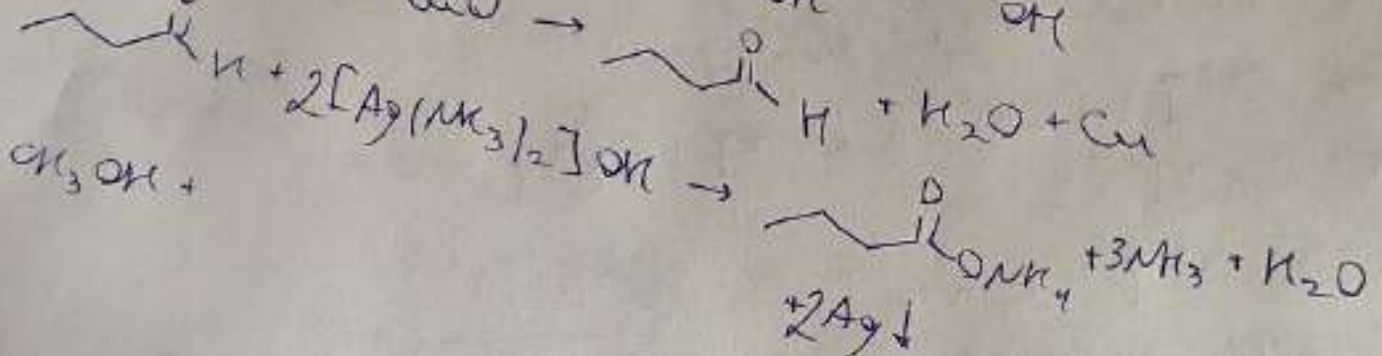
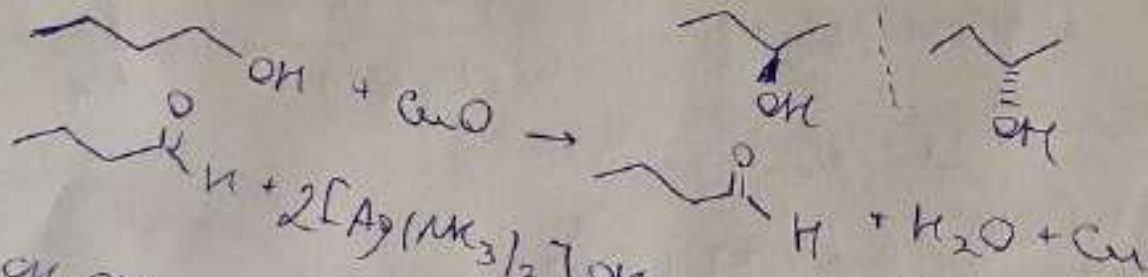
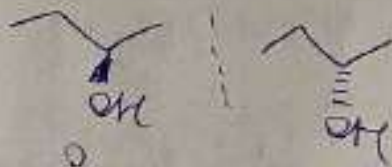
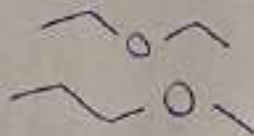
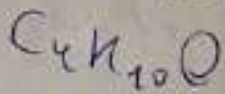
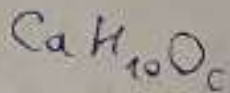
$$42e^- \text{ и } 32H$$

$$6a + b + 8c = 42$$

$$6a + 8c = 32$$

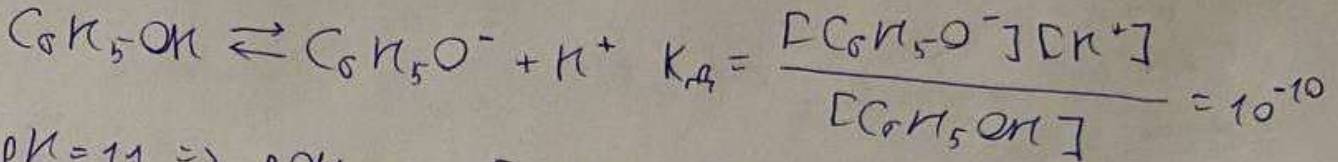
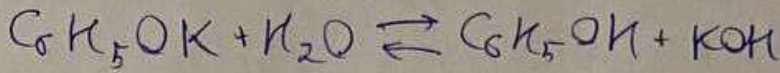
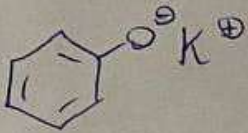
~~$$3a + 4c = 16$$~~

$$6 = 10$$



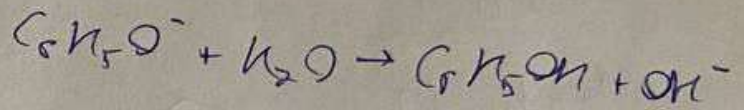
$$6a + 8c = 32$$

$$a = 4 \quad c = 1$$



$$pK = 11 \Rightarrow pOH = 3 \quad [OH^-] = 10^{-3}$$

$$K_h = \frac{[C_6H_5OH][KOH]}{[C_6H_5OK][H_2O]}$$



$$\frac{[H^+][OH^-]}{1} \cdot \frac{[C_6H_5OH]}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{K_w}{K_A} = 10^{-4}$$

$$C_{PH} = [C_6H_5O^-] + [C_6H_5OH]$$

$$[C_6H_5O^-] + [OH^-] = [H^+] + [K^+]$$

$$C_{PH} = [K^+]$$

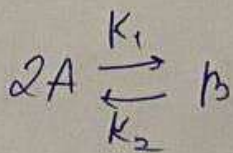
$$[C_6H_5O^-] = C - 10^{-3}$$

$$[C_6H_5OH] = 10^{-3}$$

$$\frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{C - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

$$x = 0,011 \approx 1,1 \cdot 10^{-2}$$

Черновик



N3



$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{1,86x}{x^2} = \frac{1,86}{x} \Rightarrow K_{eq} = 132,282 \frac{1}{\text{моль}} \frac{1}{\text{моль}}$$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \text{ кПа} \cdot 31 \text{ м}}{8,314 \cdot 303,15 \text{ К}} = 0,0402$$

$$1,86 : 1$$

$$m : A$$

$$1,86x + x = 0,0402$$

$$x = 0,01406$$

$$0,0262 ; 0,01406$$

$$15$$

$$2 M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2,86} \cdot A + \frac{1,86}{2,86} \cdot B = 75,9$$

$$0,35M_1 + 0,65M_2 = 75,9$$

$$0,38M_1 + 1,3M_2 = 75,9$$

$$M_1 = 46 \quad NO_2$$

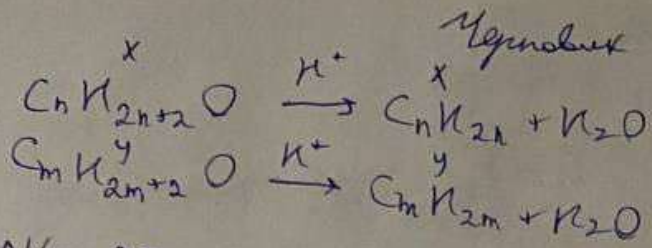
$$M_2 = 92 \quad N_2O_4$$

$$r_1 = \frac{d[A]}{dt} = K_1[A]^2$$

$$r_2 = \frac{d[B]}{dt} = K_2[B] - K_1[A]^2$$

$$K_{eq} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{d[B]}{dt \cdot K_2}$$

$$K_2 = \frac{K_1}{K_{eq}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{моль}}}{132,282} = 0,000037798 = 3,78 \cdot 10^{-5}$$



$$PV = nRT$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 253,15} = 0,3$$

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

$$x + y = 0,3 \quad y = 0,3 - x$$

$$14nx + 18x + 14my + 18y = 15,9$$

$$14nx + 18x + 4,2m - 14mx + 5,4 - 18x = 15,9$$

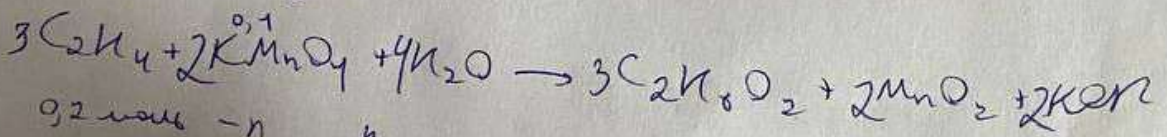
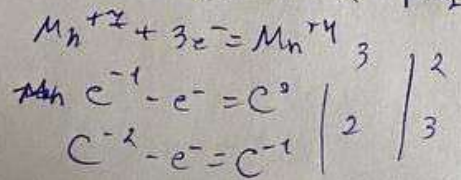
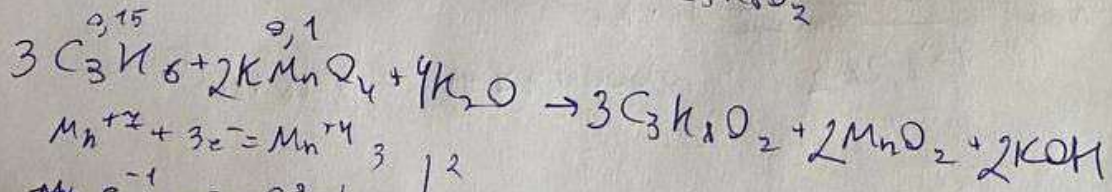
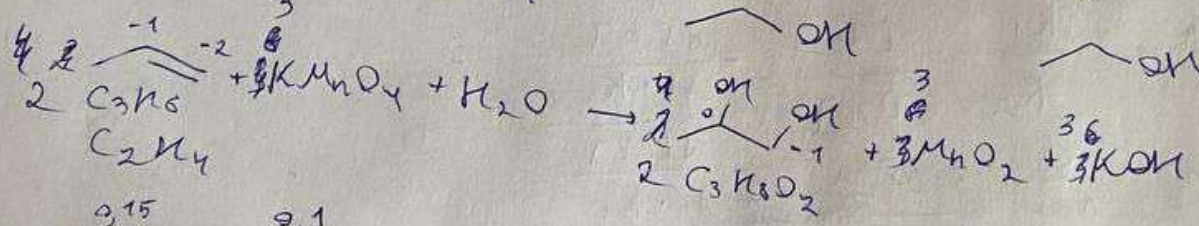
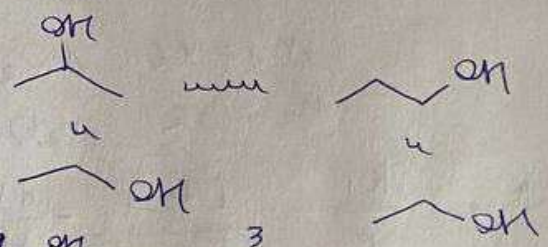
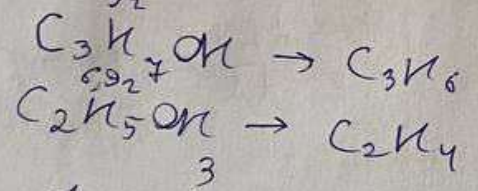
$$14nx + 4,2m - 14mx = 10,5$$

$$x(14n - 14m) = 10,5 - 4,2m$$

$$\frac{0,45 - 0,3m}{n - m} = x$$

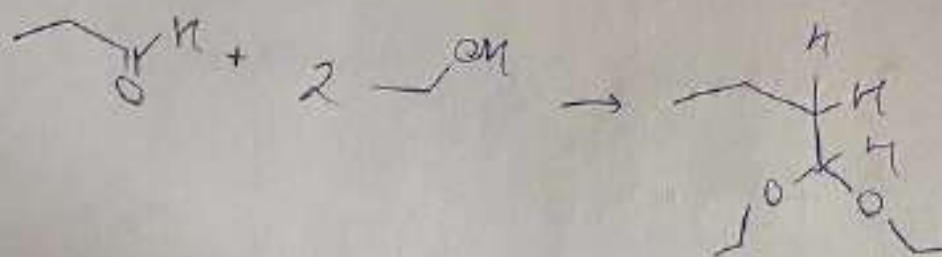
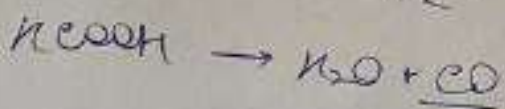
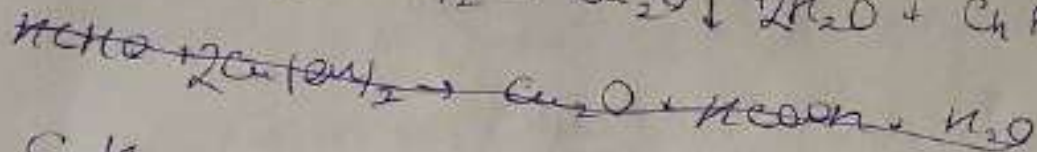
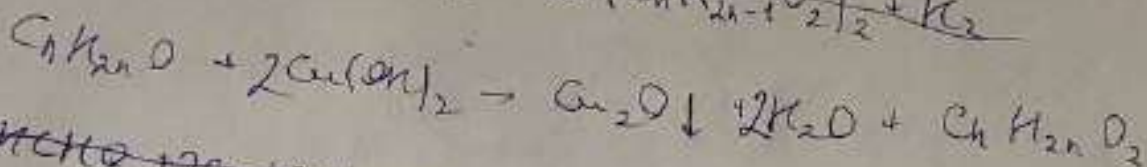
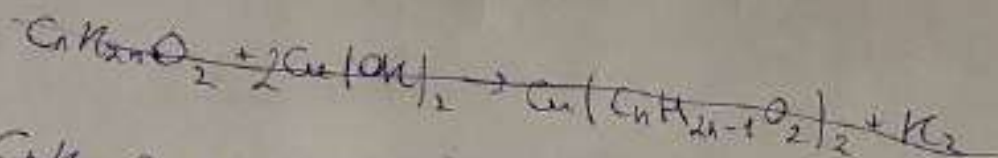
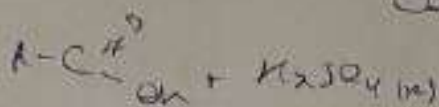
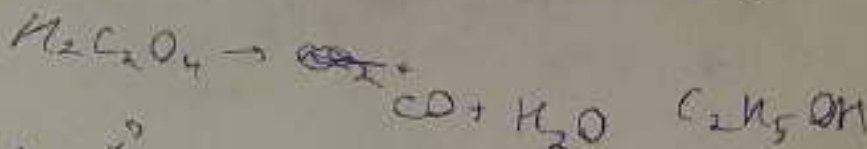
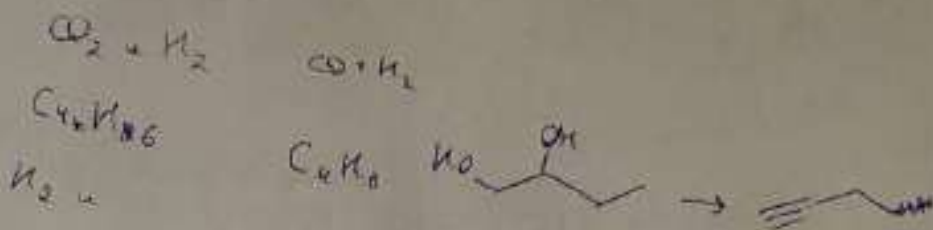
$$x = \frac{10,5 - 4,2m}{14n - 14m}$$

$$m = 2 \quad n = 3 \quad x = 0,15 \quad y = 0,15$$



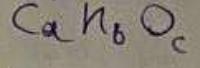
$$0,2 \text{ molar} \quad -n \quad \frac{n}{V} = C \Rightarrow V = \frac{n}{C} = \boxed{0,5 \text{ л}}$$

$$28 = \frac{1}{2} \cdot 28 + \frac{1}{2} \cdot 28$$

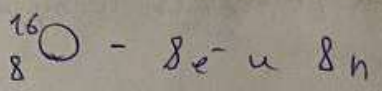
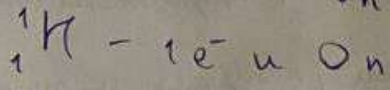
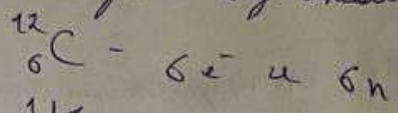


N1

Пусть формула этил содержит:



Каждый из атомов содержит:



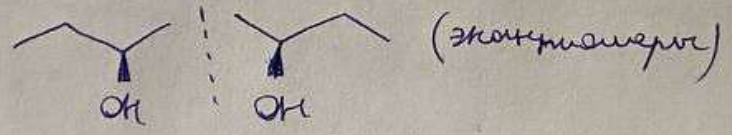
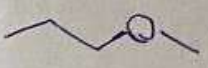
Отсюда можно составить уравнения:

$$\begin{cases} 6a + b + 8c = 42 \\ 6a + 8c = 32 \end{cases} \Rightarrow b = 10 \Rightarrow CaH_{10}O_c$$

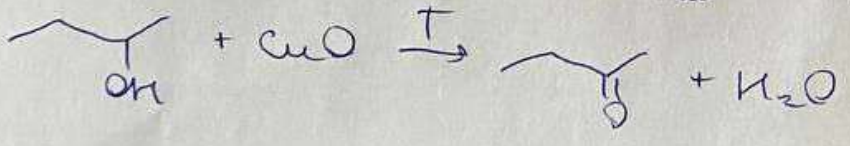
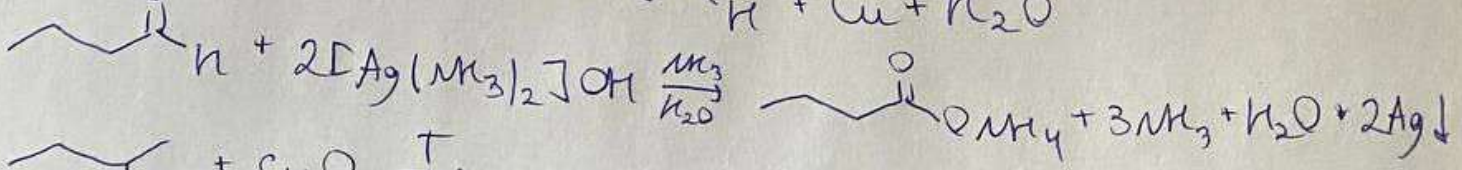
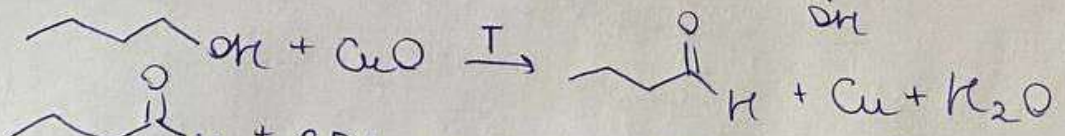
$6a + 8c = 32$

Перебирая целочисленные решения нам удовлетворяет лишь  $a=4 \ c=1$

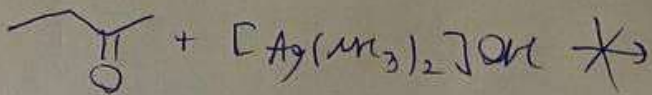
Значит,  $C_4H_{10}O$ , все группы этилов:



Определим, какой спирт взяли, можно сначала окислив его  $CuO$ , а затем провести реакцию серебряного зеркала, если выпало  $Ag$ , то спирт был первичный; , а если нет, то вторичный;




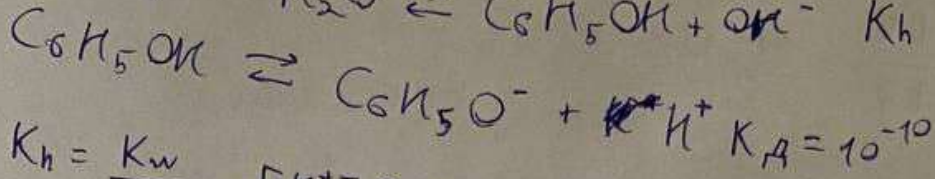
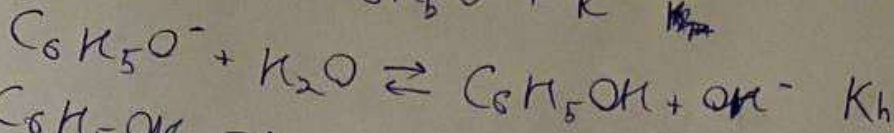




Если не ни одно из веществ не окисляется, изменяя окраску  $\text{CuO}$  черного на  $\text{Cu}$  гранатово-красный, то оба вещества в пробирках - это эфир.

А оба эфира можно различить ЯМР-спектроскопией, при этом у  $\text{Et}_2\text{O}$  будут всего 2 пика (квартет и триплет).

А у  4 пика.



$$K_h = \frac{K_w}{K_A} = \frac{[K^+][OH^-][C_6H_5OK]}{[C_6H_5O^-][H^+]} = \frac{[C_6H_5OK][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

Уравнение электронейтральности:

$$[C_6H_5O^-] + [OH^-] = [K^+] + [H^+]$$

Уравнение материального баланса:

$$C_{C_6H_5OK} = [C_6H_5O^-] + [C_6H_5OH] = [K^+]$$

$$pH = 11 \Rightarrow pOH = 3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$$

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

$$[C_6H_5O^-] = 10^{-11} + C - 10^{-3} \quad [C_6H_5O^-] = [K^+] - [OH^-]$$

Значением  $10^{-11}$  можно пренебречь ввиду его очень малого вклада (из-за малой концентрации)

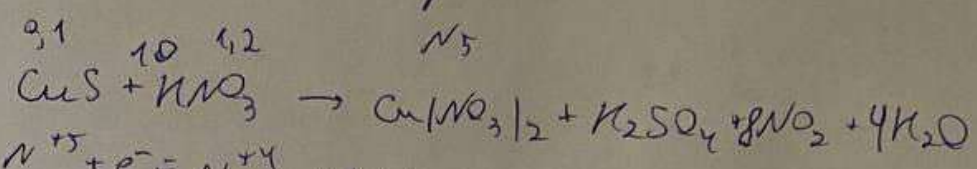
$$[C_6H_5O^-] = C - 10^{-3} \quad [OH^-] = 10^{-3}$$

$$[C_6H_5OH] = C - [C_6H_5O^-] = 10^{-3}$$

$$K_h = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{C - 10^{-3}} = 10^{-4}$$

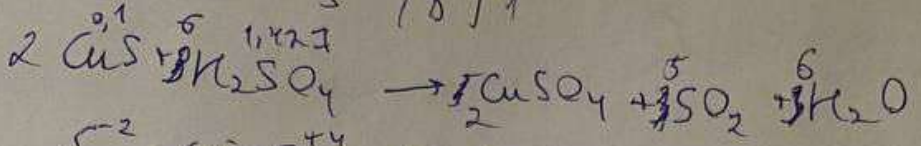
$$\Rightarrow C_{C_6H_5OK} = 9,011 = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

~~Аз~~  
Кеңбук  
N5



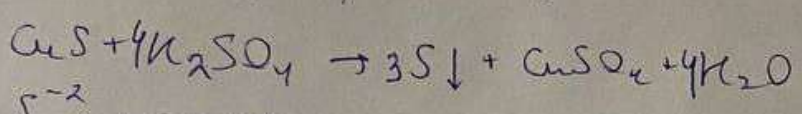
$$N^{+5} + e^- = N^{+4}$$

$$S^{-2} - 8e^- = S^{+6}$$



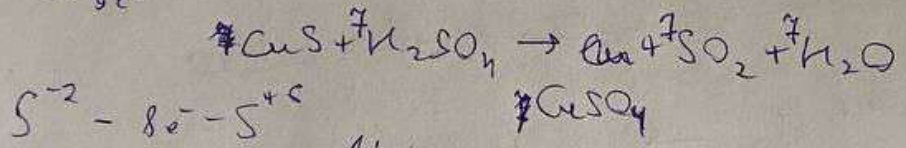
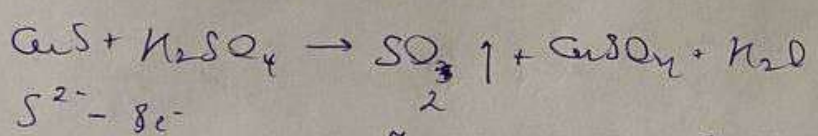
$$S^{-2} - 6e^- = S^{+4}$$

$$S^{+6} + 2e^- = S^{+4}$$



$$S^{-2} - 2e^- = S^0$$

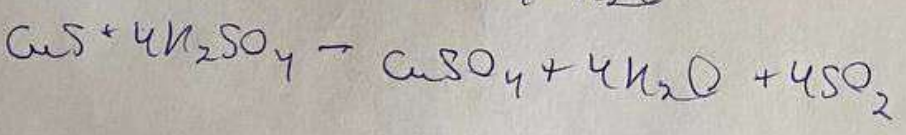
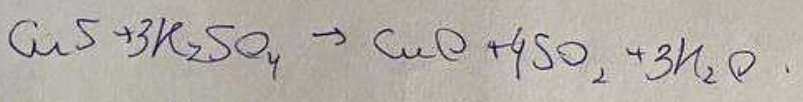
$$S^{+6} + 6e^- = S^0$$



$$S^{-2} - 8e^- = S^{+6}$$

$$S^{-2} - 6e^- = S^{+4}$$

$$S^{+6} + 2e^- = S^{+4}$$



X2 n(KNO3) = 0,2  
n(K2SO4) = 0,1  
0,1 + 0,1 = 0,2 CO2  
9,82 0,1 = 91

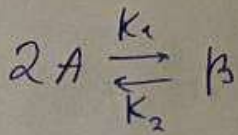
$$\frac{42,7}{286} \cdot X = 44 = 33,9$$

$$X = 4906364$$

Memorandum

N<sub>3</sub>

4



$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1 \text{ l}}{8,314 \cdot 303,15} = 0,0402 \text{ mol}$$

$$n = C \cdot V \Rightarrow V = \text{const}$$

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0,02615}{(0,01406)^2} = 132,282$$

~~5,86~~  $\text{Plyms}$   $\text{Loru}$   $X$   $\text{uob}$   $A$  :

$$1,86x + x = 0,0402$$

$$x = 0,01406 \text{ (n(A))} \Rightarrow [A] = 0,01406$$

$$n(B) = 0,02615 \Rightarrow [B] = 0,02615$$

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

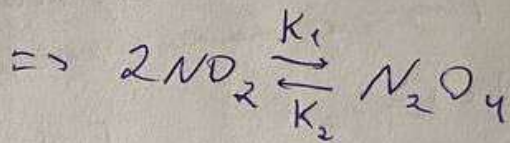
$$M(B) = 2M(A)$$

$$0,35M(A) + 0,65M(B) = 75,9$$

$$1,05M(A) = 75,9$$

$$M(A) = 46 \Rightarrow A - NO_2$$

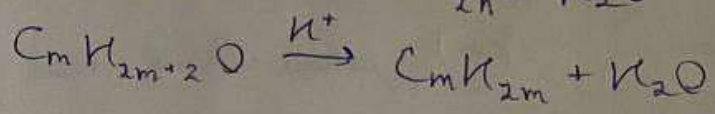
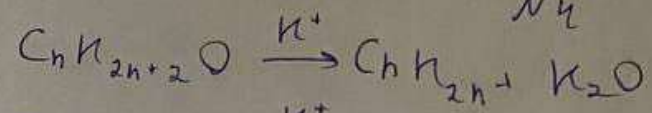
$$M(B) = 92 \Rightarrow B - N_2O_4$$



$$K_{eq} = \frac{k_1}{k_2} \Rightarrow k_2 = \frac{k_1}{K_{eq}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{132,282} = 3,78 \cdot 10^{-5} \frac{\text{l}}{\text{mol} \cdot \text{min}}$$

Умножим

$N_4$



$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453,15} = 0,3 \text{ моль}$$

Пусть в смеси было  $x$  моль  $C_n H_{2n+2} O$   
 $y$  моль  $C_m H_{2m+2} O$

$$\begin{cases} x(14n+18) + y(14m+18) = 15,9 \\ x+y = 0,3 \Rightarrow y = 0,3-x \end{cases}$$

$$14nx + 4,2m - 14mx = 10,5$$

$$x(14n - 14m) = 10,5 - 4,2m$$

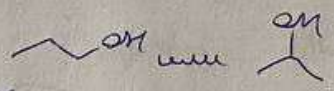
$$x = \frac{10,5 - 4,2m}{14n - 14m} = \frac{0,75 - 0,3m}{n-m} = x$$

Предположим, что  $n=3$  и  $m=2$ , тогда найдем  $x$  и  $y$ :

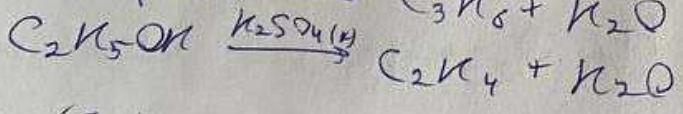
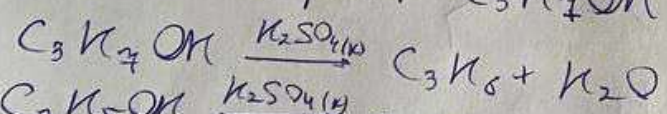
$$n=3$$

$$m=2$$

$$x = 0,15 \Rightarrow y = 0,15$$

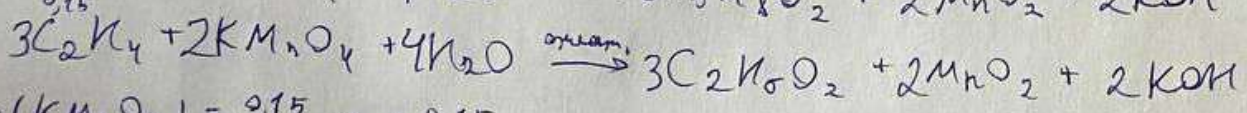
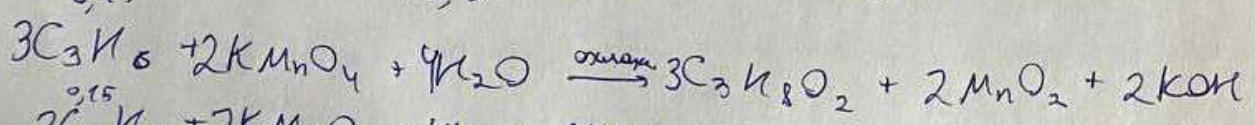


Значит смеси:  $C_3H_7OH$  и  $C_2H_5OH$



$$\omega(C_3H_7OH) = \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} = 0,566 \Rightarrow 56,6\%$$

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} = 0,434 \Rightarrow 43,4\%$$



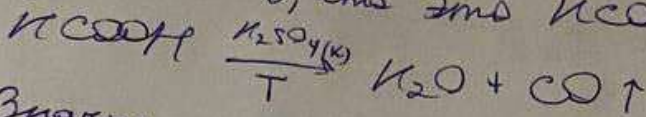
$$n(KMnO_4) = \frac{0,15}{3} \cdot 2 + \frac{0,15}{3} \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$$

$$V(KMnO_4) = \frac{n}{c} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л}$$

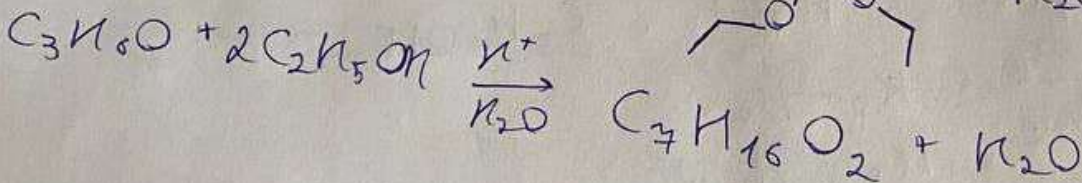
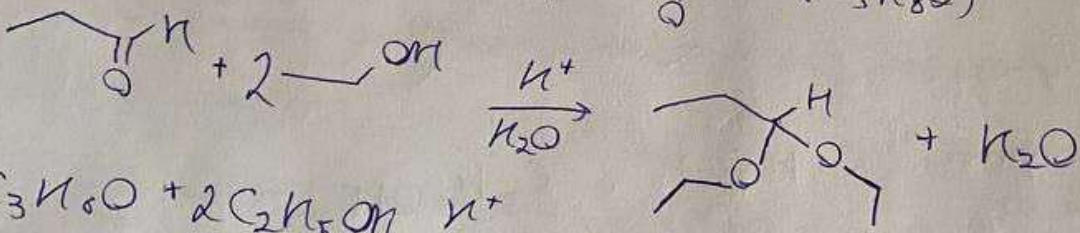
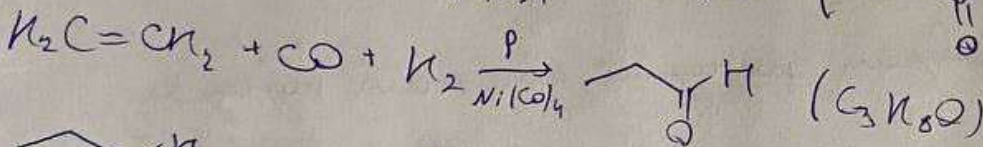
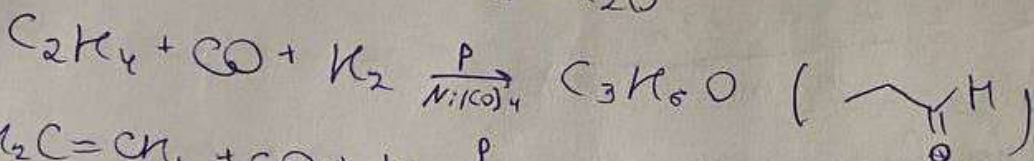
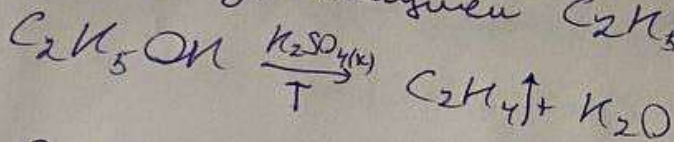
№ 6

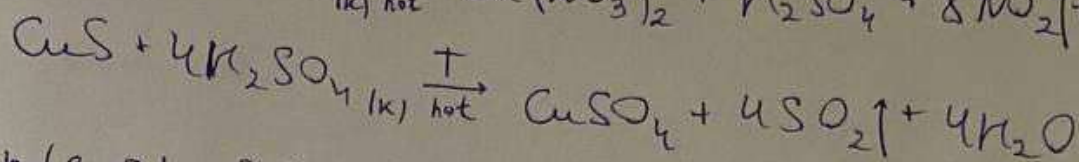
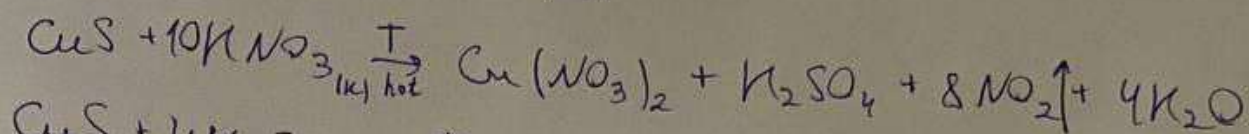
$$M_{\text{ф.}} = 0,875 \cdot M(\text{O}_2) = 0,875 \cdot 32 = 28$$

Поскольку А реагирует с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  дает осадок, следовательно  $\text{Cu}_2\text{O}$ , но А - альдегид, их можно получить путем гидрирования например алкенов. Также знаем, что одно из веществ А и Б - кислота, но можно предположить, что это  $\text{KCOOK}$ :



Значит, если  $M(\text{CO}) = 28$ , то исходя из  $M_{\text{ф.}}$ , у второго газа при соотношении газов 1 к 1  $M$  будет тоже 28, следовательно это алкен газобразный -  $\text{C}_2\text{H}_4$ ; который получим гидратацией  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OK}$





$$n(\text{CuS}) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{KNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль}$$

Пусть  $m_1$  — масса <sup>содержимого</sup> первого стакана <sup>после того как</sup> в него добавили  $\text{KNO}_3$ ;

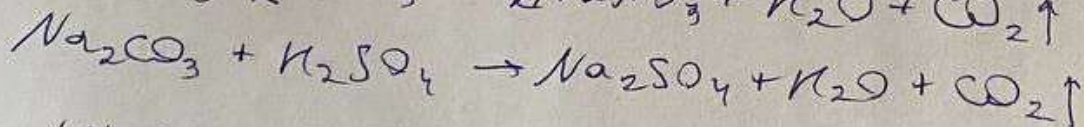
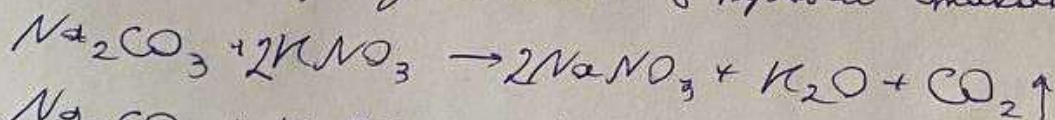
~~$$m_1 = m(\text{CuS}) + m(\text{KNO}_3) = 9,6 + 75,6 = 85,2$$~~

$$m_1 = m(\text{CuS}) + m(\text{KNO}_3) - m(\text{SO}_2) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$$

$$m_2 = m(\text{CuS}) + m(\text{K}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2) = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$$

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  надо добавить в первый стакан.



$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{K}_2\text{O}) = X \quad M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{K}_2\text{O}) = 286$$

$$\Rightarrow X - \frac{X}{286} \cdot 44 = 33,9 \quad n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) \text{ (если вычитать в изд.)}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44$$

$$\Rightarrow X = 40,96364 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{K}_2\text{O}) \text{ который надо добавить в первый стакан} \\ = \underline{40,96364 \text{ г}}$$

Если принять, что  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  по отношению к кислоте соль в издотке, то не получится уравновесить веса, поэтому рассмотренный случай, когда  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в нег. - корректен.