



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Гутникова Маргарита Алексеевна**

Класс: **11**

Технический балл: **94**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Проверил: Музалевский В.М.

Шифр	1	2	3	4	5	6	Сумма
9456813	8	10	16	20	20	20	94

1

2 Неверный расчет концентрации. 100 моль/л!

3

4

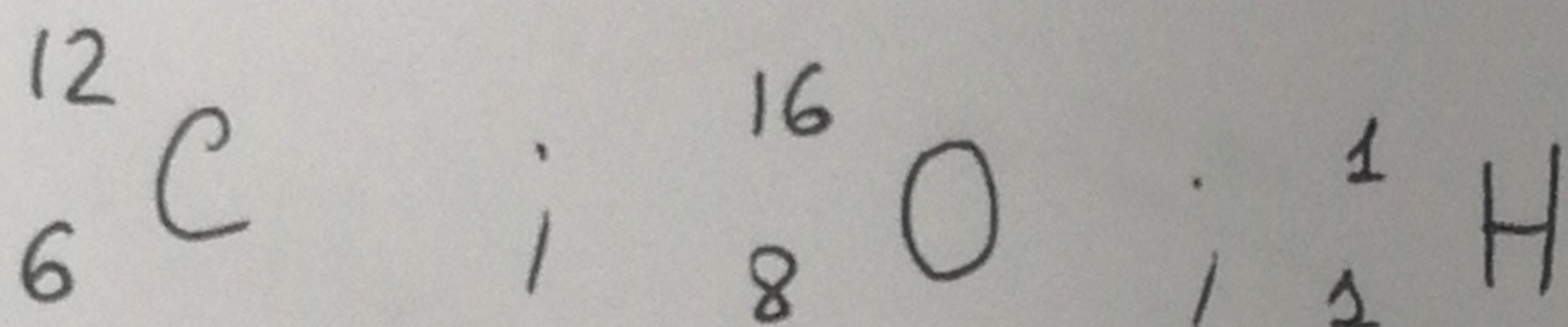
5

6

## Чистовик.

## Задача 1.

Запишем атомы с зарядовыми и массовыми числами:



Заметим, что у углерода и кислорода нейтронов столько же, сколько протонов и электронов, а вот у водорода их нет. Значит, разница  $42 - 32 = 10$  - это электроны водорода.

Соответственно, формула  $\text{C}_x\text{H}_{10}\text{O}_y$ .

Пробуем подобрать  $x$  и  $y$  так, чтобы формула имела химический смысл.

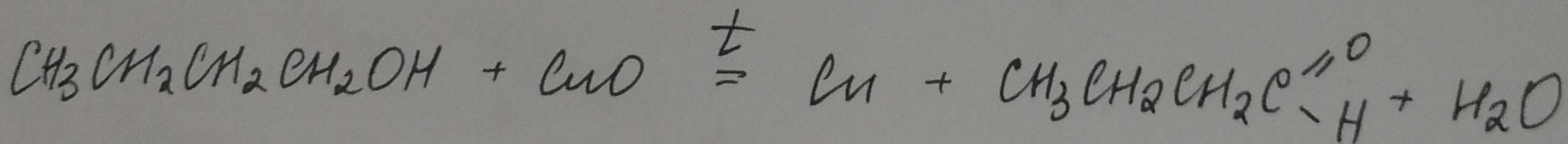
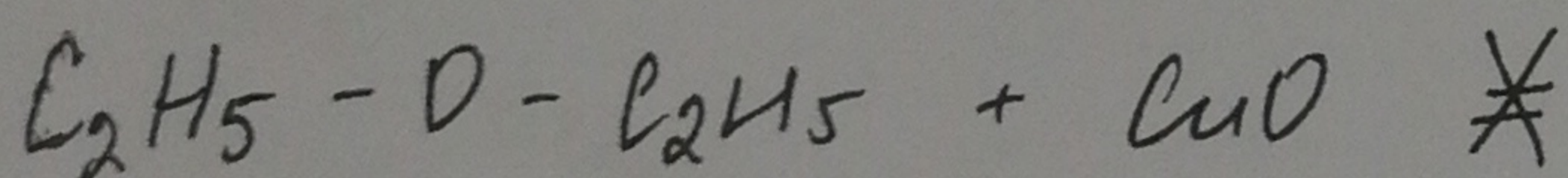
$$6x + 8y = 32, \text{ где } x \text{ и } y - \text{целые числа}$$

$$\text{При } x = 3; y = \text{нечисло}$$

$$x = 2; y = \text{нечисло}$$

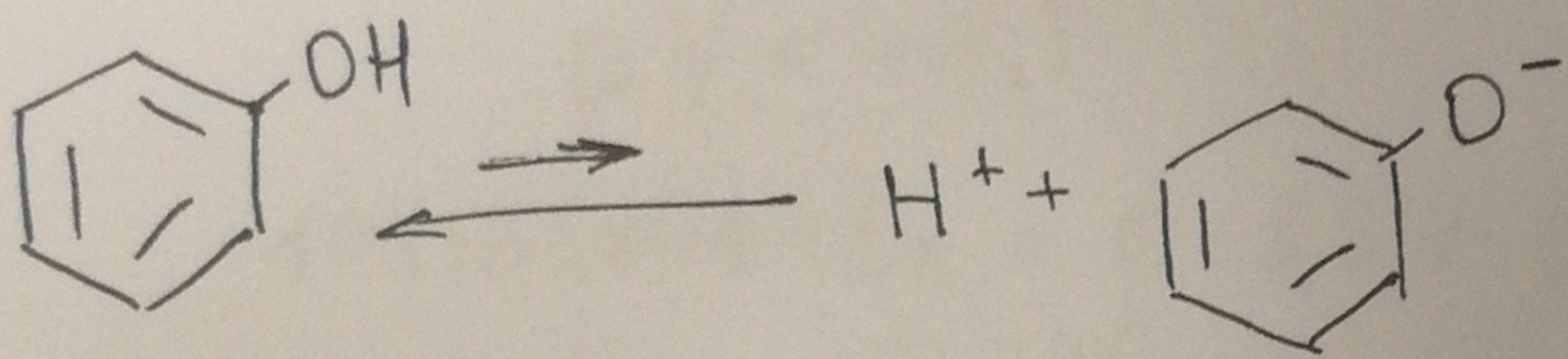
$$x = 4; y = 1 \Rightarrow \text{формула } \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$$

Это формула класса одноатомных насыщенных спиртов и их изомеров - простых эфиров. Различить их можно с помощью реакции с оксидом меди.



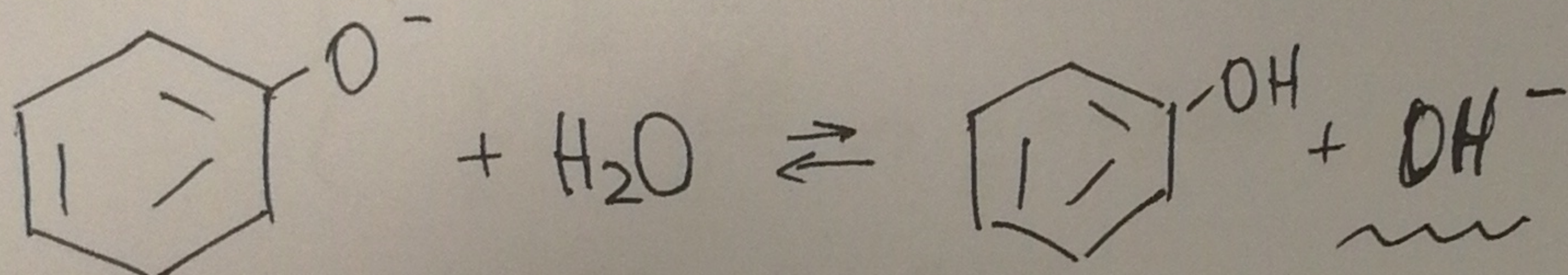
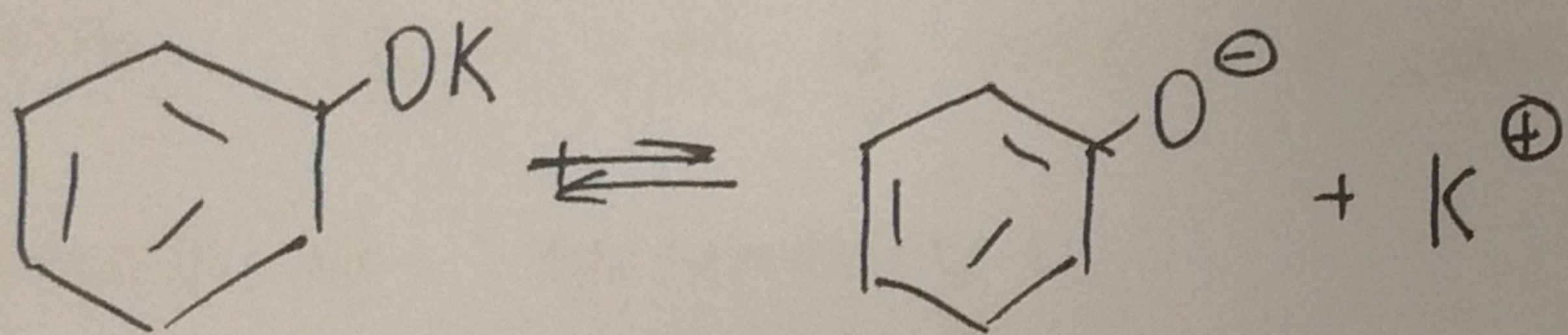
~~Анализ~~  
Задача 2.

$$pH = -\lg [H^+]$$



- уравнение диссоциации фенола

Фенолят калия в водном растворе диссоциирует по ионам:



$$pH = 11 = 14 + \lg [OH^-] \Rightarrow \lg [OH^-] = -3$$

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

$$K_A = \frac{[H^+] [O^-]}{[OH]} = 10^{-10}$$

П.к. фенол очень слабый электролит, для считаем, что степень диссоциации  $\alpha$  очень мала,  $\Rightarrow$  в  $\frac{\alpha^2}{1-\alpha} = 10^{-10}$  1- $\alpha$  мы принимаем за единицу за единицу

$$\alpha^2 = 10^{-10}$$

$$\alpha = 10^{-5}$$

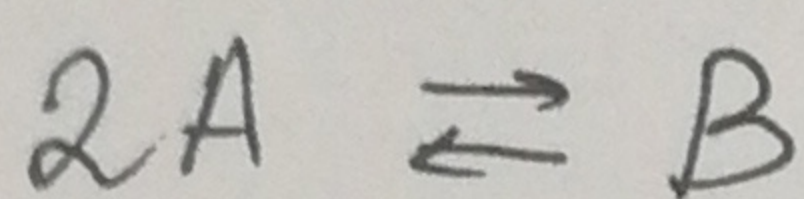
, то есть степень диссоциации фенола  $10^{-5}$

$$\xi [OH^-] = C_{изч} \cdot \alpha \Rightarrow \frac{10^{-3}}{10^{-5}} = C_{изч} \Rightarrow C_{фенолата} = 10^2 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ:  $100 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

Источники.

Задача 3.



Запишем ур-ие Клапейрона - Менделеева для смеси.

$$pV = nRT$$

$$101,325 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ л} = n \cdot 8,314 \cdot 303$$

$$n = \frac{101,325}{8,314 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

T (K)

p (кПа)

V (л)

Пусть газа А у нас x моль, газа В - y моль.

Составим систему:

$$\begin{cases} x + y = 0,04 \text{ моль} \\ \frac{y}{x} = \frac{1,86}{1} \Rightarrow y = 1,86x \end{cases}$$

$$1,86x + x = 0,04$$

$$x = 0,014 \text{ моль}$$

$$y = 0,026 \text{ моль}$$

Находим молярные доли:

$$X_A = \frac{x}{x+y} = 0,35$$

$$X_B = \frac{y}{x+y} = 0,65$$

Учитывая, что прошла реакция димеризации, можно утверждать, что  $M(B) = 2M(A)$ . Составим ур-ие:

$$X_A \cdot M(A) + X_B \cdot M(B) = 75,9 \text{ г/моль}$$

$$0,35 \cdot M(A) + 0,65 \cdot 2M(A) = 75,9 \text{ г/моль}$$

$$1,65 M(A) = 75,9$$

$$M(A) = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow A - \text{NO}_2$$

$$B - \text{N}_2\text{O}_4$$

В равновесии  $V_{\text{пр}} = V_{\text{обр}}$ .

$$V_{\text{пр}} = k_1 \cdot C_{\text{NO}_2}^2; \quad V_{\text{обр}} = k_2 \cdot C_{\text{N}_2\text{O}_4}$$

$$k_1 \cdot C_{\text{NO}_2}^2 = k_2 \cdot C_{\text{N}_2\text{O}_4}$$

$$5 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{0,014 \text{ моль}}{1 \text{ л}} \right)^2 = k_2 \cdot \frac{0,026 \text{ моль}}{1 \text{ л}}$$

$$k_2 = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль} \cdot \text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

Ответ:  $3,77 \cdot 10^{-5}$ .

## Задача 4.

Учитывая, что при дегидратации <sup>спирта</sup> при ~~130°~~ 130° получить алкен, а по условию оба алкена газообразны, можно предположить, что это 2 и 3-ий члены гомологического ряда - этанол и пропанол. Метанол не подходит, т.к. нужно минимум 2 атома углерода.

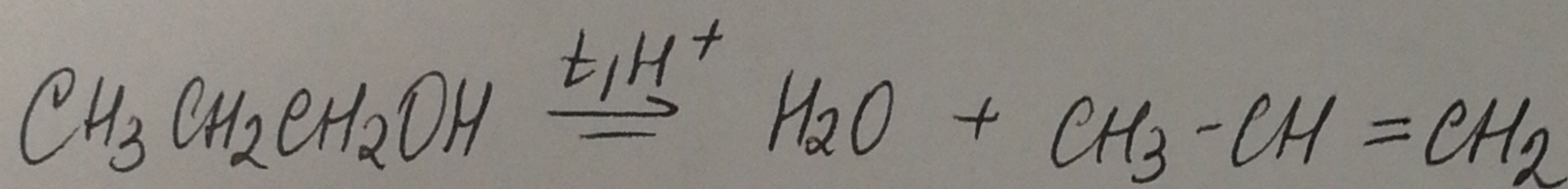
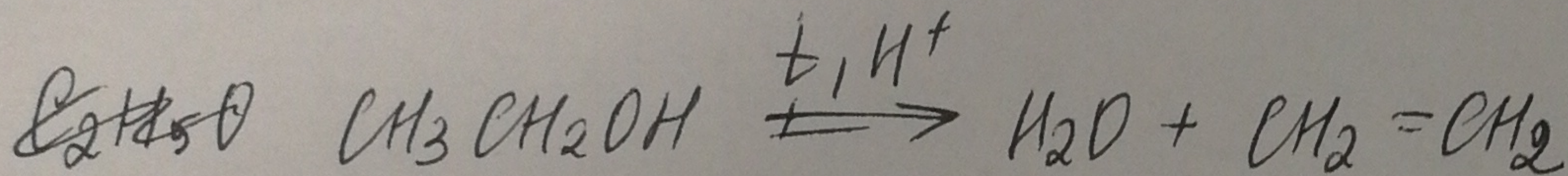
Рассчитаем  $n$  (смеси):

$$pV = nRT$$

$$101,325 \text{ кПа} \cdot 11,15 \text{ л} = n \cdot 8,314 \cdot 453$$

Найдем  $p$  см:

$$n = 0,3 \text{ моль - смеси алкенов}$$



Пусть этанола  $x$  моль, пропана -  $y$  моль, тогда

$$V(\text{этанола}) = V(\text{этилена}) = x \text{ моль}$$

$$V(\text{пропанола}) = V(\text{пропена}) = y \text{ моль}$$

Составим систему:

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \end{cases}$$

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

$$\begin{matrix} \nearrow & \nearrow \\ M(\text{этанола}) & M(\text{пропанола}) \end{matrix}$$

$$46 + 18 - 60x = 15,9$$

$$2,1 = 14x$$

$$x = 0,15 \Rightarrow m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 6,9 \text{ г}$$

$$y = 0,15$$

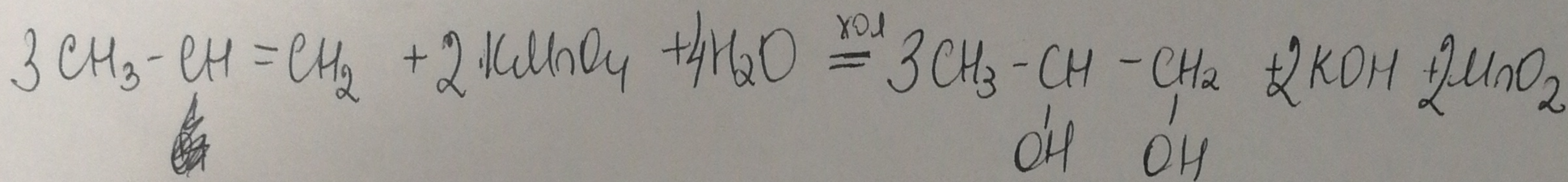
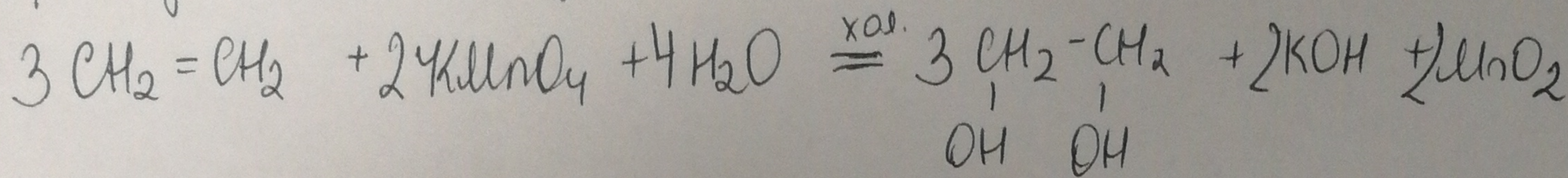
$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 9 \text{ г}$$

$$W(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{6,9}{15,9} \cdot 100\% = 43,4\%$$

$$W(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 100 - 43,4 = 56,6\%$$

Задача 4.

При добавлении холодного  $KMnO_4/aqua$  протекает реакция Ваткеера.



$$V(KMnO_4)_1 = \frac{2}{3} V(CH_2=CH_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$V(KMnO_4)_2 = \frac{2}{3} V(CH_3-CH=CH_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$V(KMnO_4)_{общ} = 0,2 \text{ моль}$$

$$a \text{ л} - 0,2 \text{ моль}$$

$$1 \text{ л} - 0,4 \text{ моль}$$

⇓

$$a = 0,5 \text{ л}$$

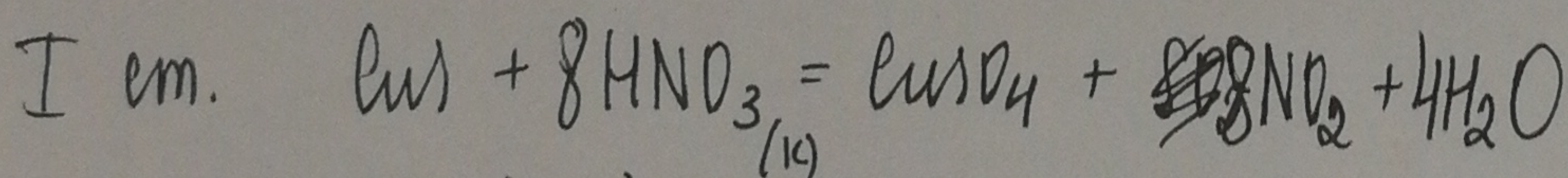
Ответ: 500 мл водного  $KMnO_4$ .

Задача 5.

$$\left[ \begin{array}{l} CuS \\ 9,6 \text{ г} \end{array} \right] \text{ I}$$

$$\left[ \begin{array}{l} CuS \\ 9,6 \text{ г} \end{array} \right] \text{ II}$$

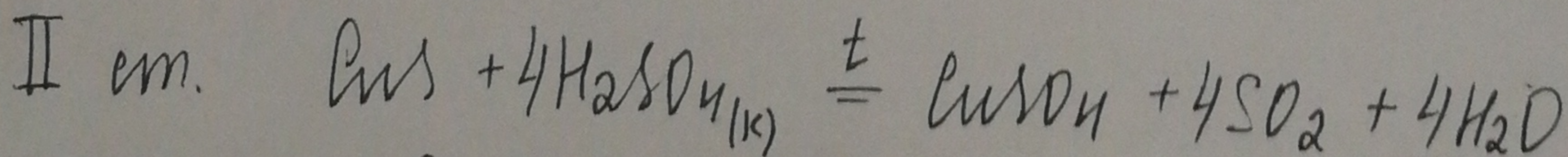
$$V(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$



$$m_{ост} = m(CuS) + m(HNO_3) - m(NO_2) =$$

$$= 9,6 + 120 - 8V(CuS) \cdot M(NO_2) =$$

$$= 129,6 - 0,8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г}$$



$$m_{ост} = m(CuS) + m(H_2SO_4) - m(SO_2) = 9,6 + 142,7 -$$

$$- 4V(CuS) \cdot M(SO_2) = 152,3 - 0,4 \cdot 64 = 126,7 \text{ г}$$

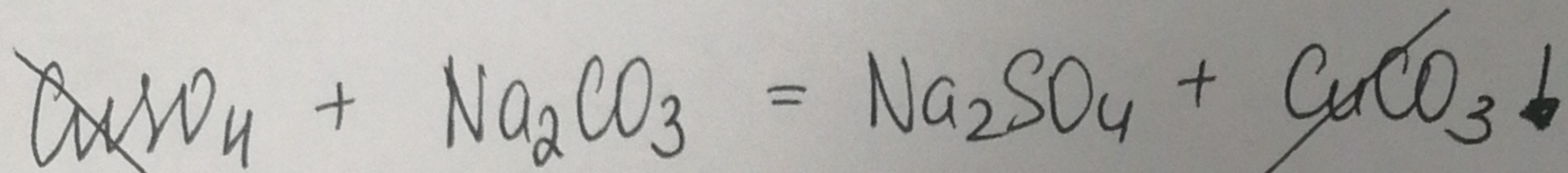
$$\Delta(m_{II} - m_{I}) = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$$

Чистовик.

Задача 5.

то есть, масса такая, куда налили азотную кислоту, меньше на 33,9 г. Значит, карбонат натрия добавили в нее.

~~Поскольку если добавлено в стакан с ~~вещью~~~~



Пусть мы добавили  $x$  моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

~~$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$~~

~~$$33,9 = m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CuCO}_3)$$~~

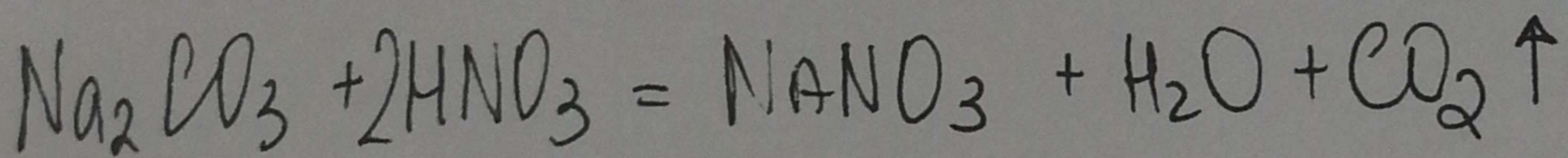
~~$$33,9 = 286 \cdot x + 124 \cdot x$$~~

~~$$33,9 = 410x$$~~

~~$$x = 0,0827 \text{ моль}$$~~

~~$$m(\text{кр-шурата}) = 286x = 23,647 \text{ г}$$~~

~~Ответ: 23,65 г.~~



Пусть мы добавили  $x$  моль кр-шурата.

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \text{ моль}$$

Из раствора ушло  $44x$  г газа, но прибавилось  $286x$  г кр-шурата.

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

$$\Delta m \uparrow \quad 242x = 33,9$$

$x = 0,14$  моль - чтобы уравновесить чашу.

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

Ответ: 40 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  нужно добавить.



Источник.

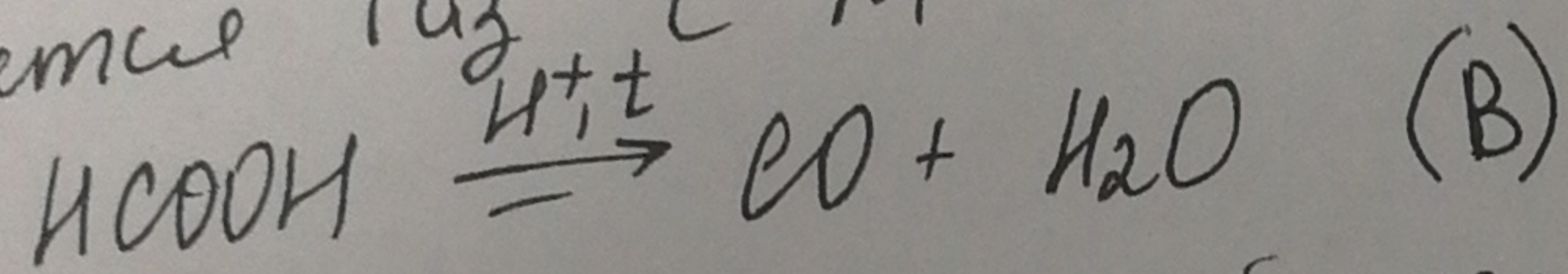
Задача 6.

$$D(\text{см})_{\text{O}_2} = 0,875 \Rightarrow M(\text{см})_{\text{ср}} = M(\text{O}_2) \cdot 0,875 = 28 \text{ г/моль}$$

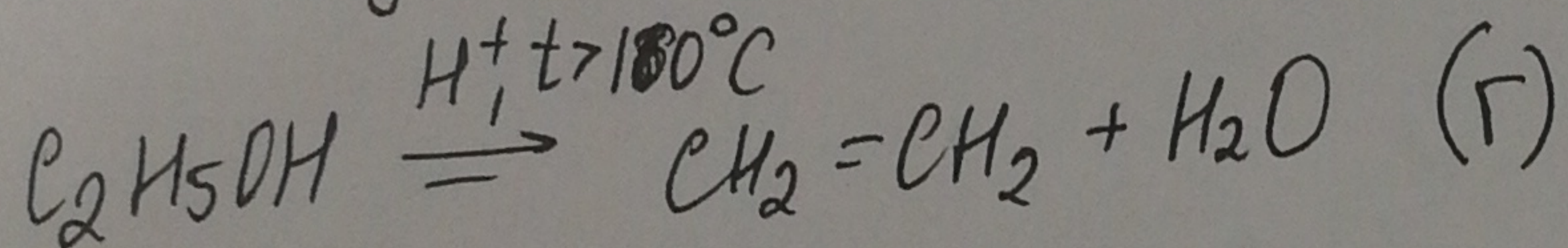
Учитывая, что молярное /объемное соотношение газов в смеси посчитать вряд ли удастся, т.к. отсутствуют данные, предположим, что молярная масса каждого из газов в смеси равна 28 г/моль.

Такие соединения А и Б - это скорее всего органические вещества. Также можно предположить, что речь идет об органических в-вах, поскольку упомянута реакция со свежеосажденным  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , то есть, D - вероятно, альдегид.

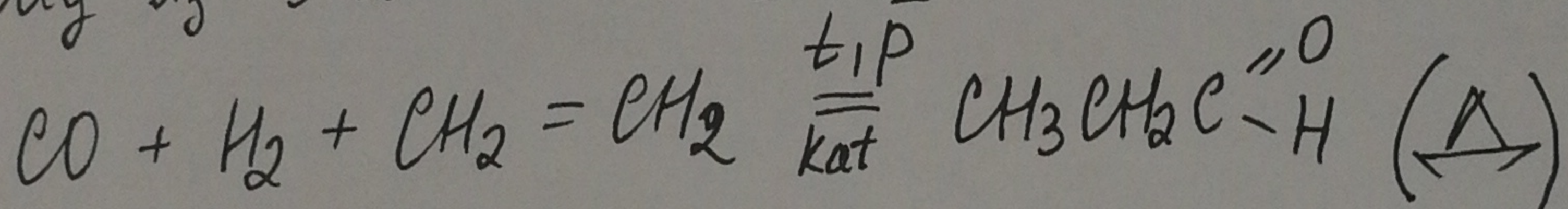
Одно из в-в А и Б - кислота, при обработке которой  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к})$  выделяется газ с M 28 г/моль. А -  $\text{HCOOH}$ , муравьиная к-та.



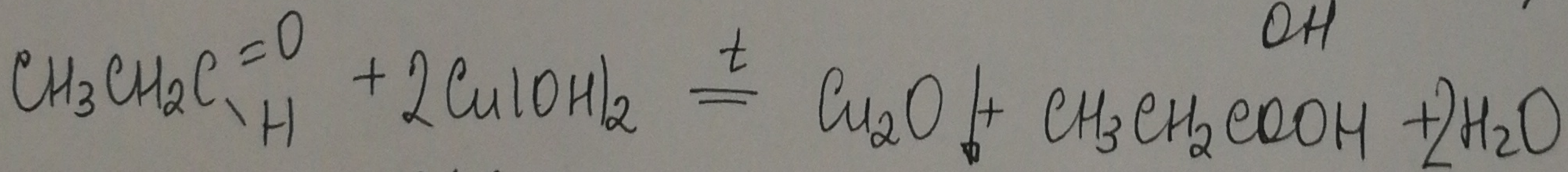
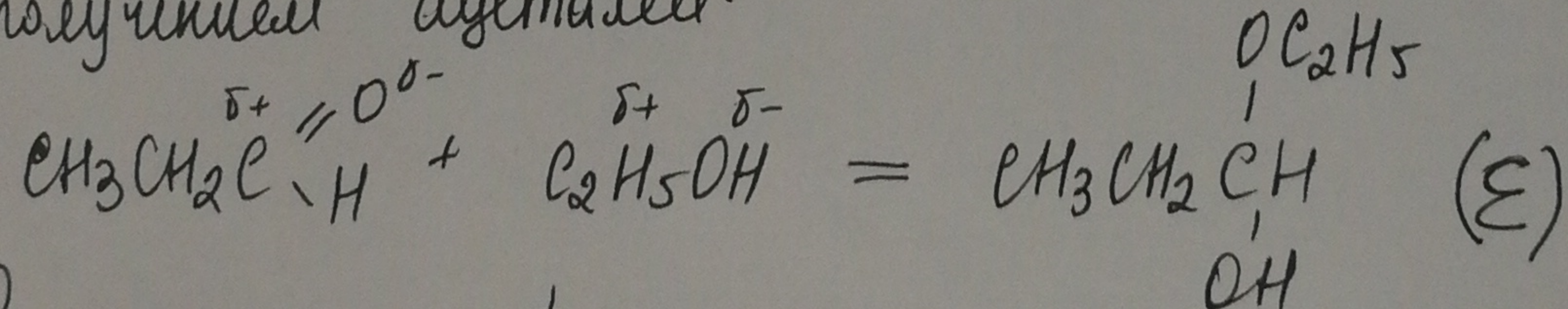
Второй углеродсодержащий газ с M 28 г/моль - это этилен. Его можно получить из этанола.



D - альдегид из 3 атомов C ( $\text{CO} + \text{C}_2\text{H}_4$ ),  $\Rightarrow$  пропаналь



Реакция альдегида со спиртом - реакция присоединения по карбонильной группе с получением ацеталей.

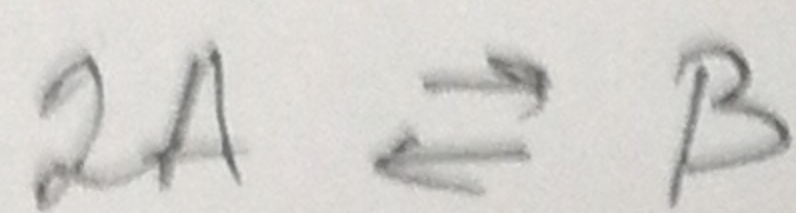


$$n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{21,6 \text{ г}}{144 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{H}) = 0,15 \text{ моль}; \quad m(\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{H}) = 0,15 \cdot 58 \text{ г/моль} = 8,7 \text{ г}$$

Ответ: 8,7 г.

~~Черновик~~  
Черновик.



$pV = nRT$

$\rho_{\text{ок}} = \frac{V}{n \cdot T}$

$pV = nRT$

$1,86 \cdot B + 1 \cdot A = 75,9$  2.

$101,325 \text{ кПа} \cdot 1\text{л} = n \cdot 8,314 \cdot 303$

$n = 0,04 \text{ моль}$

пусть A - x моль

B - y моль

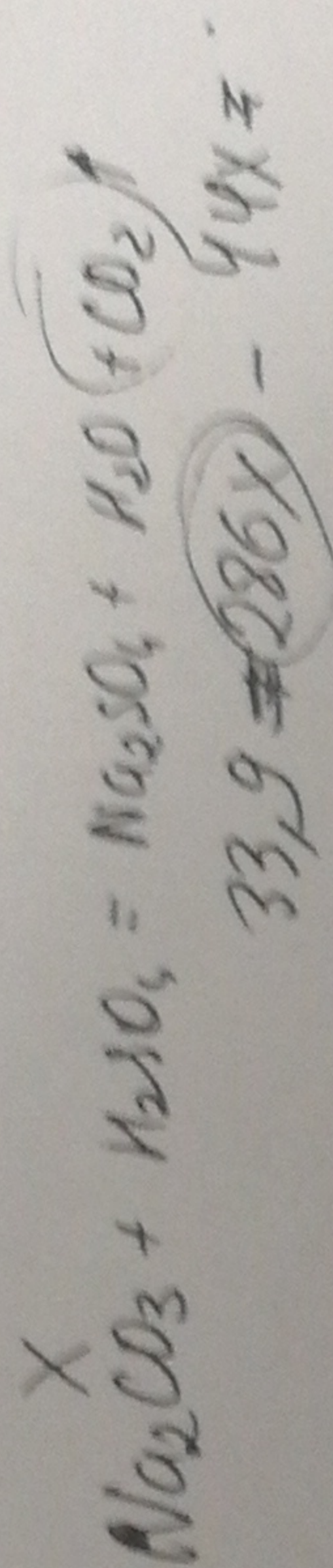
$\begin{cases} 1,86x + y = 0,04 \\ \frac{y}{x} = \frac{1,86}{1} \end{cases}$

$y + x = 0,04$

$2,86x = 0,04$

$x = 0,014 \text{ моль} \quad 35\%$

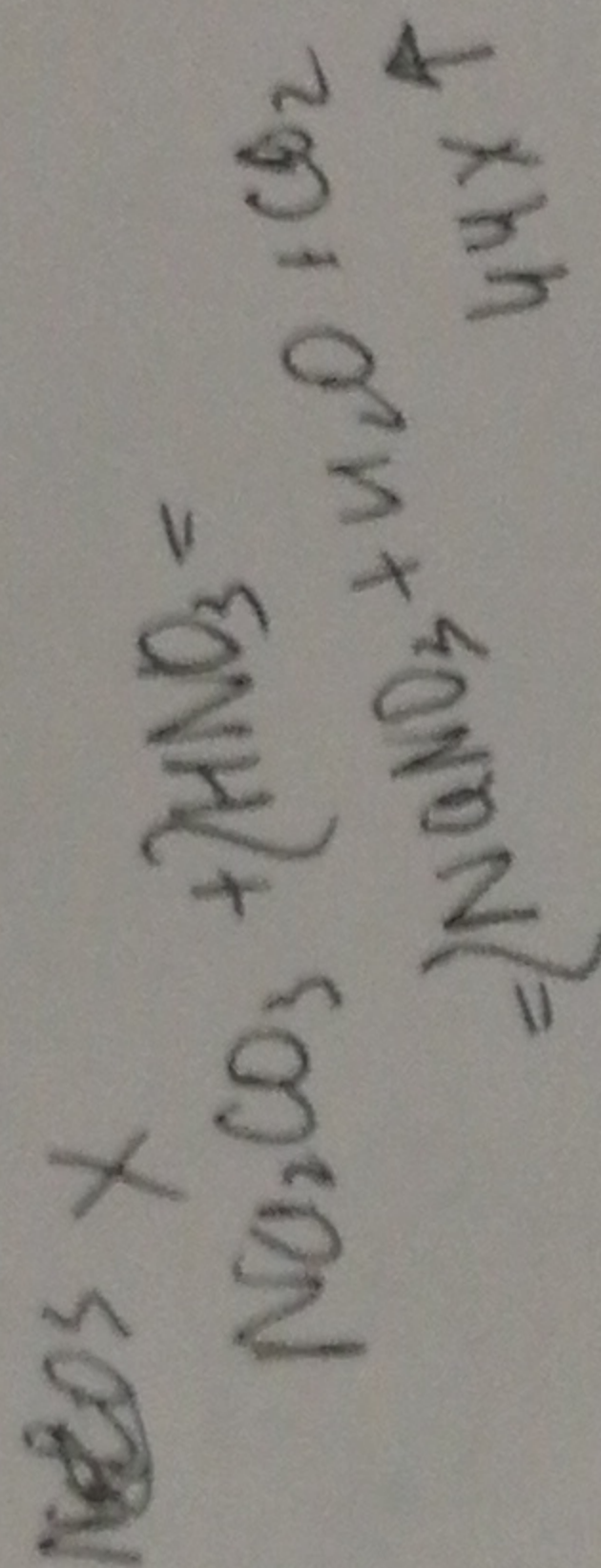
$y = 0,026 \text{ моль} \quad 65\%$



$33,9 + 286x = 44x$

$33,9 + 44x = 286x$

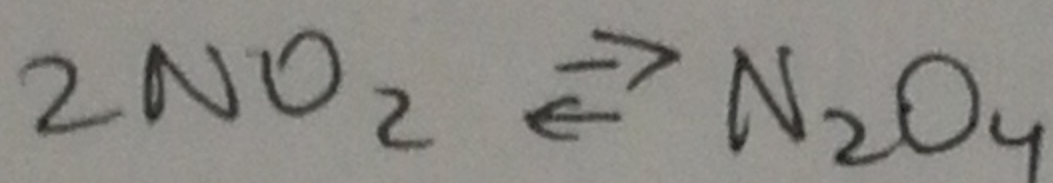
$242x = 33,9$



$A \cdot 0,35 + 2A \cdot 0,65 = 75,9$

$1,65A = 75,9$

$A = 46 \text{ г/моль} \quad (\text{NO}_2)$



$V_{\text{р-ми}} = 5 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{C \cdot t} = \frac{1}{9}$

$C_{\text{н}} \text{H}_{2\text{н}} \text{O}$   
 $C_{\text{н}} \text{H}_{2\text{н}+2} \text{O}$

$V_{\text{р-ми}} = k \cdot C(\text{NO}_2)^2$

В равновесии  $V_1 = V_2 \Rightarrow$

$k_1 \cdot C(\text{NO}_2)^2 = k_2 \cdot C(\text{N}_2\text{O}_4)$

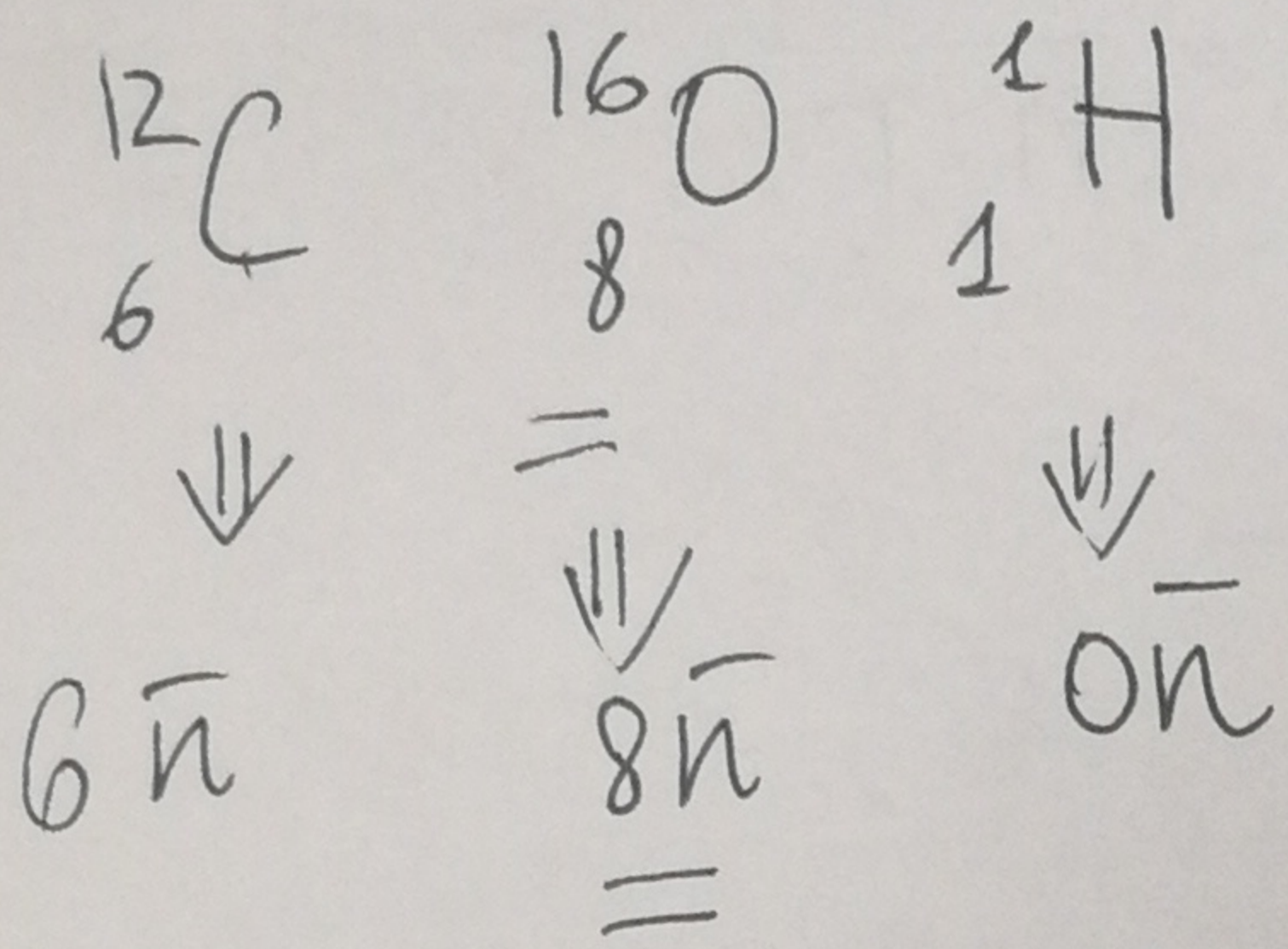
$0,014^2 = 0,026$

$9,8 \cdot 10^{-7} = k_2 \cdot 0,026 \cdot 2,6 \cdot 10^{-2}$

$3,44 \cdot 10^{-5}$

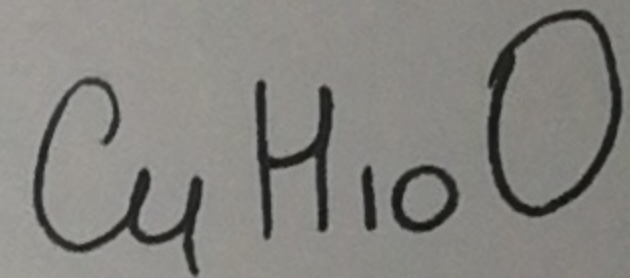
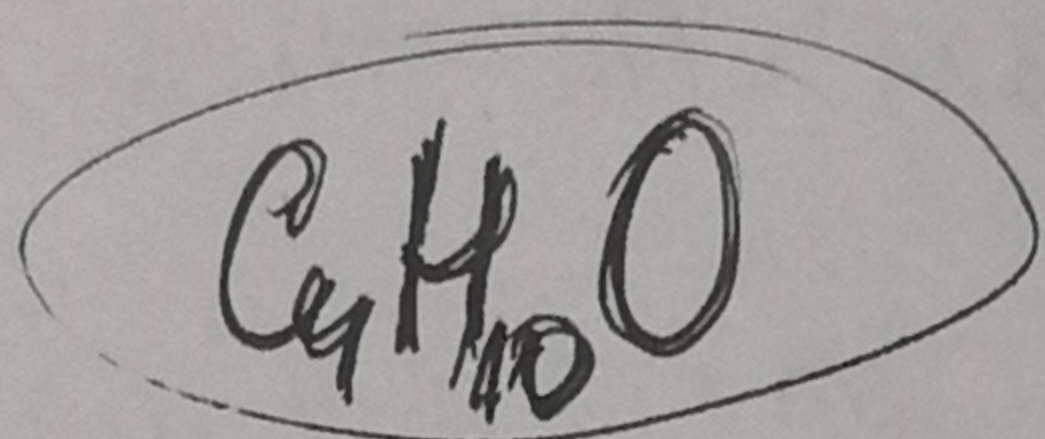
Черновик.

①

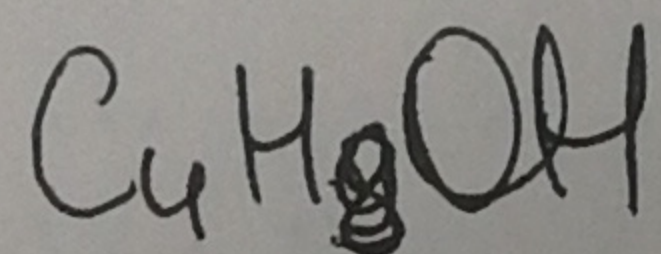
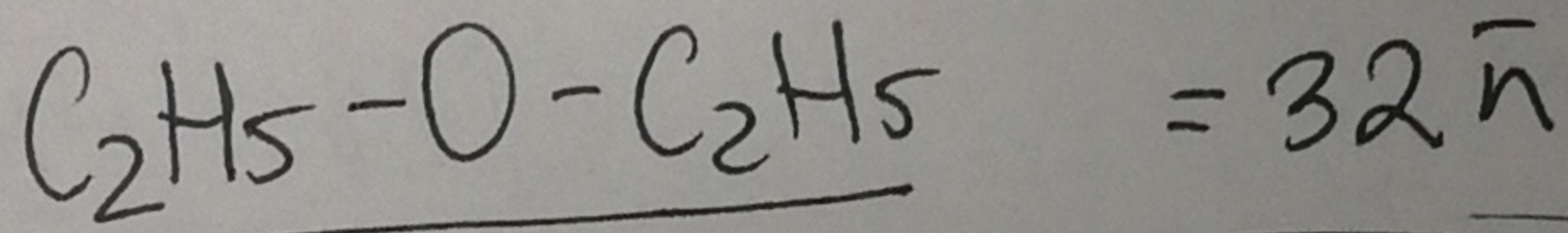


④② электрона  
32 нейтрона

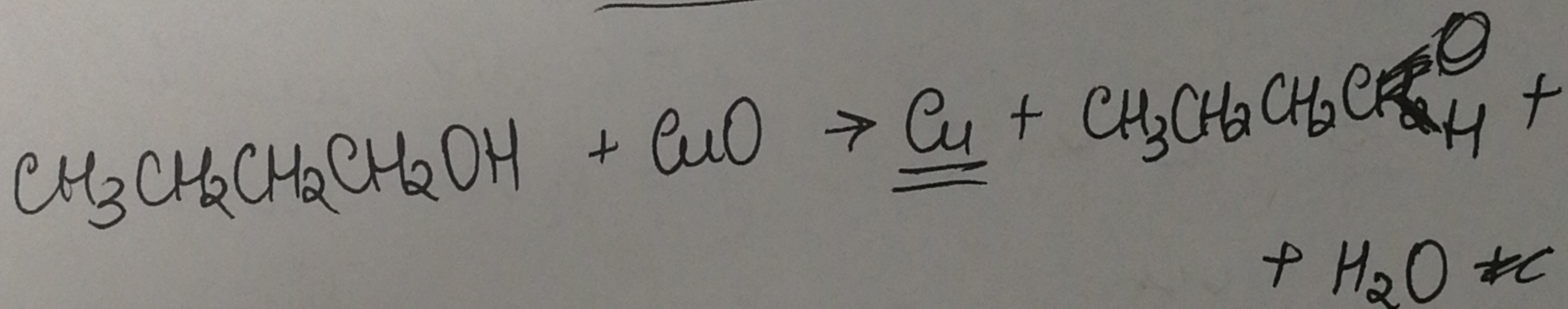
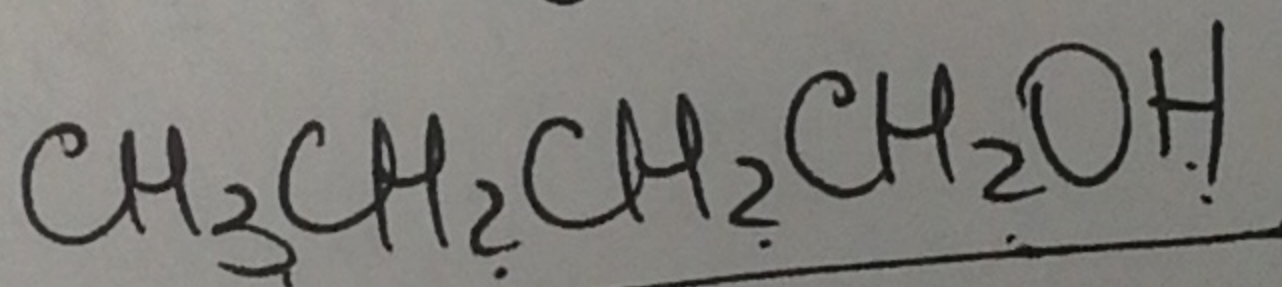
$32 - 8 = 24$   
 $\text{C}_4\text{H}_x\text{O}$



$4 \cdot 6 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 1 =$



$4 \cdot 6 + 10 \cdot 1 +$



②

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

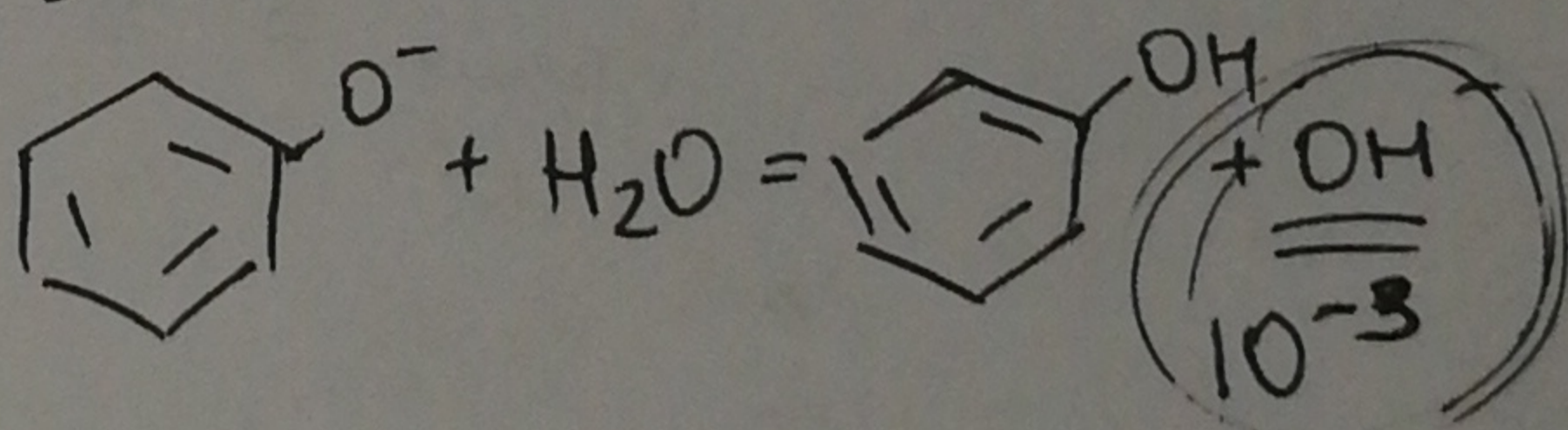
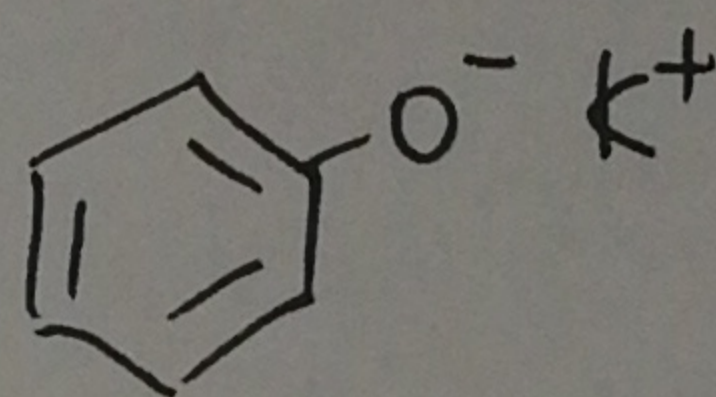
$[\text{H}^+] = \frac{K_a}{[\text{OH}^-]} - 11 =$

$-11 = \lg \frac{K_a}{[\text{OH}^-]}$

$10^{-11} = \frac{10^{-10}}{[\text{OH}^-]}$

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

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



$K_A = [\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]$

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

$11 = \lg \frac{K_a}{[\text{OH}^-]}$

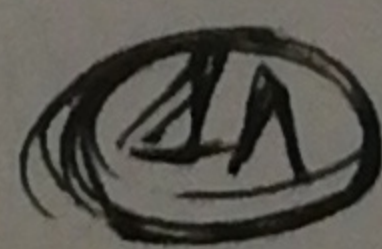
$K_A = [\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]$

$10^{-10} = 10^{-11} \cdot [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]$

$\frac{\alpha^2}{1-\alpha} = 10^{-10}$

$\alpha^2 = 10^{-10}$   
 $\alpha = 10^{-5}$

$10 = [\dots]$



$10 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

$\alpha^2 = 10^{-10}$   
 $\alpha^2 + 10^{-10} \alpha - 10^{-10} = 0$   
 $\alpha_1 + \alpha_2 = 10^{-10}$   
 $\alpha_1 \alpha_2 = -10^{-10}$

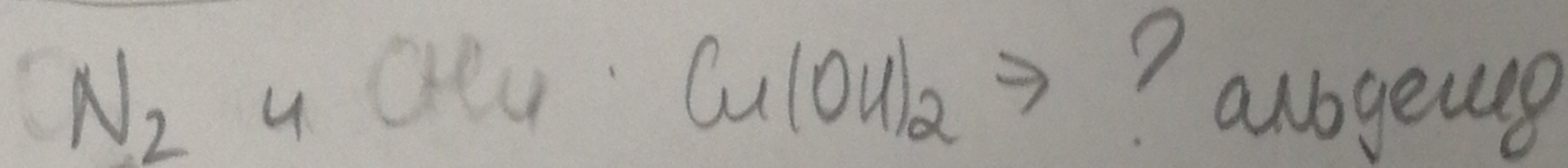
№6.

$D (CO)_{O_2} = 0,825$

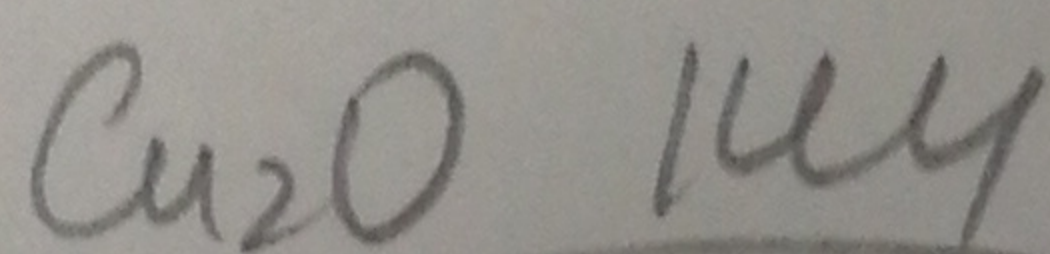
A / Б - кислота

$M_{см} = 28 \text{ г/моль}$

В -  $SO_2$

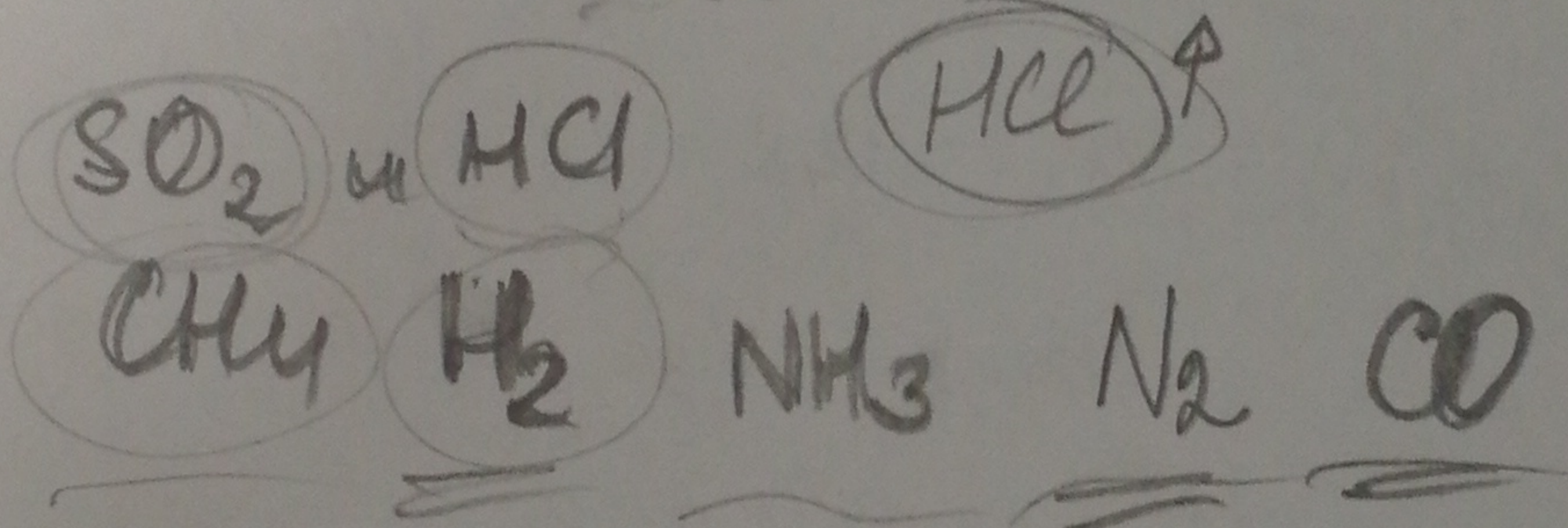
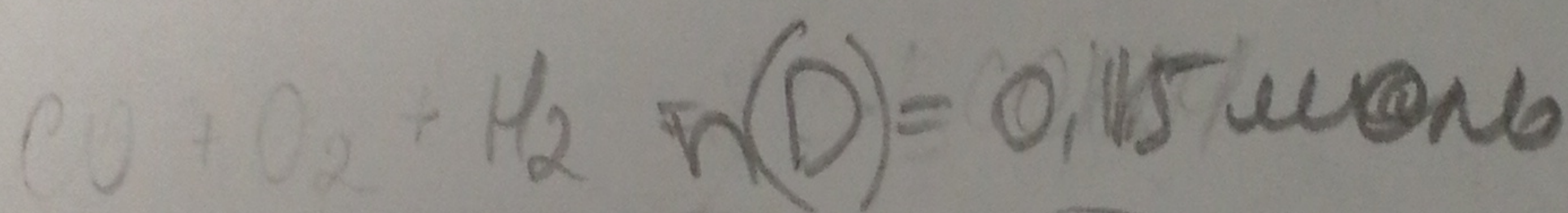
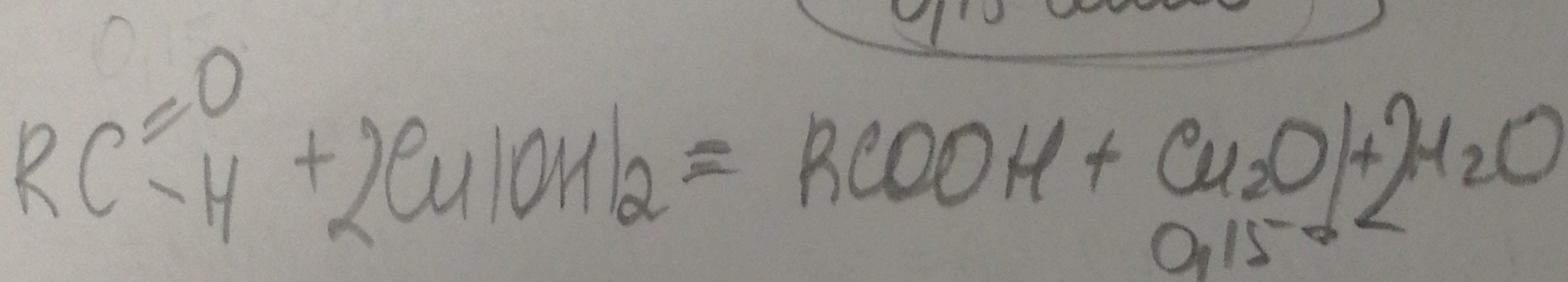


Г -  $Br_2$  ?

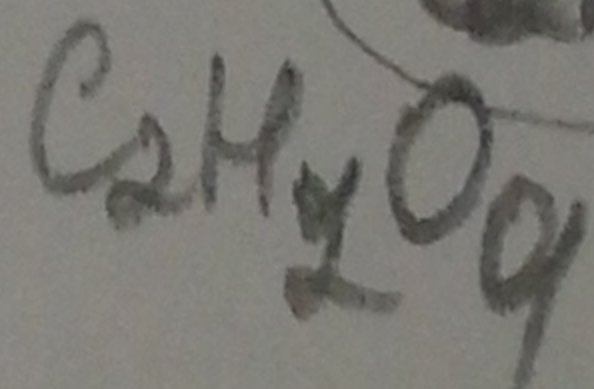
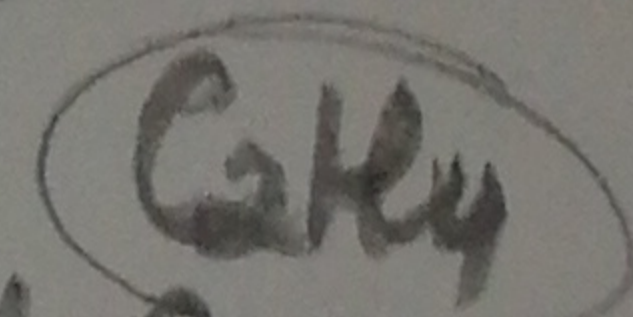
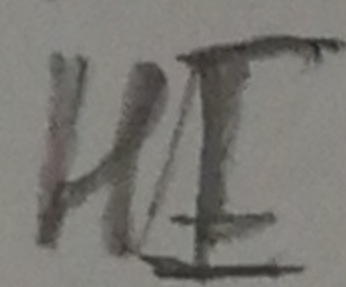
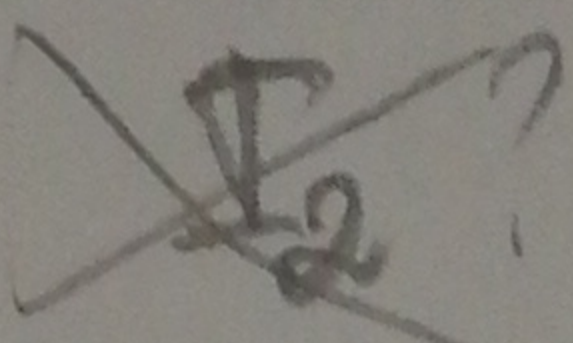
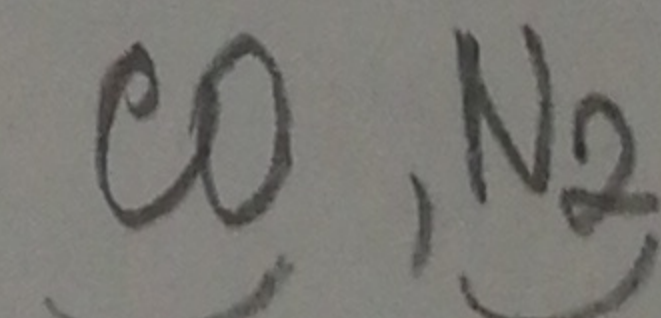
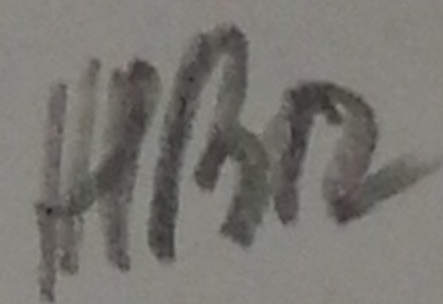
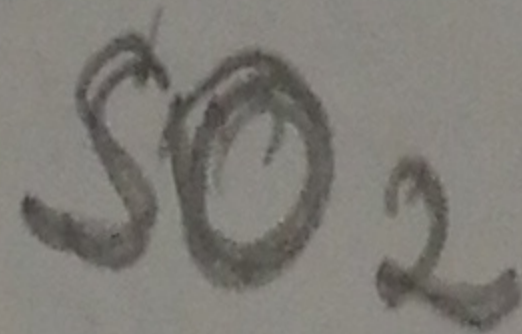
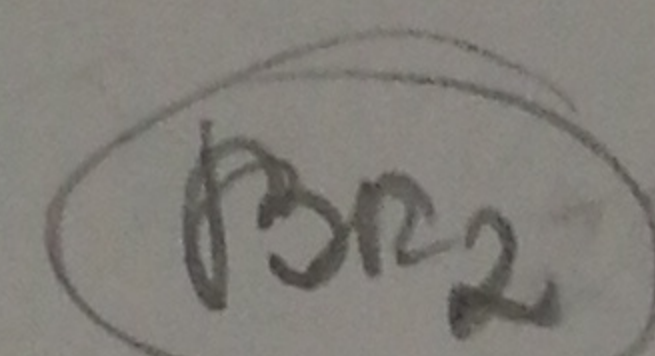


Д ?

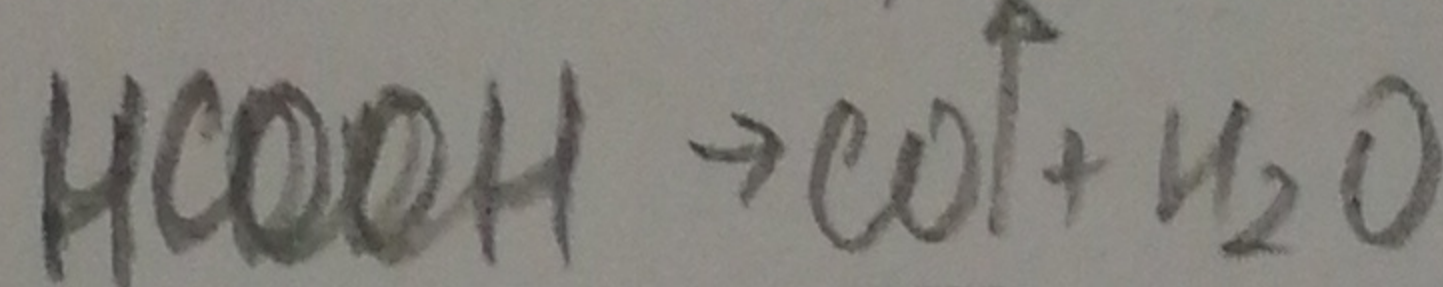
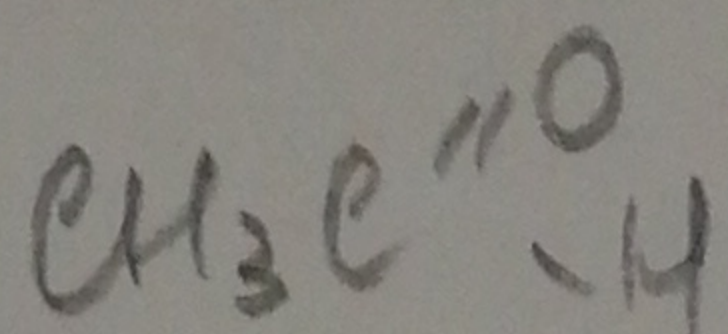
$0,15 \text{ моль}$



28 г/моль - плотность смеси

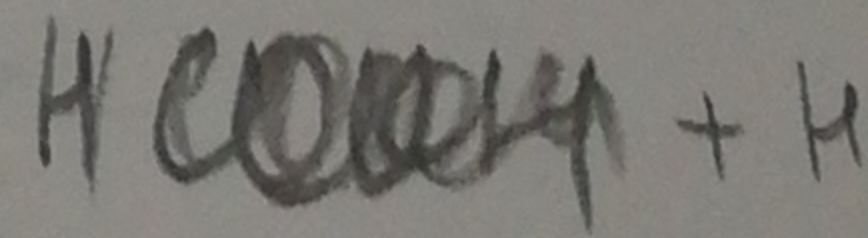
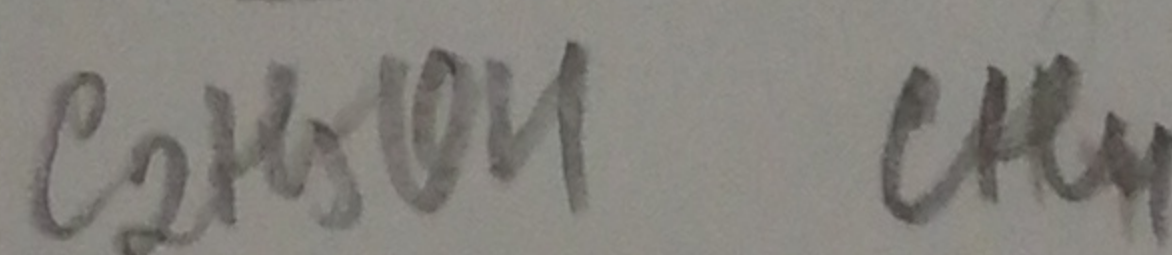


А -

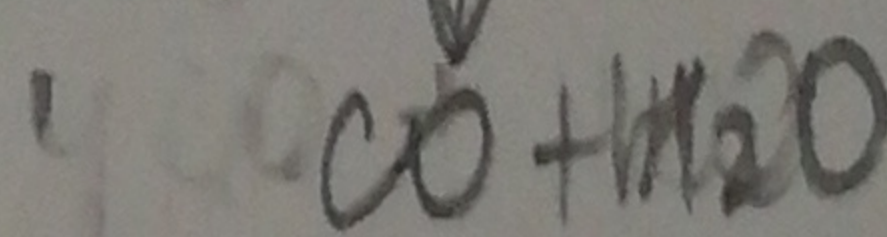
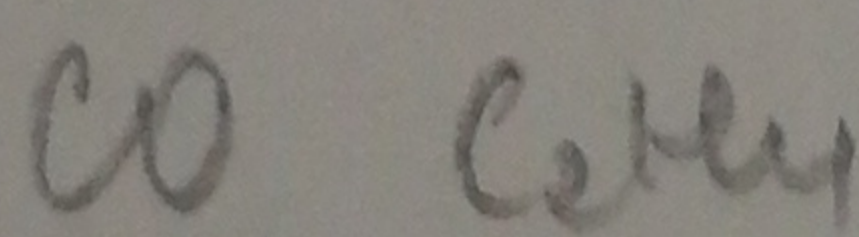


Б -

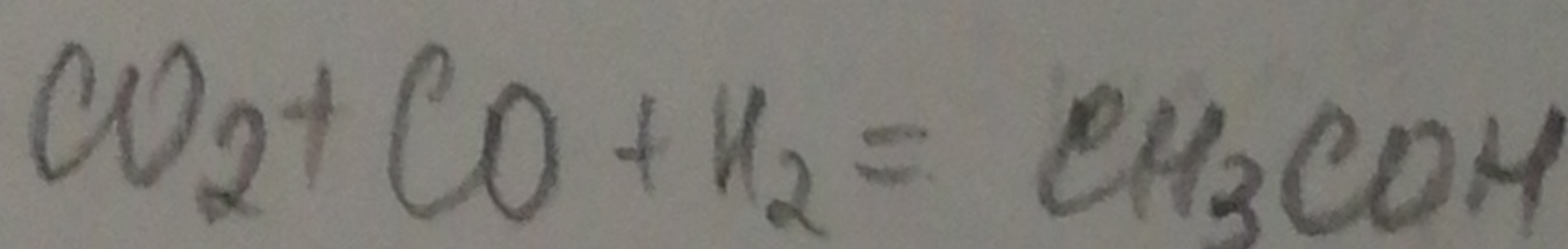
В -



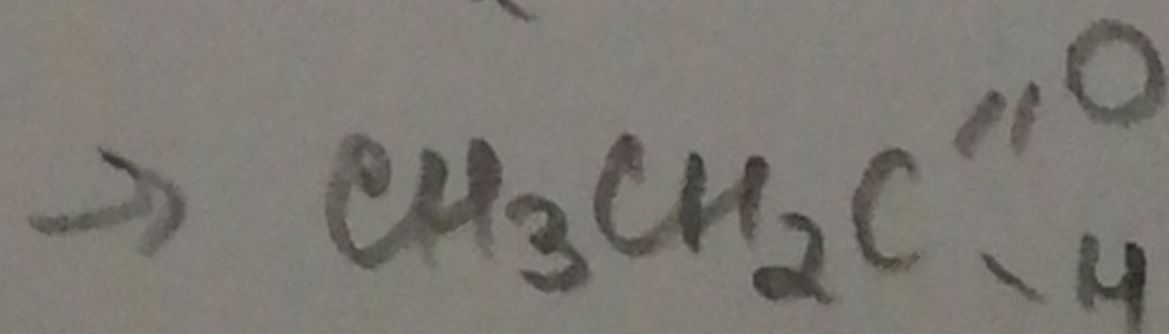
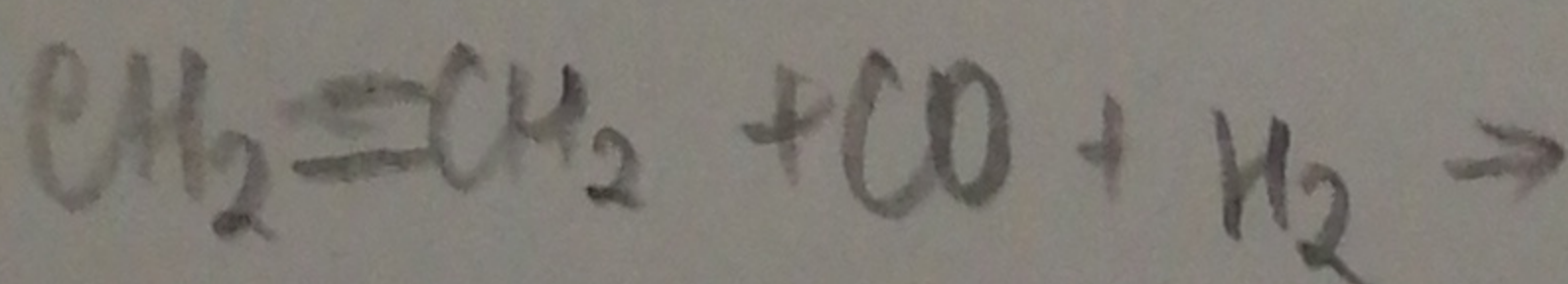
Г -

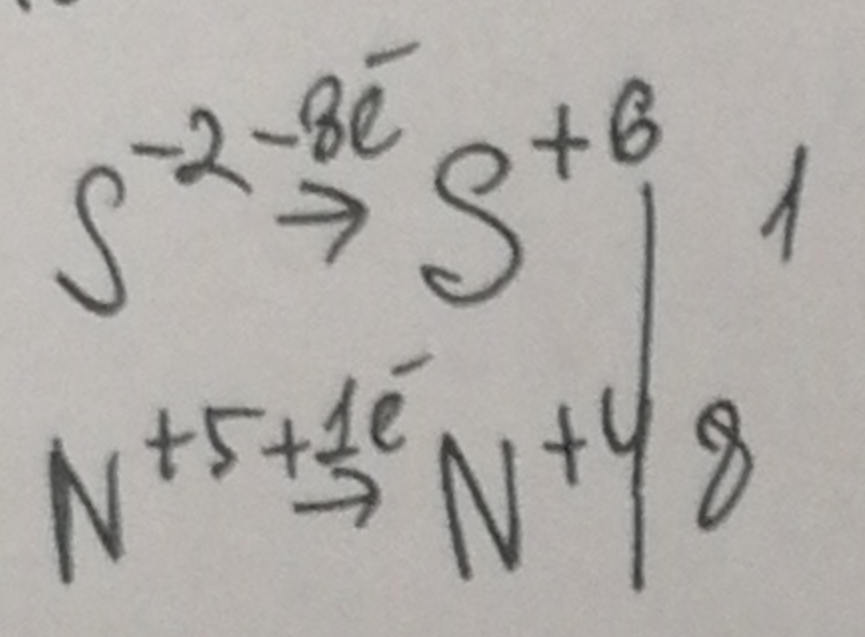
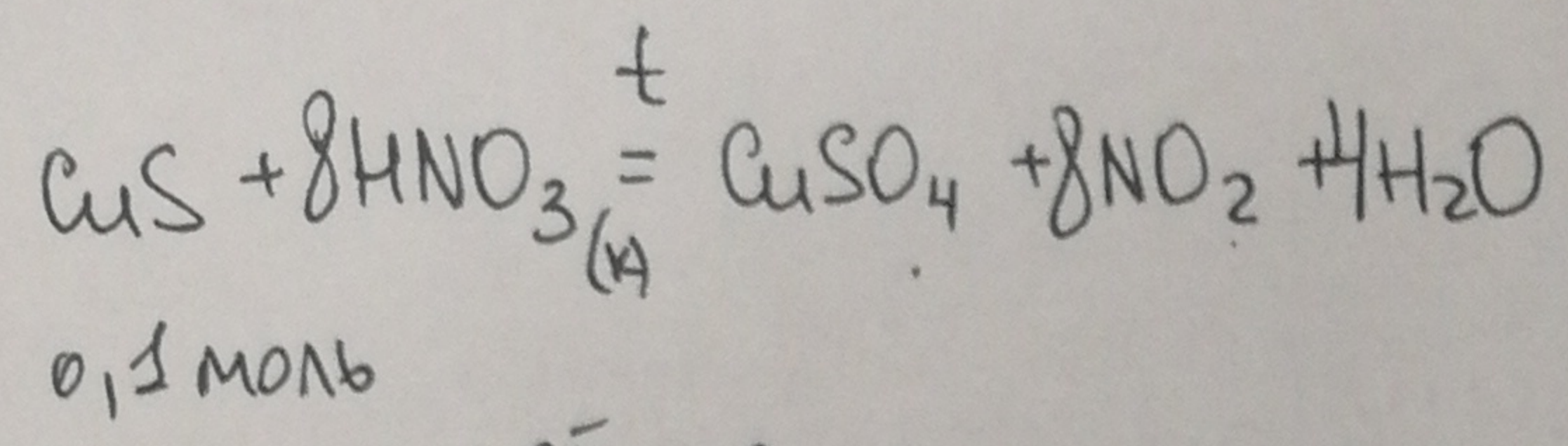
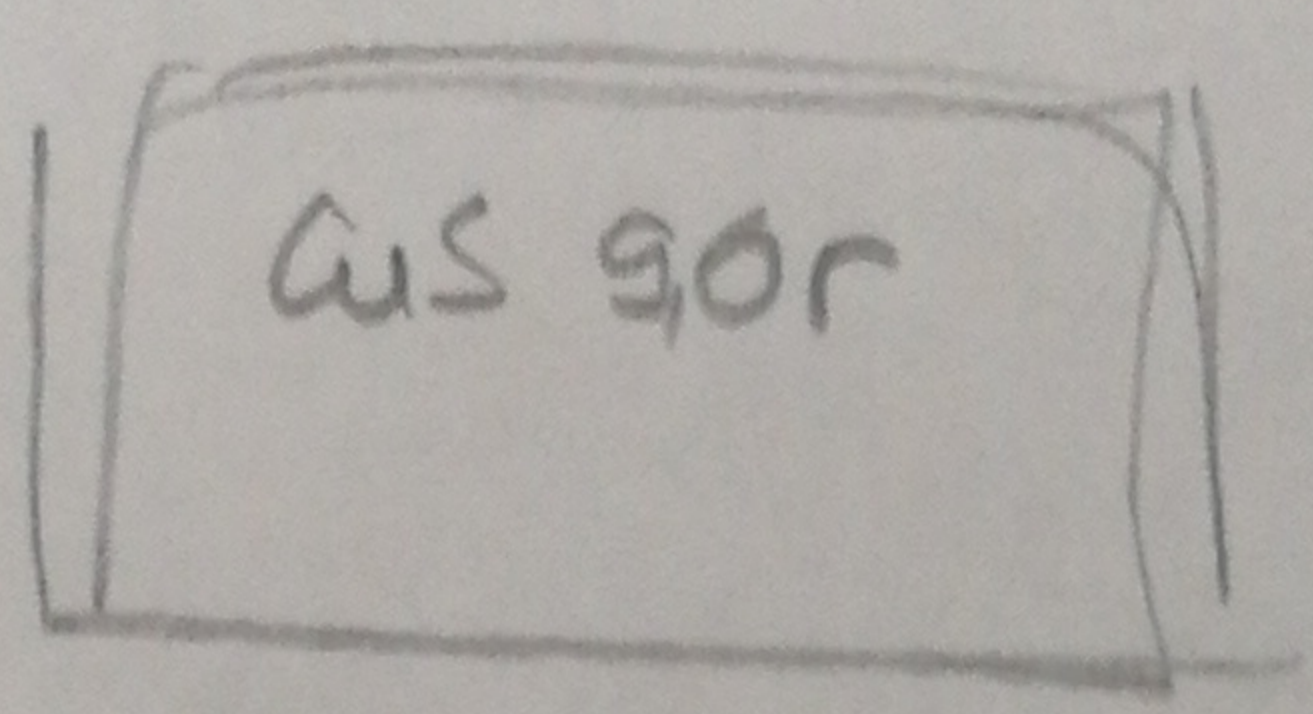
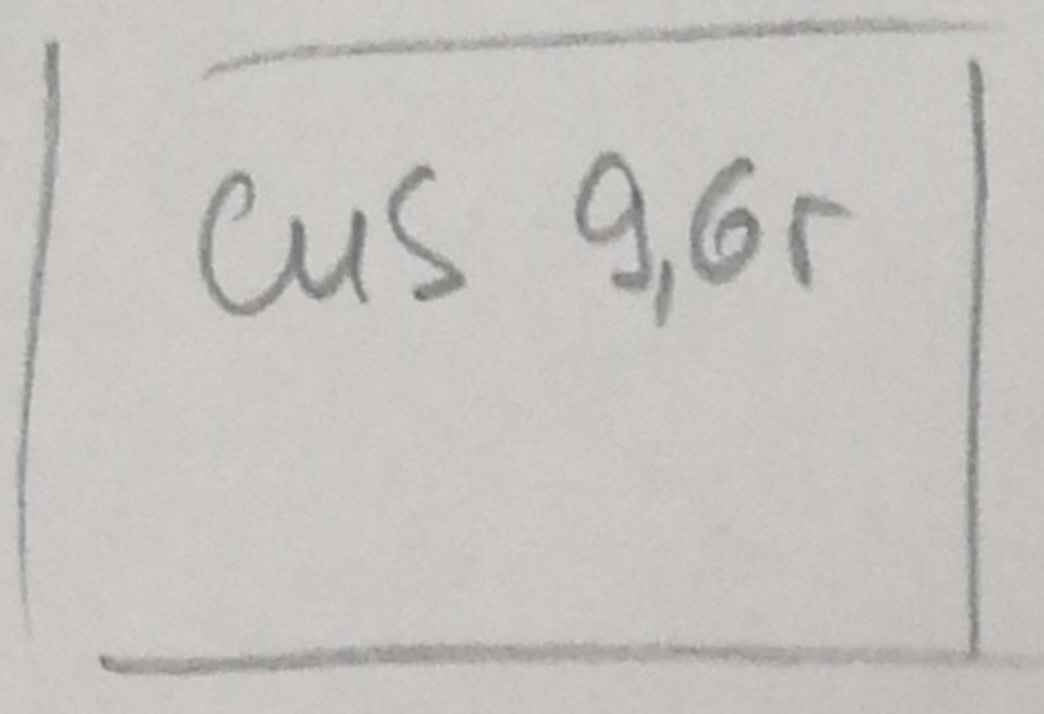


Д -



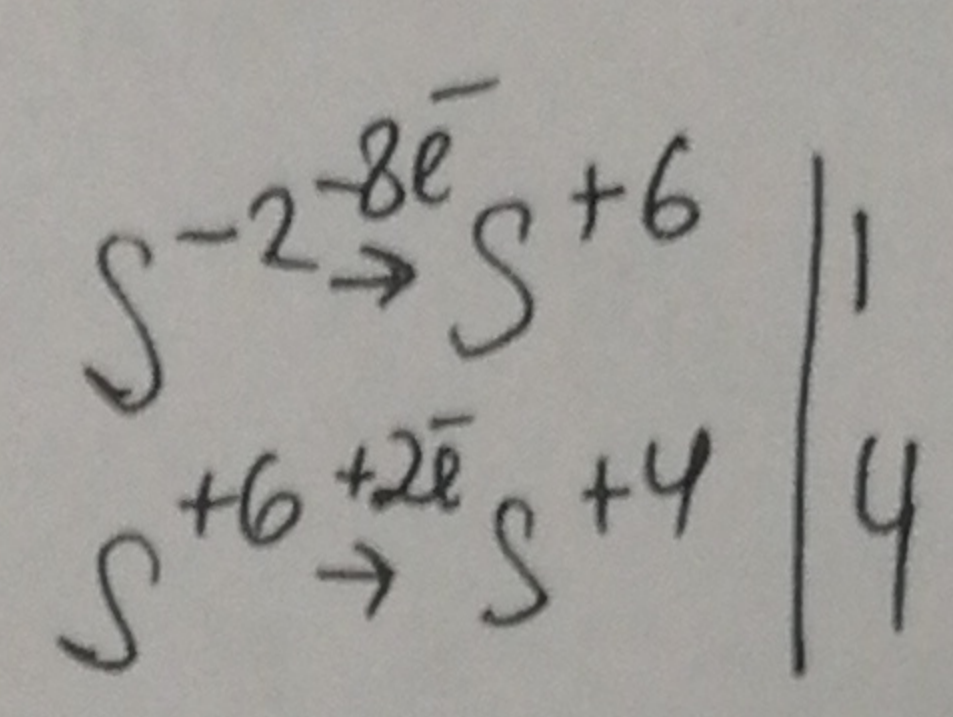
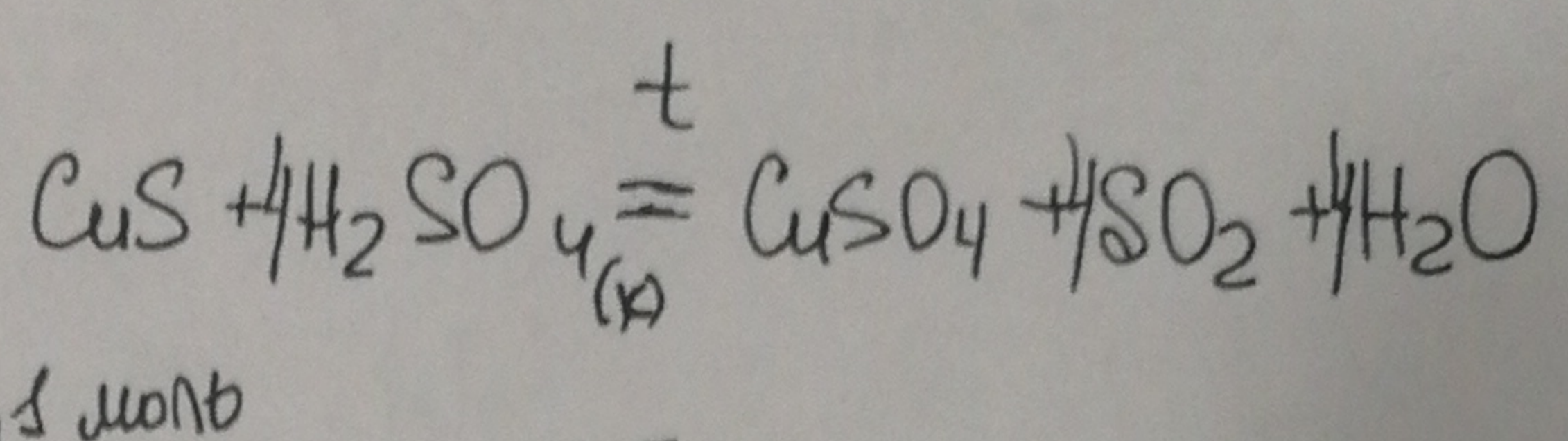
Е -





$$m_{\alpha} = m_{\text{CuS}} + m_{\text{HNO}_3} - m_{\text{NO}_2}$$

$$m_{\alpha 1} = 9,6 + 120 - 0,8 \cdot 46 = 92,8 \text{ г}$$

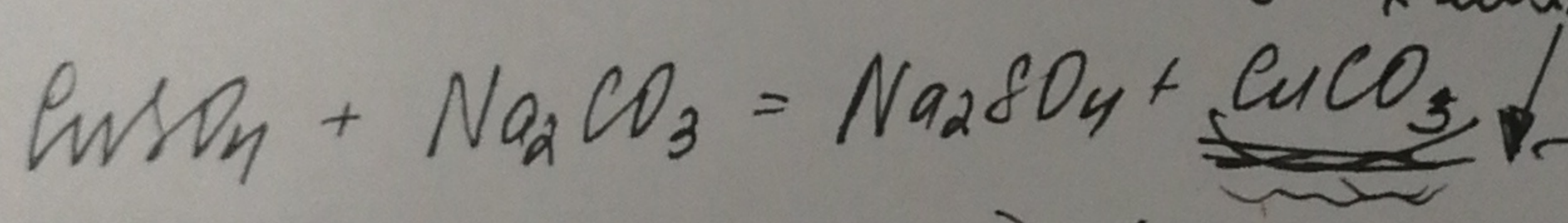


$$m_{\alpha} = m_{\text{CuS}} + m_{\text{H}_2\text{SO}_4} - m_{\text{SO}_2}$$

$$m_{\alpha 2} = 9,6 + 142,7 - 0,4 \cdot 64 = 126,7$$

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

получили  $\text{CuCO}_3$  в стакан, где была  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  разотная к-та



Пусть  $\nu$  (кп-т) = X моль =  $\nu$  ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Вода :  $33,9$  (одн.м) =  $124X + 286X$

$$410X = 33,9$$

$$X = 0,0827$$

3

Черновик.

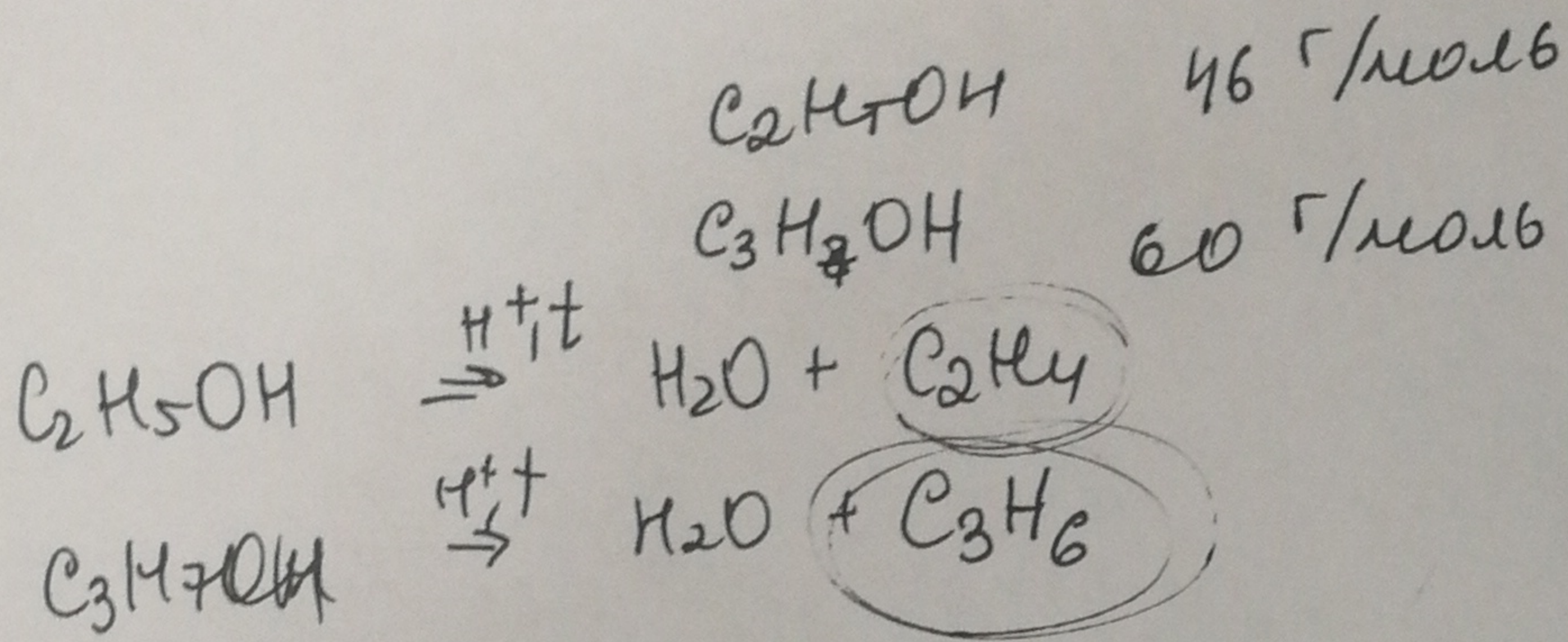
Лист 12

4.

$$pV = nRT$$

$$101,325 \cdot 11,15 = n \cdot 8,314 \cdot 453$$

$$n = 0,3 \text{ моль смеси}$$



$$\begin{cases} 46 \cdot x + 60 \cdot y = 15,9 \text{ г} \\ x + y = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow y = 0,3 - x \end{cases}$$

$$46x + 18 - 60x = 15,9 \text{ г}$$

$$-14x = -2,1 \text{ г}$$

$$x = 0,15$$

$$y = 0,15$$

$\Rightarrow$  по малым решим

$$m(\text{этанол}) = 6,9 \quad \underline{43,4\%}$$

