



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Чесноков Юрий Павлович**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9337210

Кузнецова Т.А.

Задание 1: 8 б.

Задание 2 : 16 б.

Задание 3: 16 б.

Задание 4: 20 б.

Задание 5: 20 б.

Задание 6: 20 б.

Всего 100 б.

# Чистовик

§1 В атоме C:  $6e$  и  $6n$  ( $e$  - электроны,  $n$  - нейтроны)

В атоме O:  $8e$  и  $8n$

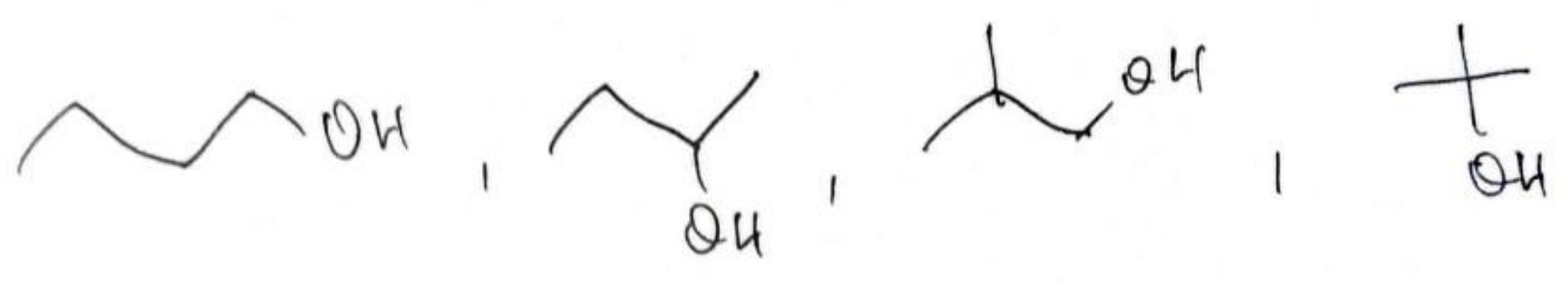
В атоме H:  $1e$  и  $0n$

Предположим, что в веществе 1 атом кислорода:  
на C и H приходится  $34e$  и  $24n$ :  $C_4H_{10}$  и кислород

При большем количестве кислорода (2 или 3) соединения, удовлетворяющие условию не получаются.

Тогда:  $C_4H_{10}O$  - либо спирты, либо простые эфиры.

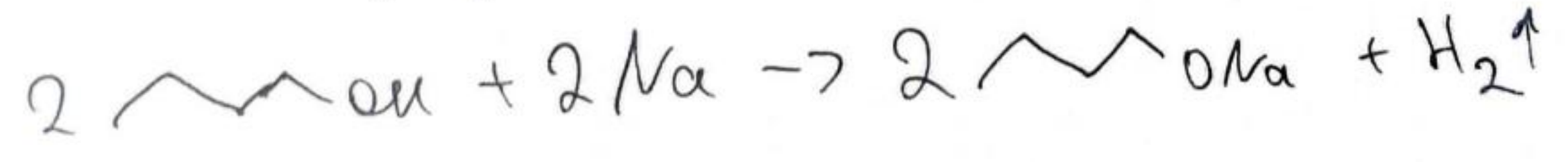
изомерные спирты:



изомерные простые эфиры:

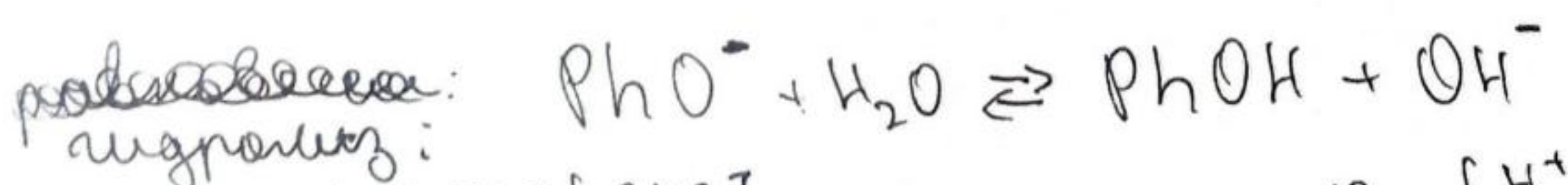


Отличить можно по реакции с щелочными металлами: спирты в ходе реакции будут выделять водород:



§2 В водном растворе фенолята калия:

$\text{PhO}^-$  и  $\text{K}^+$  (Ph - фенол)



$$K_h = \frac{[\text{PhOH}][\text{OH}^-]}{[\text{PhO}^-]}$$

$$K_{\text{гидр}} = 10^{-10} = \frac{[\text{H}^+][\text{PhO}^-]}{[\text{PhOH}]} \quad (\text{PhOH} \rightleftharpoons \text{PhO}^- + \text{H}^+)$$

$$K_w = 10^{-14} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

Заметим, что  $K_h = \frac{K_w}{K_{\text{гидр}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$

Чистовик

$pH = 11 \Leftrightarrow pOH = 14 - pH = 3$

$[OH^-] = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

заметьте, что  $[OH^-] = [PhOH]$ ; ~~где  $[PhOH]$  — кон.~~

$[PhO^-] = C_{\text{кар.}} - [OH^-]$   
( $C_{\text{кар.}}$  — конц. фенолята)

Тогда:  $1 \cdot 10^{-4} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{C_{\text{кар.}} - 10^{-3}}$

Решение уравнения:  $C_{\text{кар.}} = 0,011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

Ответ:  $0,011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

53

$[B]:[A] = 1,86:1 \Rightarrow [B] = 1,86[A]$

Тогда в равновесной смеси:  ~~$[B] + [A] = 1$~~

$[B] + [A] = 1$  (предположим, что в смеси  
из 1 моль, чтобы рассчитать  
мольные доли)

$1,86[A] + [A] = 1$

$2,86[A] = 1$

$[A] = 0,34965$  или 34,965%

$[B] = 1,86[A] = 0,65035$  или 65,035%

Заметьте, что если  $M(A) = x \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ , то  $M(B) = 2 \cdot x \frac{\text{г}}{\text{моль}}$   
(т.к. димеризация)

$\Rightarrow 75,9 = 0,34965 \cdot x + 0,65035 \cdot 2x$

$x = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$  — либо  $HCOOH$ , либо  $NO_2$

↓  
не димеризуется  $\Rightarrow$  A:  $NO_2$

B:  $N_2O_4$

в равновесной смеси:

$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,040222 \text{ моль}$

$n_A = 0,0140636 = C_A$       $n_B = 0,0261584 = C_B$   
↓ (м.ф.  $V=1 \text{ л}$ )

Шестовик

~~Процесс гидролиза~~

При равновесии скорость прямой реакции равна скорости

обратной:  $K_{пр} \cdot [A]^2 = K_{обр} \cdot [B]$

$$K_{обр} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0140636^2}{0,0261584} = 3,48 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$$

54

Рассчитаем количество в-в в р-ро:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль} - \text{кол-во смеси спиртов}$$

Заметим, что  $n_{спирт. кол.} = n_{алкени}$ , т.к. гидратация происходит без изменения числа органических молекул.

Тогда  $M_{спирт} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ : один из спиртов по молярной

массе должен быть меньше  $M_{спирт}$ .  $\Rightarrow$  это  $C_2H_5OH$  или  $C_3H_7OH$ , однако только  $C_2H_5OH$  вступает в реакцию гидратации  $\Rightarrow$  один из спиртов-  
 $C_2H_5OH$ .

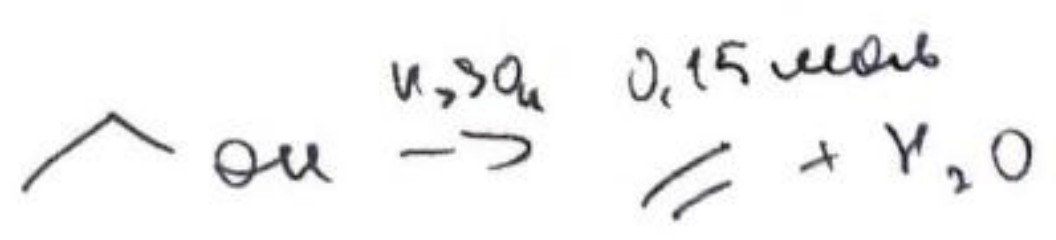
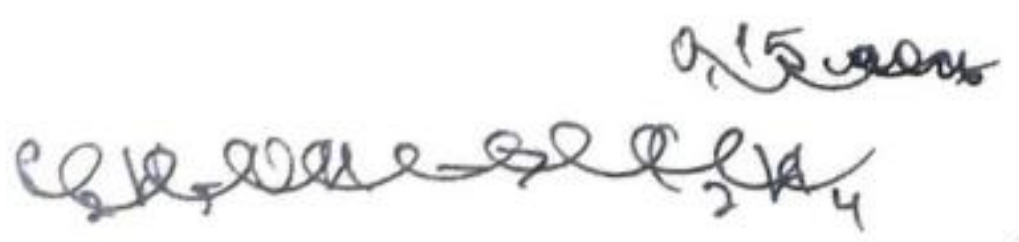
Однако только найти состав второго спирта мы не можем, т.к.  $M_{спирт}$  ~~должен~~ будет оставаться постоянной с увеличением второго спирта и увеличением их молярной доли.

Предположим, что это  $C_3H_7OH$ ;  $M = 60 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ .

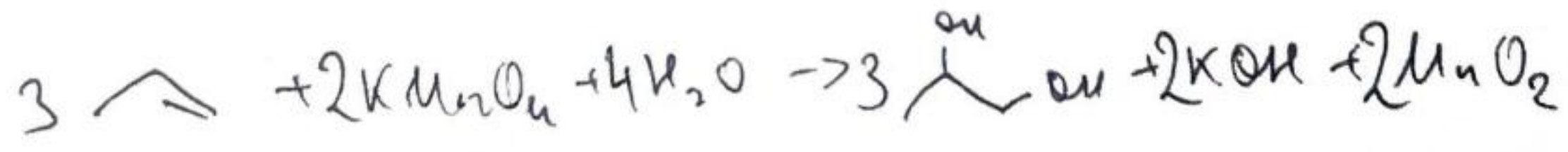
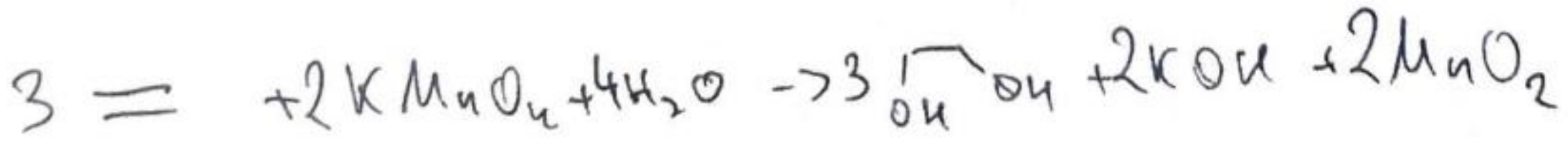
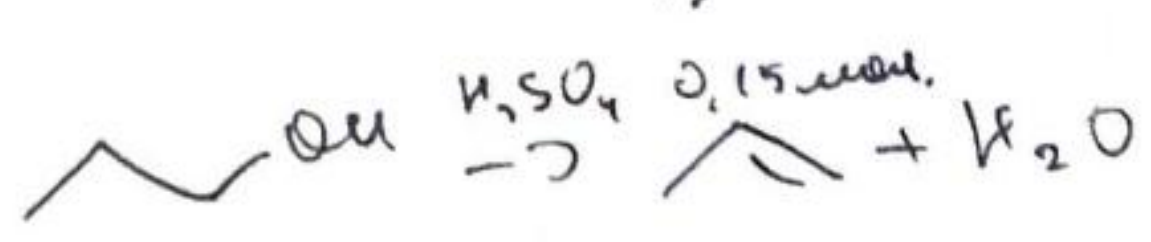
$$60 \cdot (0,3 - x) + 46x = 15,9; \text{ где } x = n_{C_2H_5OH}$$

$$x = 0,15 \Rightarrow m_{C_2H_5OH} = 6,9 \text{ г} \quad w(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 0,434$$

$$m_{C_3H_7OH} = 9 \text{ г} \quad w(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,566$$



$C_3H_7OH$



# Установки

$$n(=) = 0,15 \text{ моль } (= n(E+OH))$$

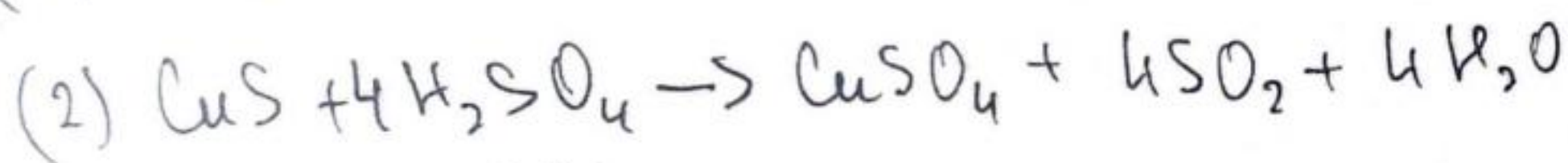
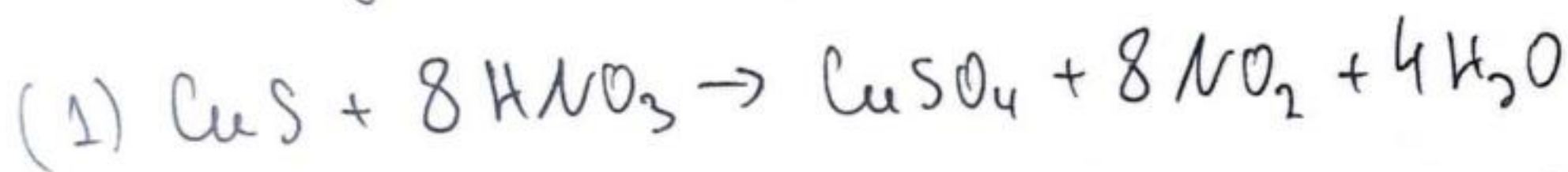
$$n(\wedge) = 0,15 \text{ моль } (= n(O_2 + OH))$$

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

$$c = \frac{n}{V} \Leftrightarrow V = \frac{n}{c} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л. или } 500 \text{ мл.}$$

$$\boxed{55} \quad n(CuS) = \frac{9,6}{64+32} = 0,1 \text{ моль.}$$

Запишем уравнения реакций:



$$n(\text{HNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{63} = 1,2 \text{ моль - избыток.}$$

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

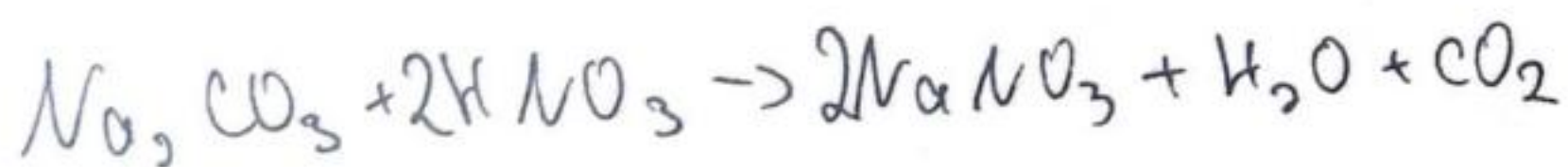
Найдем массы растворов после реакций:

$$m_1 = 9,6 + 120 - 0,8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г.}$$

$$m_2 = 9,6 + 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7 \text{ г.}$$

} разница в массе стаканов: 33,9 г.

Добавить  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  нутко в стакан, в который добавили  $\text{HNO}_3$



$$n(\text{HNO}_3)_{\text{ост.}} = 1,2 - 0,8 = 0,4 \text{ моль}$$

Предположим, что весь  $\text{HNO}_3$  прореагировал, тогда масса изменилась на:

$$286 \cdot 0,2 - 0,2 \cdot 44 = 48,4 \text{ г.} - \text{ больше, чем нутко} \Rightarrow \text{ реакция прошла не полностью, HNO}_3 \text{ - избыток}$$

(+Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O) (-CO<sub>2</sub>)

Пусть добавили  $x$  моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , тогда  $n(\text{CO}_2) = x$  моль.

$$\text{изменение массы: } 33,9 \text{ г} = 286x - 44x$$

(нутко)

$$x = 0,14 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,14 \cdot 286 = 40,04 \text{ г.}$$

Условие

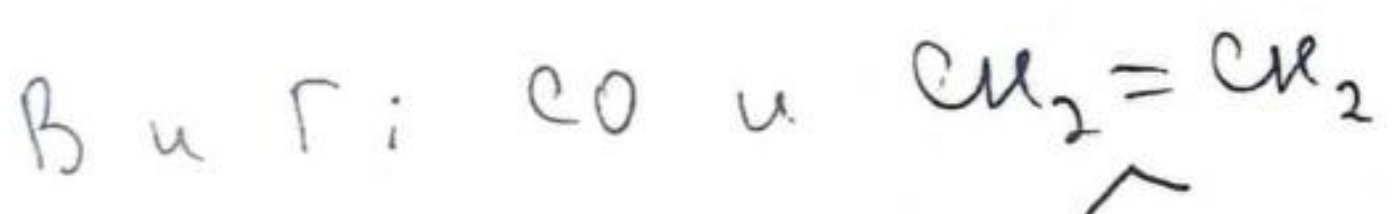
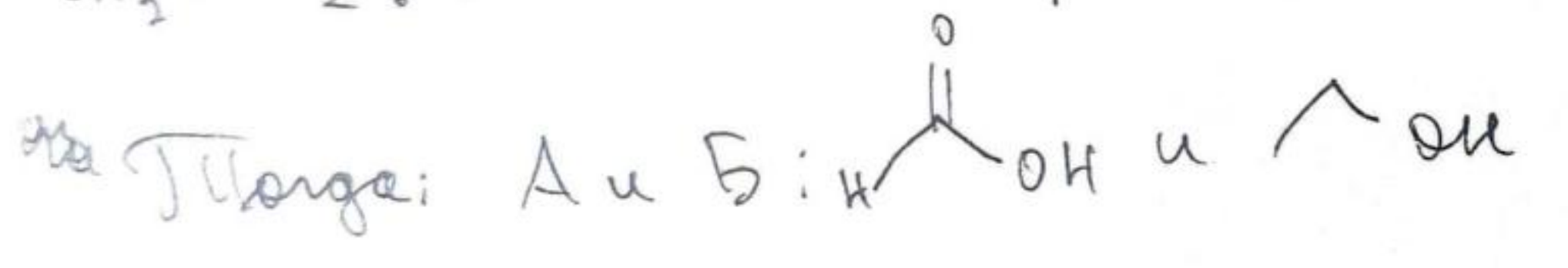
№6 Из условия: одно из веществ А/Б: кислота.  
 Кислоты, которые разлагаются при добавлении  $H_2SO_4$  конц:  $HCOOH$  и  $(COOH)_2$

Щавелевая кислота разлагается с образованием  $CO$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$   
 муравьиная кислота с образованием  $CO$  и  $H_2O$

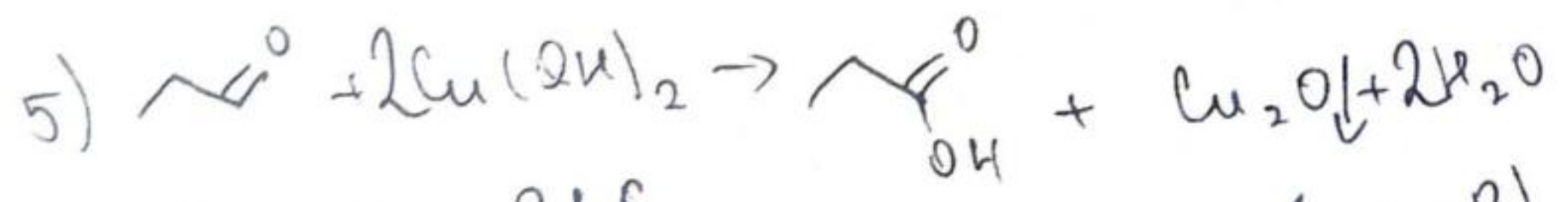
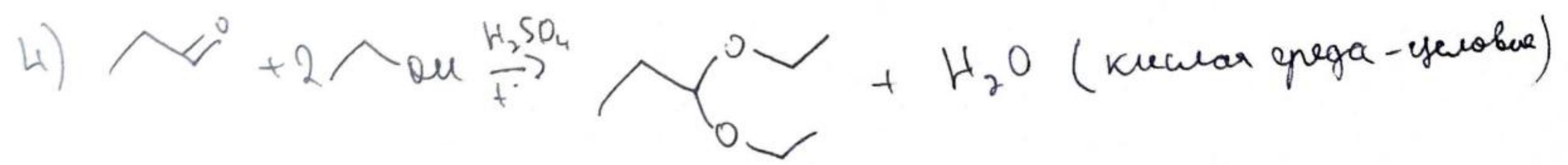
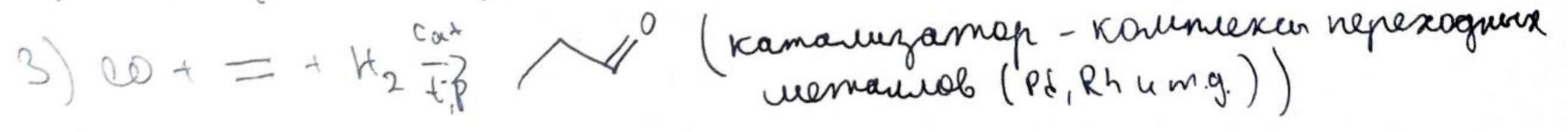
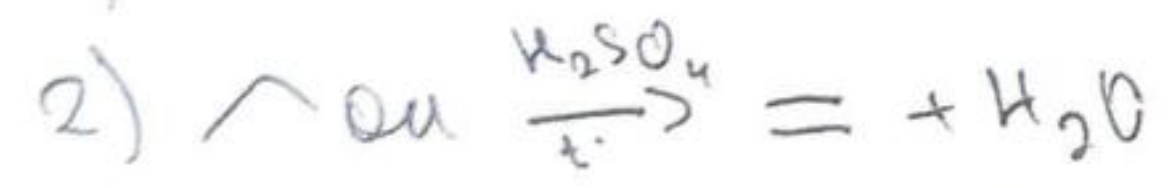
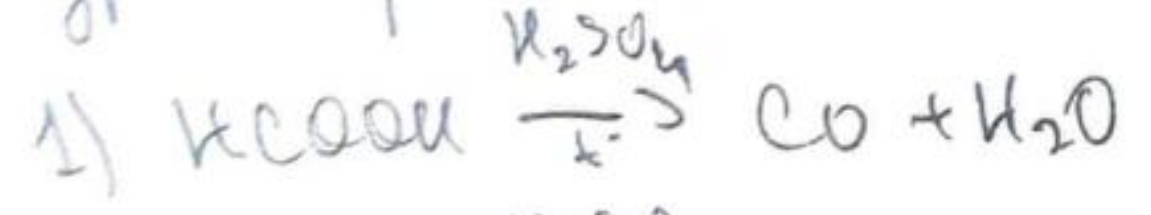
П.к. в обоих случаях разлетелись виденется 1 газ, но одно из веществ - либо муравьиная кислота, либо её соль и один из газов:  $CO$

$$M_{гр.} = 0,875 \cdot M(CO_2) = 0,875 \cdot 32 = 28 \frac{г}{моль}$$

П.к. молярная масса смеси равна молярной массе  $CO$ , то второй газ имеет  $M = 28 \frac{г}{моль}$ . Этому удовлетворяет этилен  $C_2H_4 = C_2H_2$ . Он может образовываться из этилового спирта (дегидратация.)



ур-е реакции:



$$m(Cu_2O) = \frac{2 \cdot 144}{64 \cdot 2 + 16} = 0,15 \text{ моль} = n(\text{алдегид})$$

$$m(\text{алдегид}) = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г}$$

Черновик.

№1

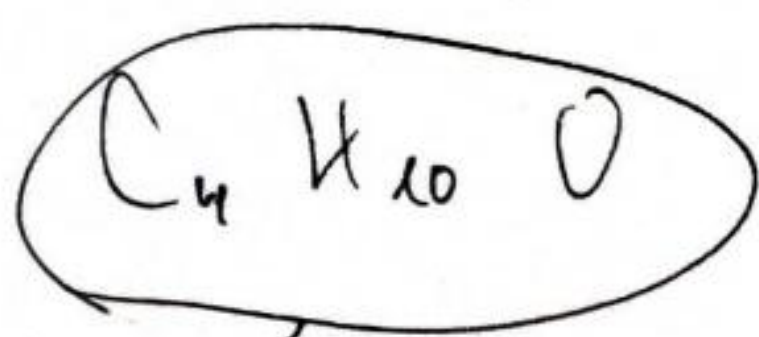
42 e 32 n

C: 6 e 6 n

O: 8 e 8 n

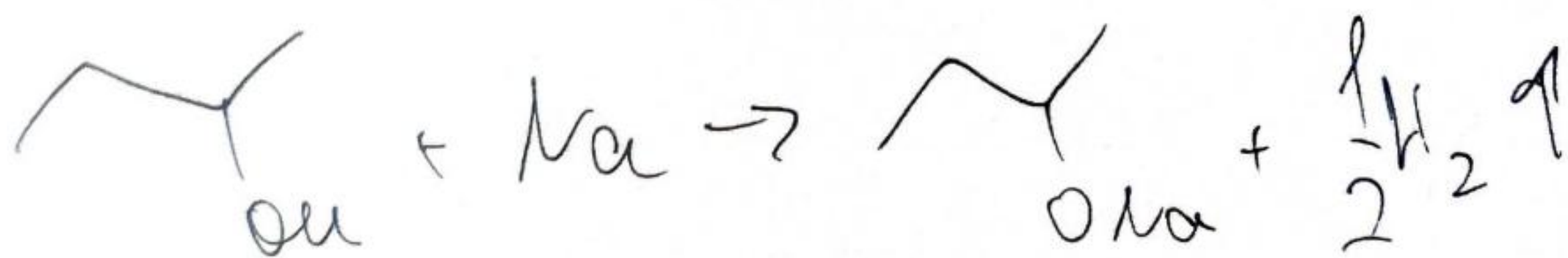
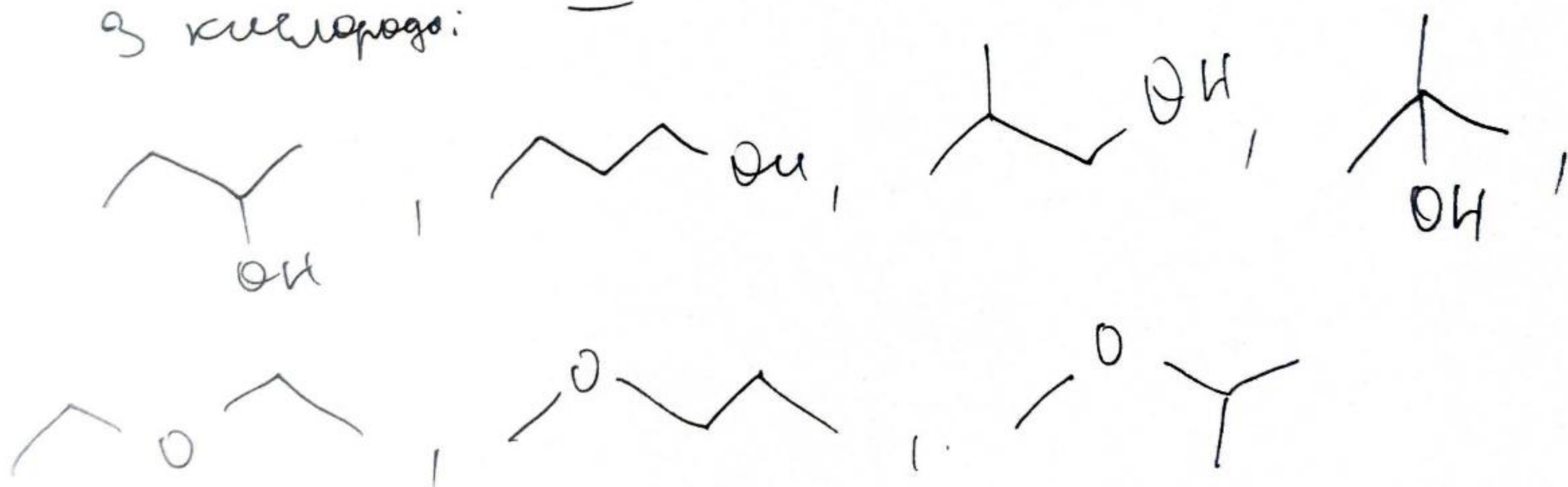
H: 1 e 0 n

1 кислород:  $C_4 H_{10} O$



2 кислорода:  $C_4 H_{10} O_2$

3 кислорода: —



№2



$$10^{-10} = \frac{[PhO^-][H^+]}{[PhOH]}$$

$$K_n = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$$



Черновик.

$$pU = 11$$

$$pOU = 3$$

$$[OU] = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$1 \cdot 10^{-4} = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{x - 1 \cdot 10^{-3}}$$

$$\underline{x = 0,011}$$

$$\boxed{53} \quad \frac{[B]}{[A]} = 1,86$$

$$[B] = 1,86 [A]$$

$$[A] + 1,86 [A] = 100$$

$$[A] : 34,965\% \quad [B] : 65,035\%$$

$$nRT = pV$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,040222 \text{ моль}$$

$$\text{Если } M(A) = x, \text{ то } M(B) = 2x$$

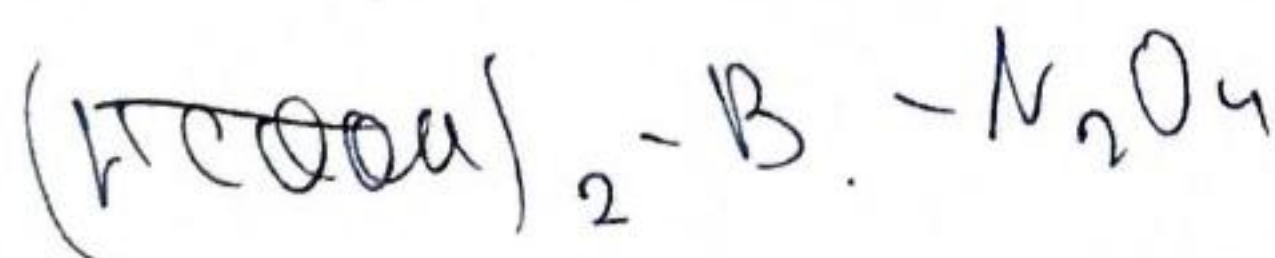
$$0,34965x + 0,65035 \cdot 2x = 45,9$$

$$(0,01406362)^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 0,0261583774 \cdot x$$

$$\underline{x = 3,78 \cdot 10^{-5}}$$

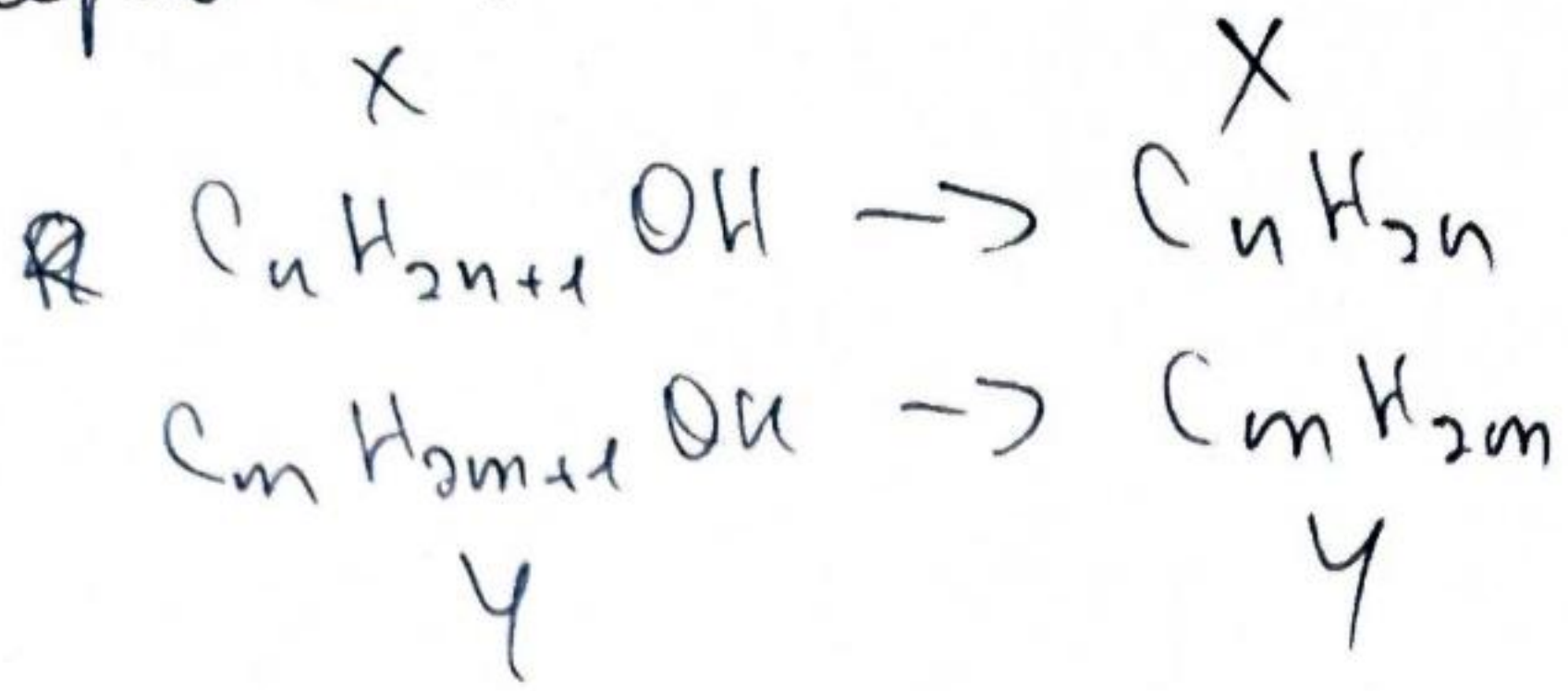
$$M(A) = 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



$$\frac{dE}{dt} = k \cdot C$$

54

пересчет.



$$n = \frac{pV}{RT} = 0,3$$

$$x + y = 0,3$$

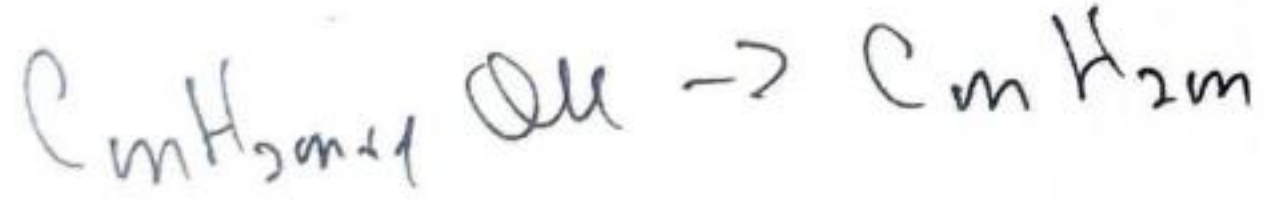
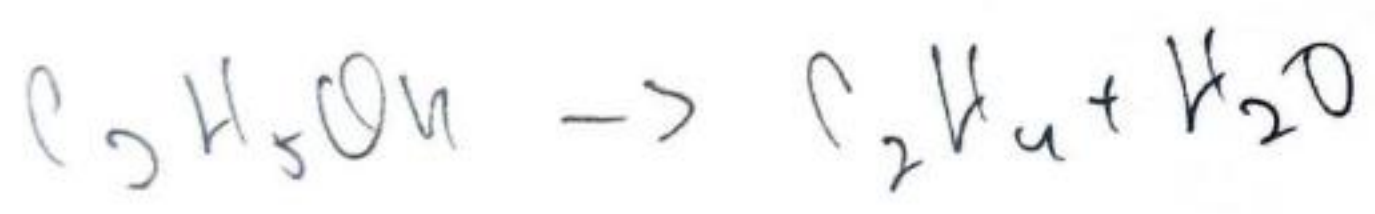
$$(14n + 18)x + (14m + 18)y = 15,9$$

$$M_{cp} = \frac{15,9}{0,3} = 53$$

сген из спиртов - EtOH (MeOH)

~~$$at MeOH. 32x + M(1-x) = 15,9 \cdot 53$$

$$(14m + 18)$$~~



$$46x + M(1-x) = 53$$

$$46x + M - Mx = 53$$

$$46x + (14m + 18)y = 15,9$$

$$x = \frac{53 - M}{46 - M}$$

$$x + y = 0,3$$

$$x(46 - M) = 53 - M$$

$$y = (0,3 - x)$$

$$x = \frac{53 - M}{46 - M}$$

$$46x + (14m + 18)(0,3 - x) = 15,9$$



$$\downarrow : 1$$

$$46$$

$$x = 0,15$$

$$c = 0$$

$$15,9 \cdot 0,3 =$$

$$15,9 = (0,3 - x)M + x \cdot 46$$

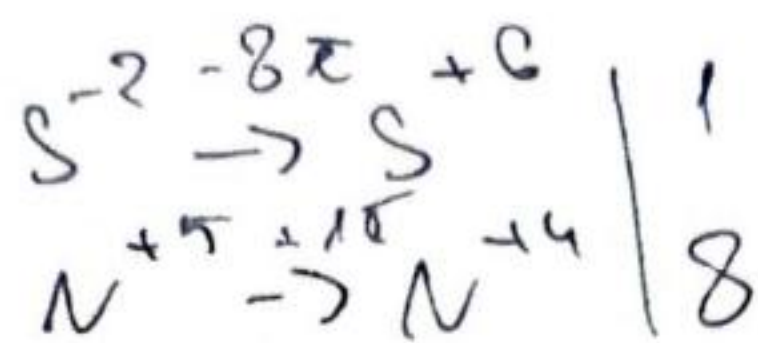
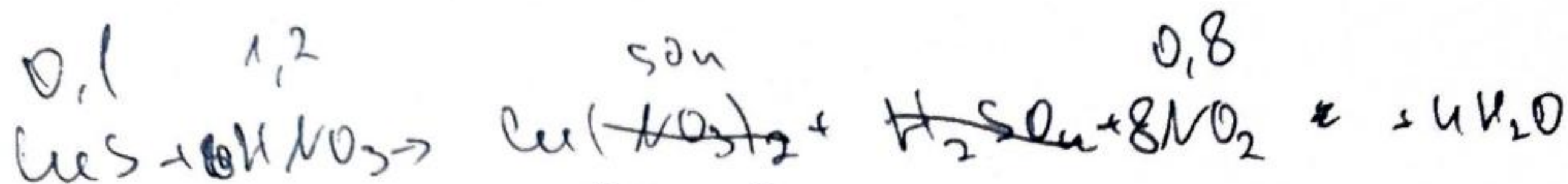
159

реакция.

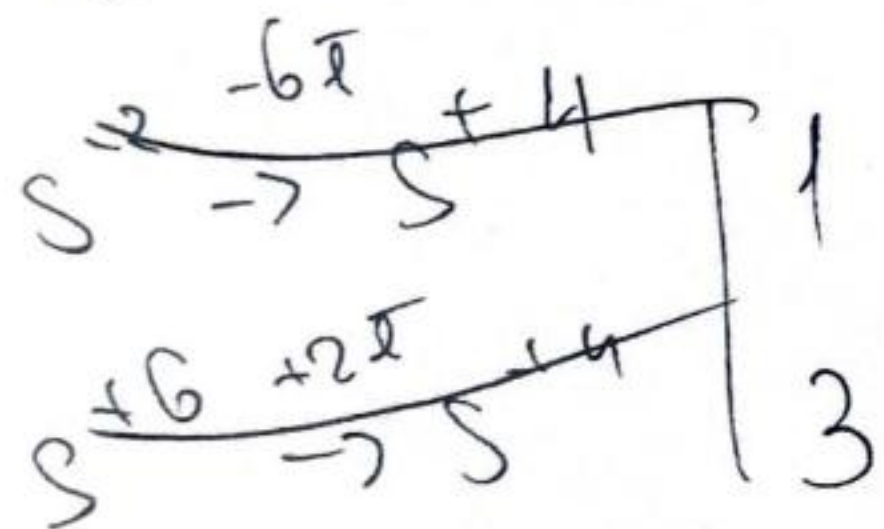
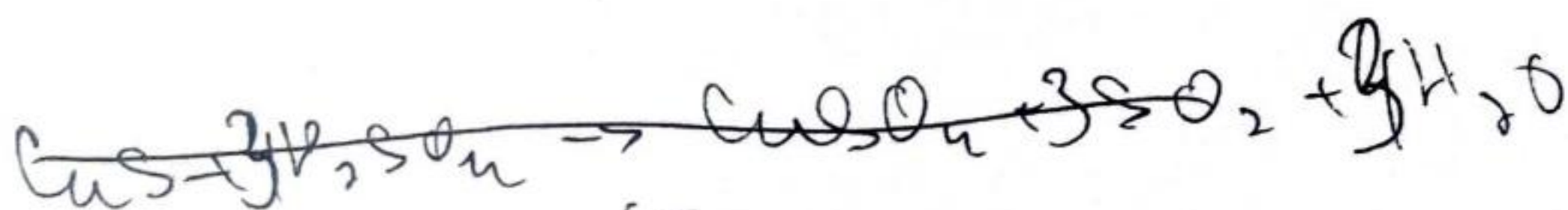
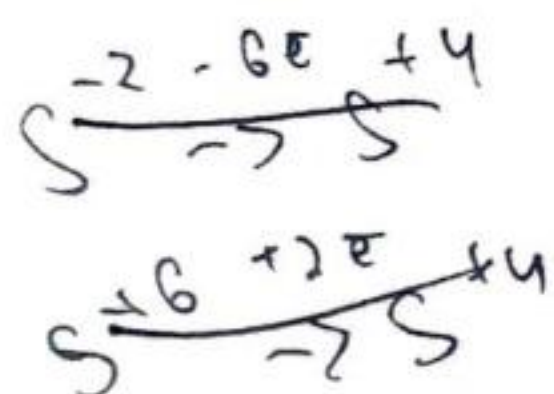
CuS

CuS

0,1 моль



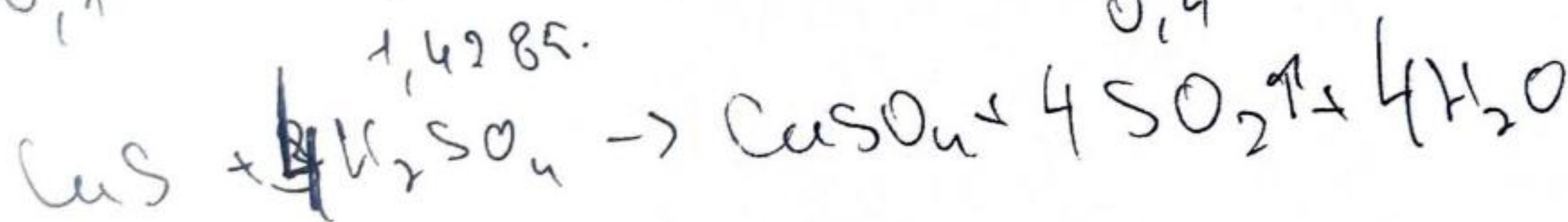
~~0,1~~



0,1

1,4285

0,4



$$m_{\text{HNO}_3} = 9,6 + 120 - 0,8 \cdot 46 = 92,8 \text{ - моль}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 9,6 \cdot 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7$$

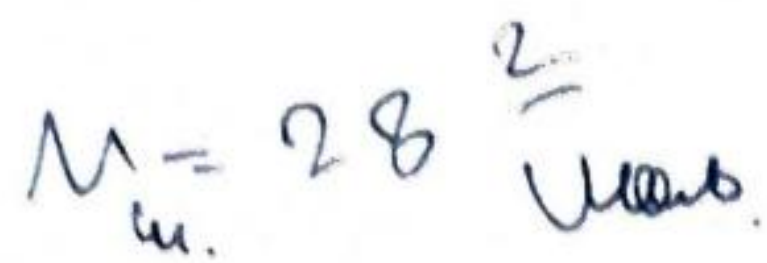
$$\sum m = 33,9$$

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

$$x = 0,14 \text{ моль} = 40\%$$

Черновик.

56



$\text{HCV}$

