



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Захарян Эдуард Арменович**

Класс: **11**

Технический балл: **92**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Антипин Р.Л.

Задание 1. 8 баллов

Задание 2. 13 баллов. Общая конц. фенолят-иона без объяснения

Задание 3. 16 баллов

Задание 4. 20 баллов

Задание 5. 16 баллов. Ошибка в расчётах соды

Задание 6. 20 баллов

Итого: 92 балла

Условие.

Задача 1.

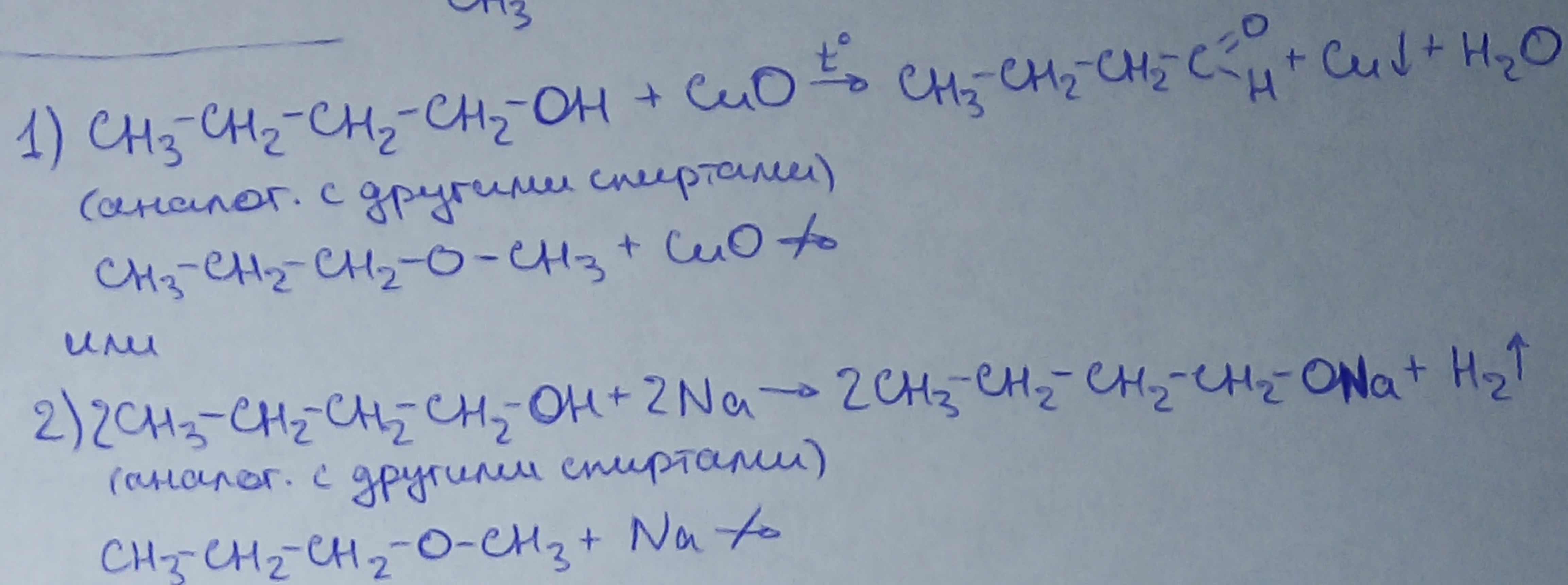
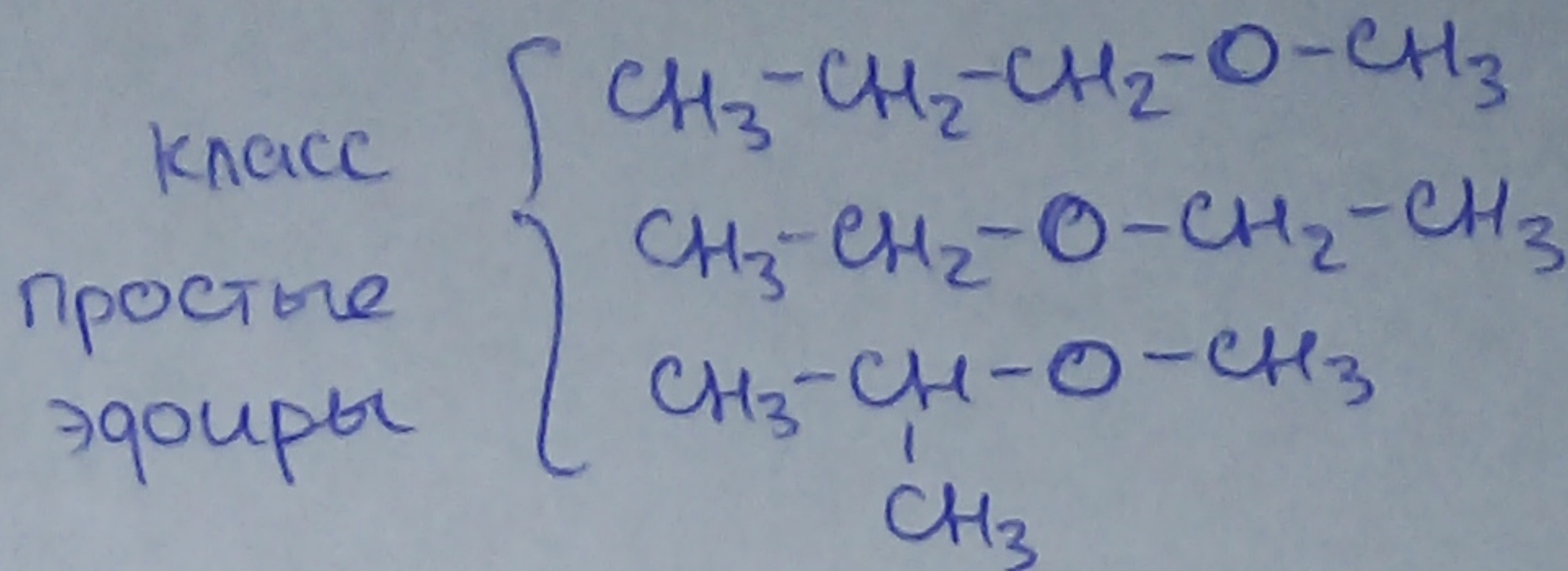
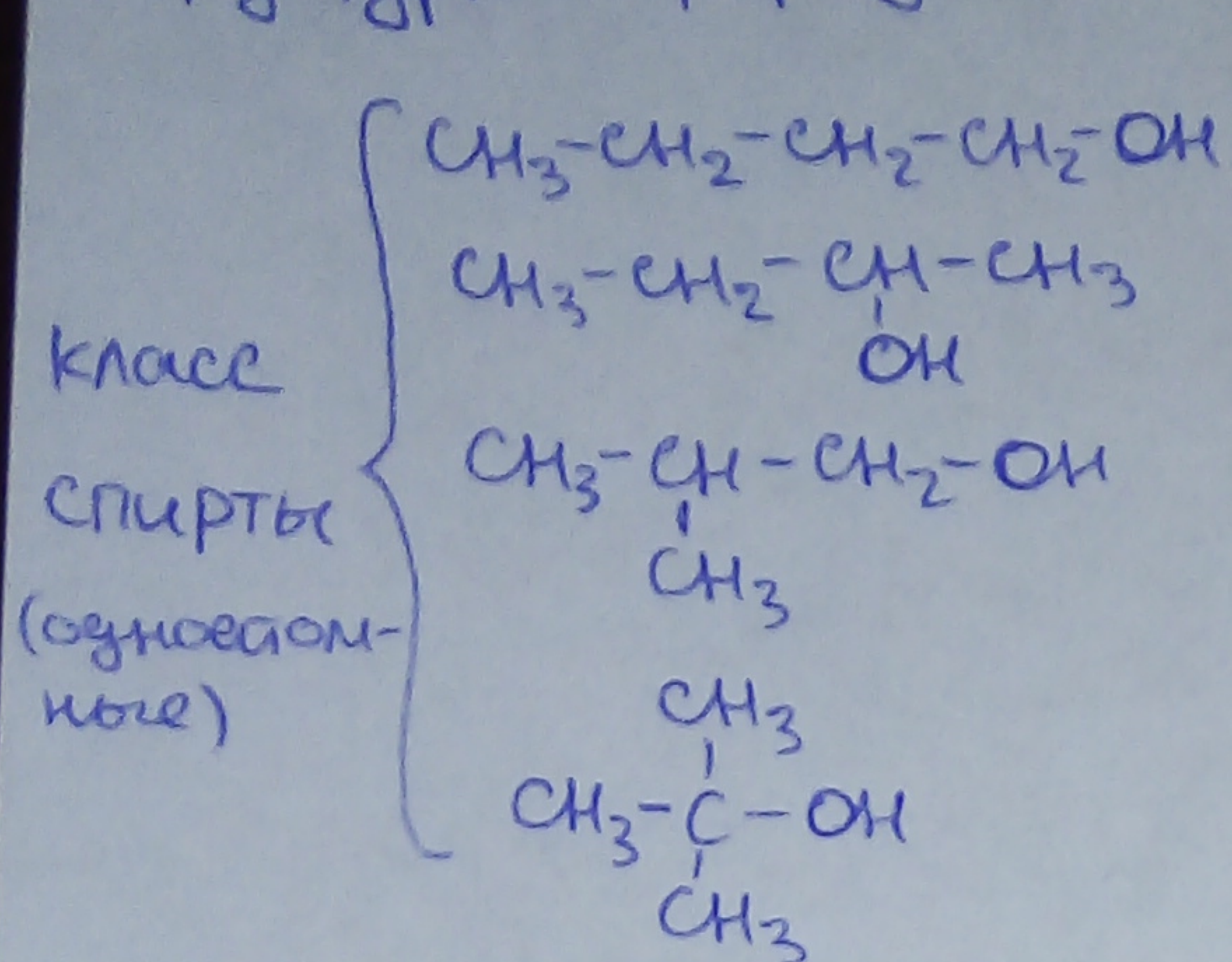
①

Пусть общая формула ценомеров $C_xH_yO_z$.

$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 & (\text{количество } \bar{e}) \\ 6x + 8z = 32 & (\text{количество } n) \end{cases}; \begin{cases} y = 10 \\ x = 4 \\ z = 1 \end{cases} \quad (\text{при } z=2, x - \text{не целое, т.е. не удовлетворяет условию})$$

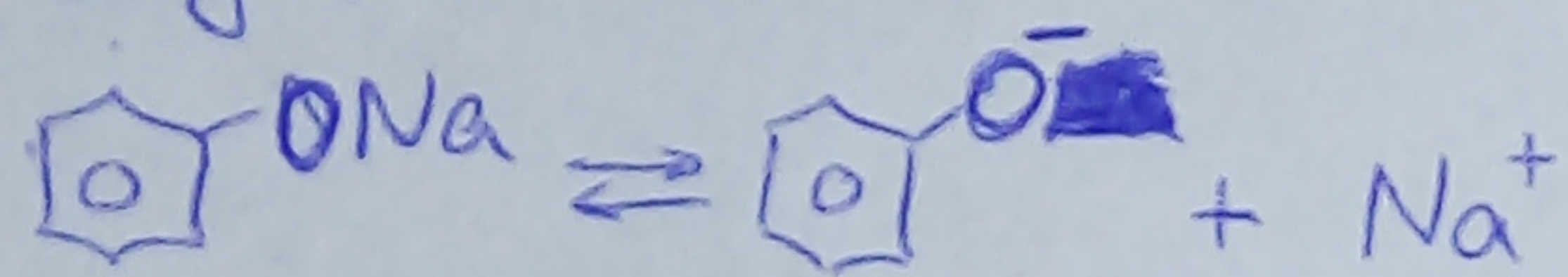
Формула: $C_4H_{10}O$

Структурные формулы:



Ответ: $C_4H_{10}O$; спирты (одноатомные) и простые эфиры; реактив - CuO или Na .

Задача 2.

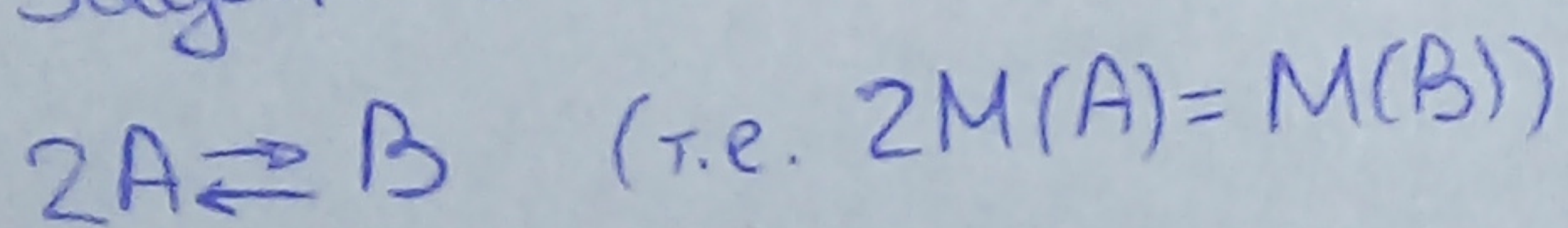


$$pH = -\lg \sqrt{K_{дис} \cdot C(C_6H_5ONa)} = 11$$

$$C(C_6H_5ONa) = \frac{10^{-11}}{K_{дис}} = \frac{10^{-11}}{10^{-10}} = 0,1 \text{ M}$$

Ответ: 0,1 M.

Задача 3.



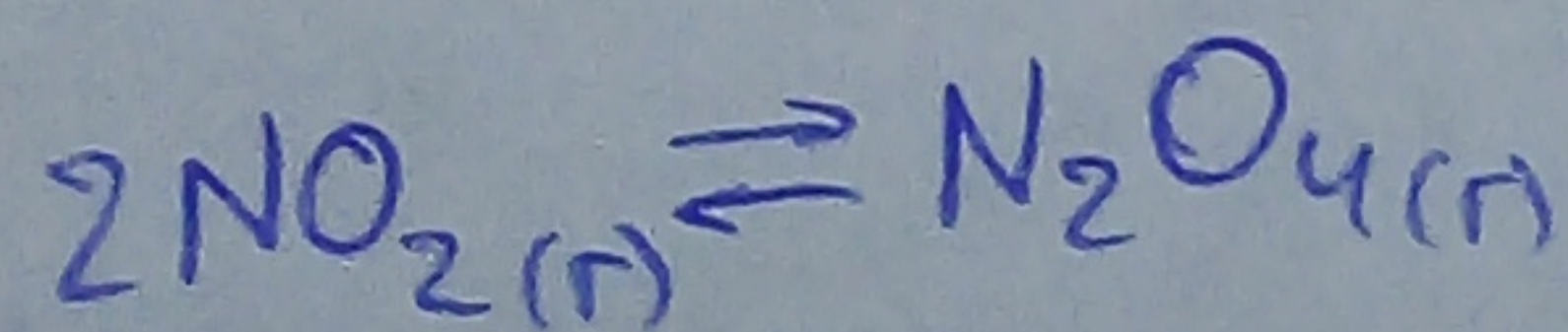
$$PV = n_{\text{осес.}} RT$$

$$n_{\text{осес.}} = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} \approx 0,04 \text{ моль} \Rightarrow n(A) = \frac{0,04}{2} \approx 0,02 \text{ моль}$$

$$n(B) = 0,04 - 0,02 = 0,02 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{0,02 M(A) + 0,02 M(B)}{0,04} = \frac{0,066 M(A)}{0,04} = 75,9 \text{ г/моль}$$

$$M(A) = \frac{75,9 \cdot 0,02}{0,066} = 46 \text{ г/моль}; M(B) = 46 \cdot 2 = 92 \text{ г/моль} \Rightarrow A - NO_2, B - N_2O_4$$



$$[NO_2] = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ M}$$

$$[N_2O_4] = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ M}$$

$$k_{\text{разл.}} = \frac{k_{\text{пр.}} \cdot [NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02^2}{0,02} \approx 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ л/(моль} \cdot \text{мин)}$$

$$v_{\text{пр.}} = k_{\text{пр.}} \cdot [NO_2]^2$$

$$v_{\text{обр.}} = k_{\text{разл.}} \cdot [N_2O_4]$$

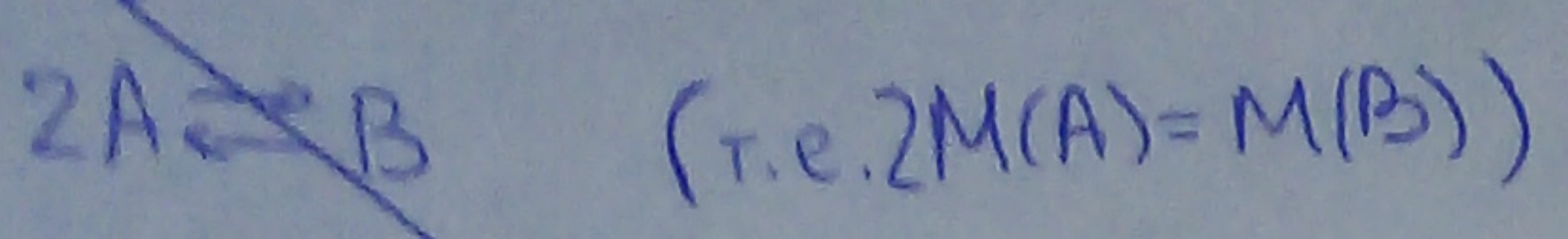
$$v_{\text{пр.}} = v_{\text{обр.}}$$

Ответ: $A - NO_2, B - N_2O_4; 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ л/(моль} \cdot \text{мин)}$.

Условие.

(2)

Задача 3.



$PV = n_{\text{обш.}} RT$

$n_{\text{обш.}} = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} \approx 0,04 \text{ моль} \Rightarrow n(A) = \frac{0,04 \cdot 1}{2} \approx 0,02 \text{ моль}$

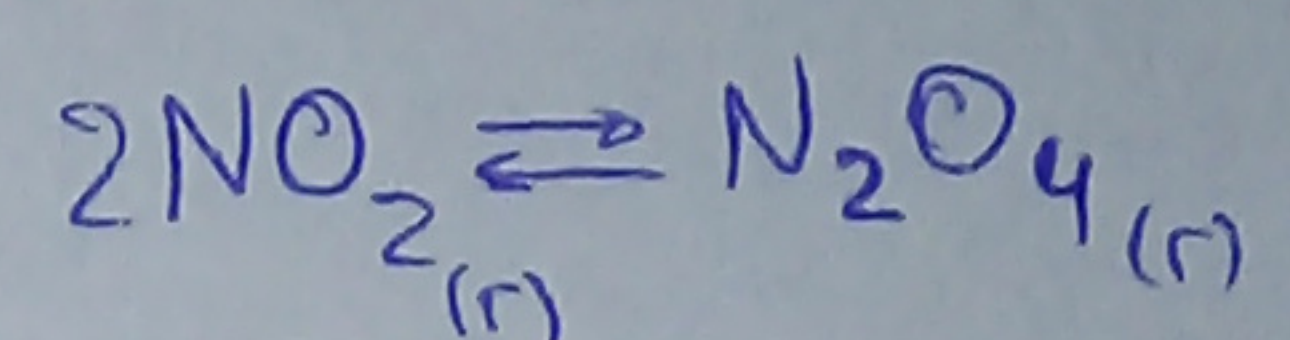
$n(B) = \frac{0,04 \cdot 1,86}{2,86} \approx 0,026 \text{ моль}$

~~$M_{\text{ср.}} = \frac{m(A) + m(B)}{n_{\text{обш.}}} = \frac{0,02 M(A) + 0,026 M(A)}{0,04} = 72 \text{ г/моль}$~~

$M_{\text{ср.}} = \frac{m(A) + m(B)}{n_{\text{обш.}}} = \frac{0,014 M(A) + 0,052 M(A)}{0,04} = \frac{0,066 M(A)}{0,04} = 75,9 \text{ г/моль}$

$M(A) = \frac{75,9 \cdot 0,04}{0,066} = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow A - \text{NO}_2, B - \text{N}_2\text{O}_4$

$M(B) = 46 \cdot 2 = 92 \text{ г/моль}$



$v_{\text{пр.}} = k_{\text{пр.}} [\text{NO}_2]^2$

$[\text{NO}_2] = \frac{0,014}{1} = 0,014 \text{ M}$

$v_{\text{обр.}} = k_{\text{обр.}} [\text{N}_2\text{O}_4]$

$[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{0,026}{1} = 0,026 \text{ M}$

$v_{\text{пр.}} = v_{\text{обр.}} \Rightarrow k_{\text{обр.}} = \frac{k_{\text{пр.}} [\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,014^2}{0,026} \approx 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ л/моль}\cdot\text{мин}$

Ответ: A - NO₂, B - N₂O₄; k_{обр.} = 3,77 · 10⁻⁵ л/моль·мин

Задача 4.

$PV = n_{\text{обш.}} RT$

$n_{\text{обш.}} = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} \approx 0,3 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{исхл. H}_2\text{O}) = 0,3 \text{ моль}, m(\text{исхл. H}_2\text{O}) = 0,3 \cdot 18 = 5,4 \text{ г}$

$m(\text{газ.}) = 15,9 - 5,4 = 10,5 \text{ г}$

Общая формула газов: C_nH_{2n} и C_mH_{2m}, где $\begin{cases} n \leq 4 \\ n > 1 \end{cases}$ и $\begin{cases} m \leq 4 \\ m > 1 \end{cases}$ (т.к. по условию это газы)

~~$M_{\text{обш.}} = \frac{14n + 14m}{2}$~~

$14n(0,3-x) + 14mx = 10,5$

$\begin{cases} (0,3-x)n + xm = 0,75 \\ x > 0 \\ 0,3-x > 0 \end{cases}$

Воспользуемся перебором комбинаций:

n	m	x
2	3	0,15 + (x=0,15)
2	4	0,075 +
3	4	-0,15 -

Возможный состав смеси: C₂H₅OH, $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,15 \cdot 46}{15,9} \cdot 100\% \approx 43,4\%$

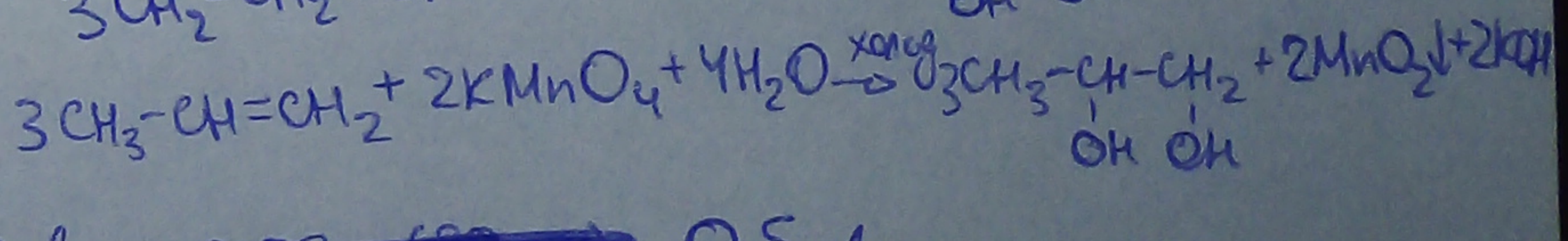
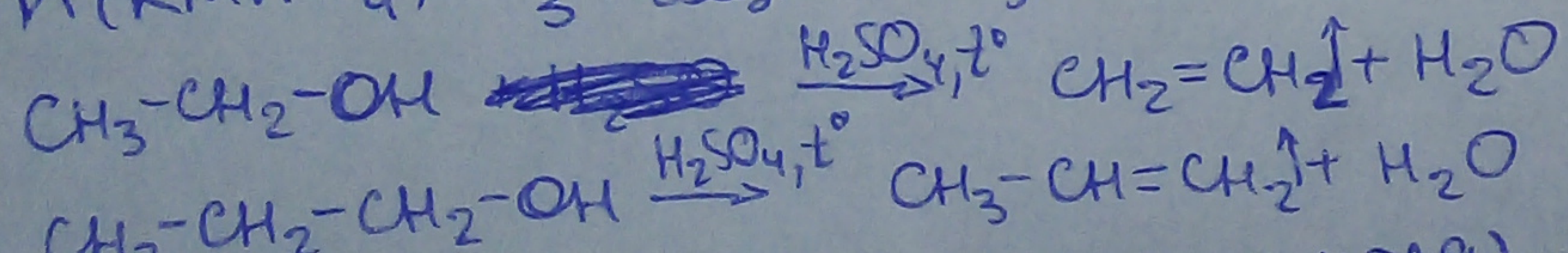
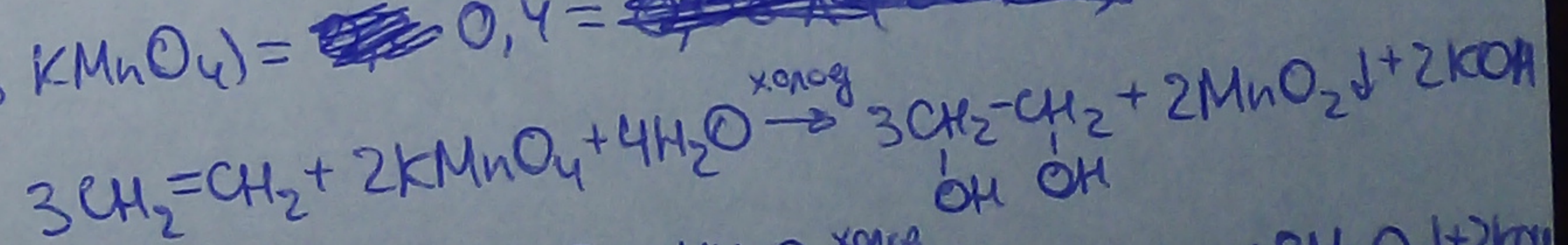
Вариант 1: CH₃-CH₂-OH, $w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{0,15 \cdot 60}{15,9} \cdot 100\% \approx 56,6\%$

~~или его изомер~~
(или CH₃-CH(OH)-CH₃)

Вариант 2: CH₃-CH₂-OH, $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,225 \cdot 46}{15,9} \cdot 100\% \approx 65,1\%$

CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-OH, $w(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}) = \frac{0,075 \cdot 74}{15,9} \cdot 100\% \approx 34,9\%$

$n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} n_{\text{обш.}} = \frac{0,3 \cdot 2}{3} = 0,2 \text{ моль}, V(\text{р-р KMnO}_4) = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ л (500 мл)}$



(аналогично для бутанола и изопропанола)

Ответ: ~~0,5 л~~ 0,5 л.

Чистовик. 2

Задача 5.

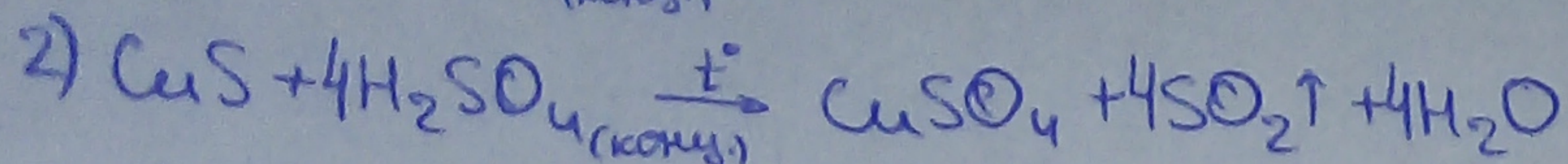
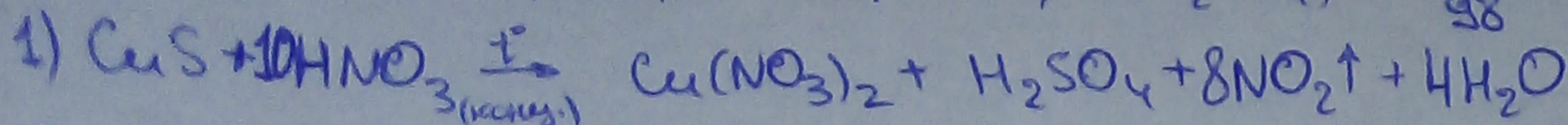
$$n_1(\text{CuS}) = n_2(\text{CuS}) = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 0,63 = 75,6 \text{ г}; n(\text{HNO}_3) = \frac{75,6}{63} = 1,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 142,7 \cdot 0,98 = 139,846 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{139,846}{98} = 1,427 \text{ моль}$$

$$\frac{n(\text{HNO}_3)}{n_1(\text{CuS})} = \frac{1,2}{0,1} = 12 \Rightarrow \text{HNO}_3 \text{ в избытке}$$

$$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n_2(\text{CuS})} = \frac{1,427}{0,1} = 14,27 \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в избытке}$$



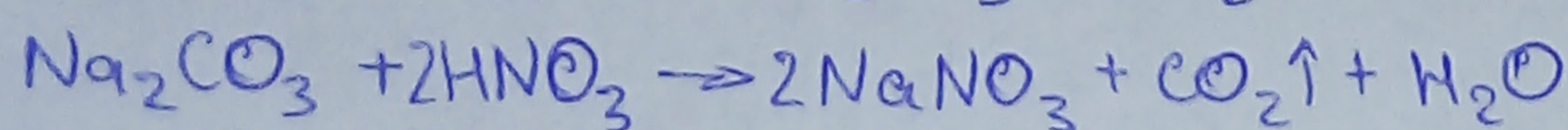
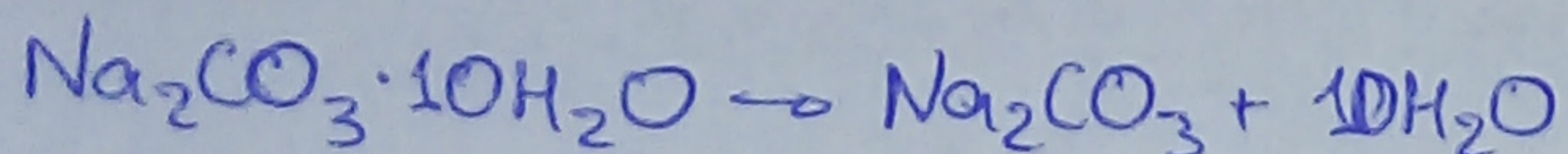
$$n(\text{NO}_2) = 8 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ моль}; m(\text{NO}_2) = 0,8 \cdot 46 = 36,8 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_2) = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ моль}; m(\text{SO}_2) = 0,4 \cdot 64 = 25,6 \text{ г}$$

$$m_1(\text{p-p}) = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8 \text{ г}$$

$$m_2(\text{p-p}) = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7 \text{ г}$$

$$\Delta m = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г} \quad (m_2 > m_1 \text{ на } 33,9 \text{ г})$$



$$m(\text{CO}_2) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - n(\text{CO}_2)(M(\text{Na}_2\text{CO}_3) - M(\text{CO}_2)) = n(\text{CO}_2) \cdot 62 = 33,9$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{33,9}{62} \approx 0,548 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,548 \cdot 286 = 156,728 \text{ г} \quad (\approx 156,73 \text{ г})$$

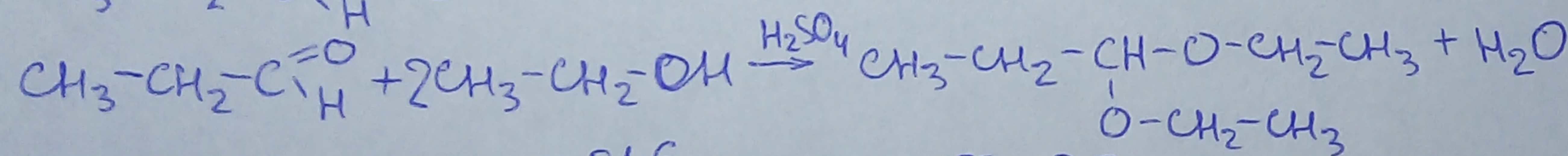
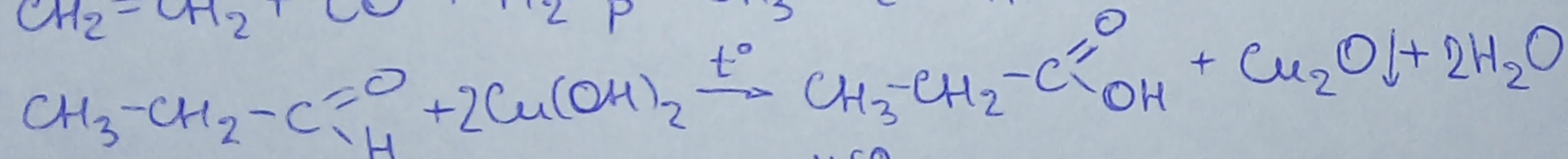
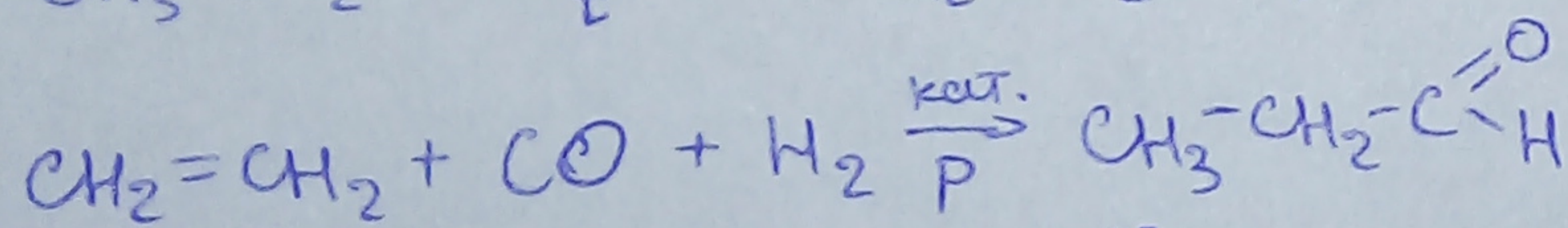
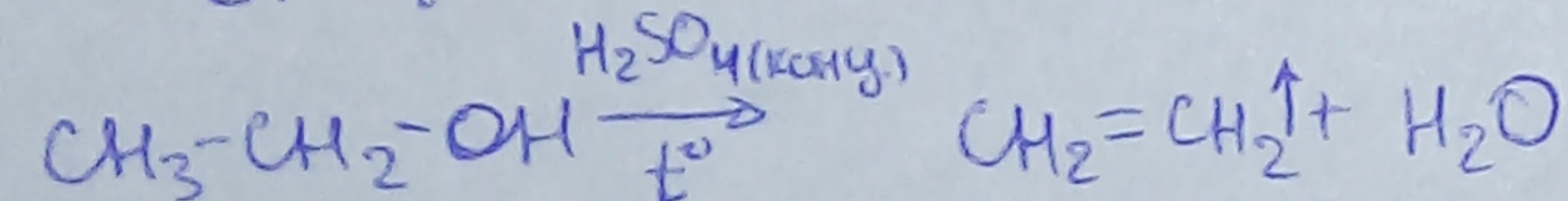
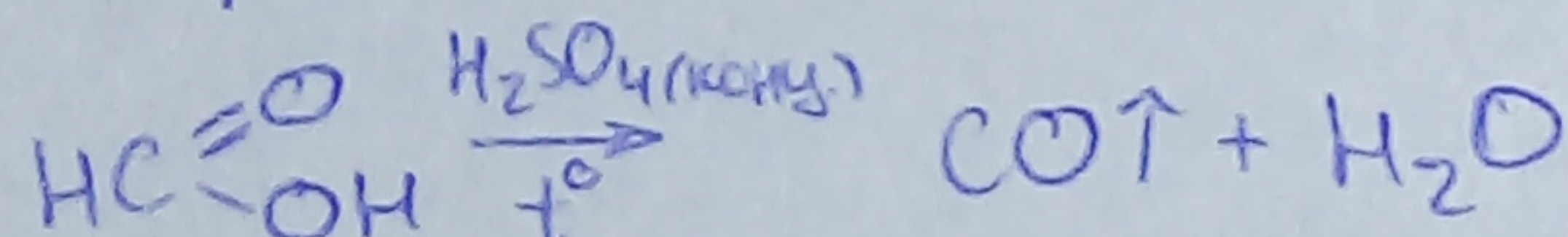
Ответ: $\Delta m = 33,9 \text{ г}$; надо добавить $156,73 \text{ г}$ в первый стакан (с HNO_3).

Задача 6.

$M_{\text{ср.}} = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль}$, $M(\text{B}) + M(\Gamma) = 28 \cdot 2 = 56 \text{ г/моль}$ (если считать, что $n(\text{B}) = n(\Gamma)$)

Т.к. одно из изх. веществ - кислота, которая при t° с H_2SO_4 дает единственный газ, то это $\text{HC}(=\text{O})\text{OH}$, а газ - CO .

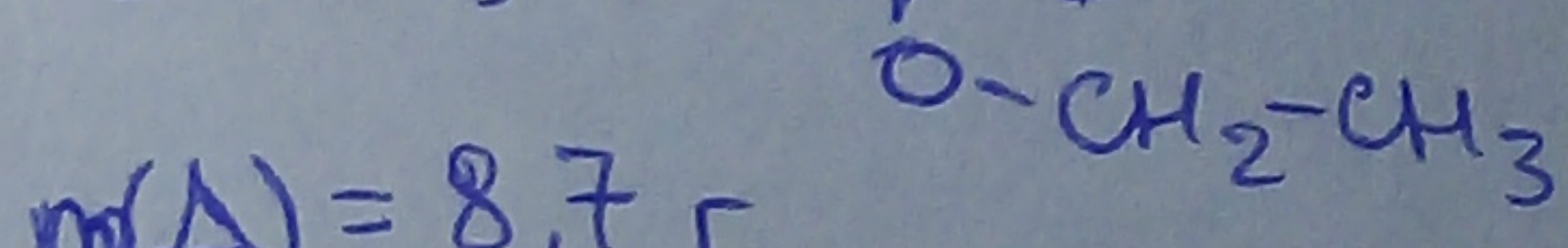
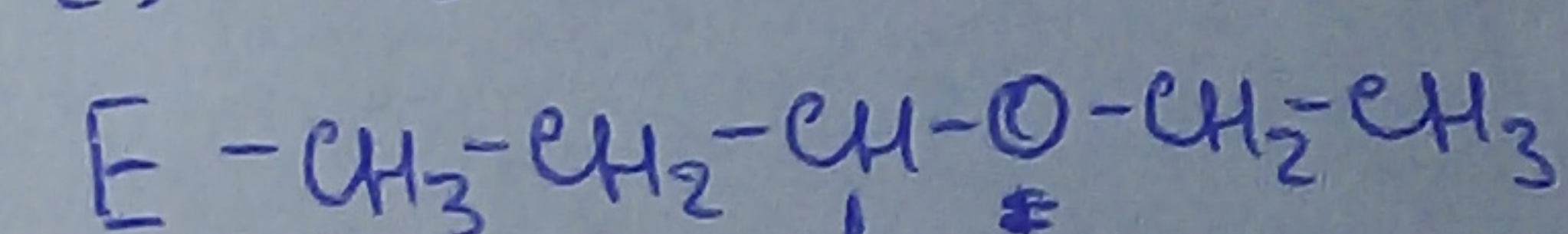
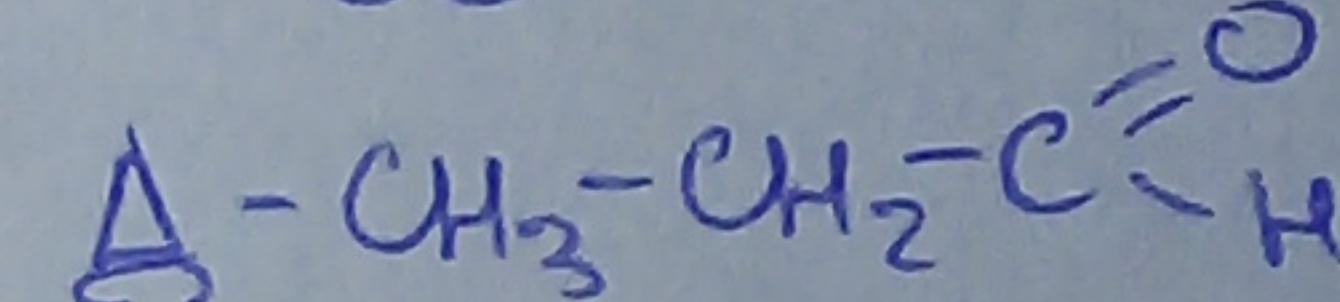
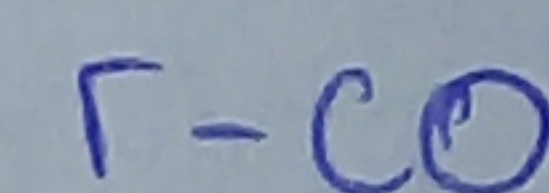
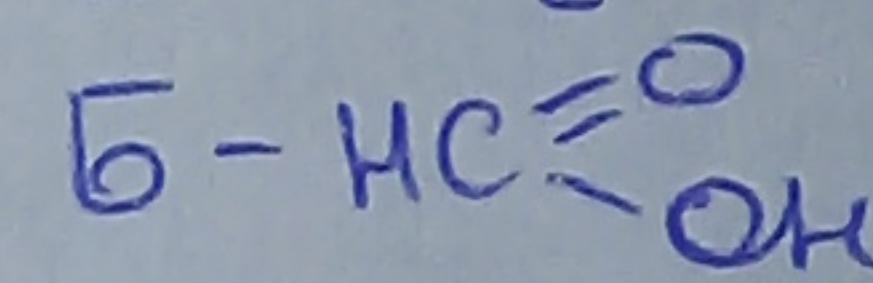
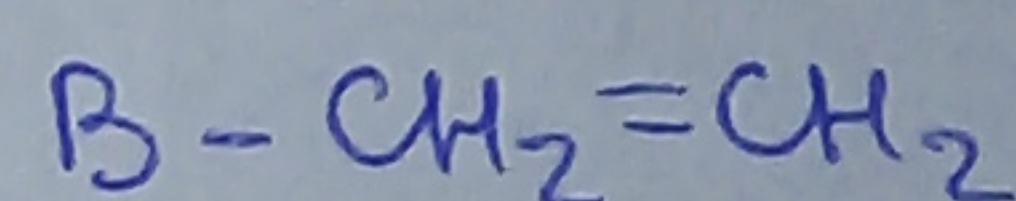
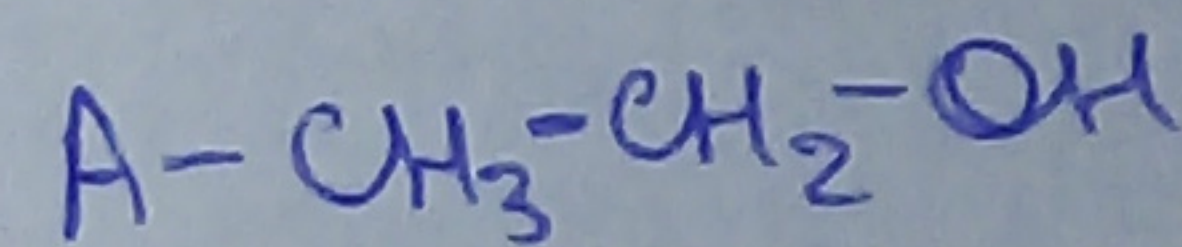
Второе вещество - спирт, происходит внутримолекулярная дегидратация.



$$m(\text{A}) = n(\text{Cu}_2\text{O}) \cdot 58 = \frac{21,6}{144} \cdot 58 = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г}$$

$$M(\text{алкен}) = 56 - 28 = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{алкен} - \text{CH}_2=\text{CH}_2, \text{ а спирт} - \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH.}$$

Ответ:



(т.к. в задании нет доп. информации, пары B-B A-B и Б-Г можно поменять местами)

Задание 1.

Пусть общая формула изомеров $C_xH_yO_z$.

Составим систему, учитывая количество e и n у атомов.

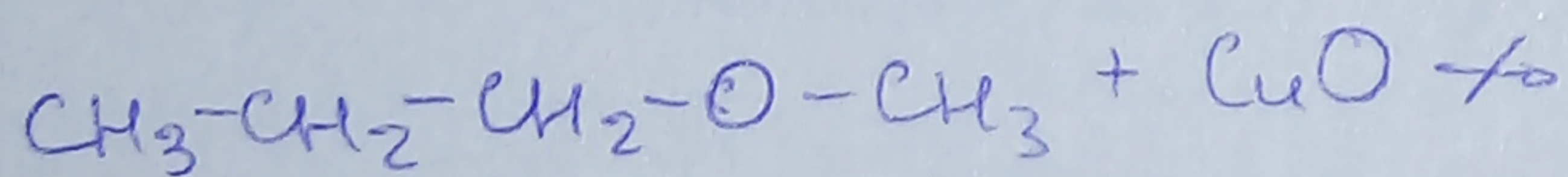
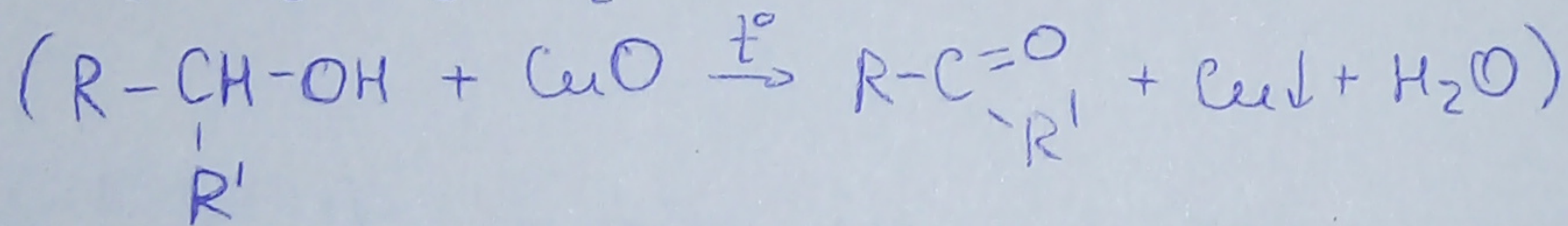
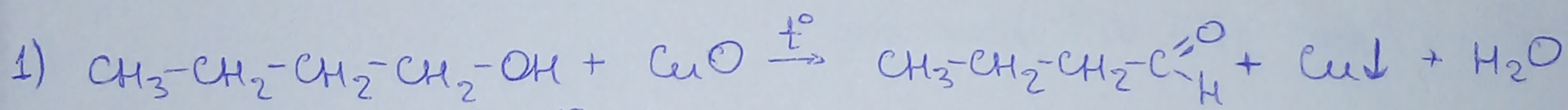
$$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 \\ 6x + 8z = 32 \end{cases}; \begin{cases} y = 10 \\ x = 4 \\ z = 1 \end{cases} \text{ (т.к. при } z=2, x \text{ - не целое)}$$

$\Rightarrow C_4H_{10}O$ (классы: простые эфиры и спирты)

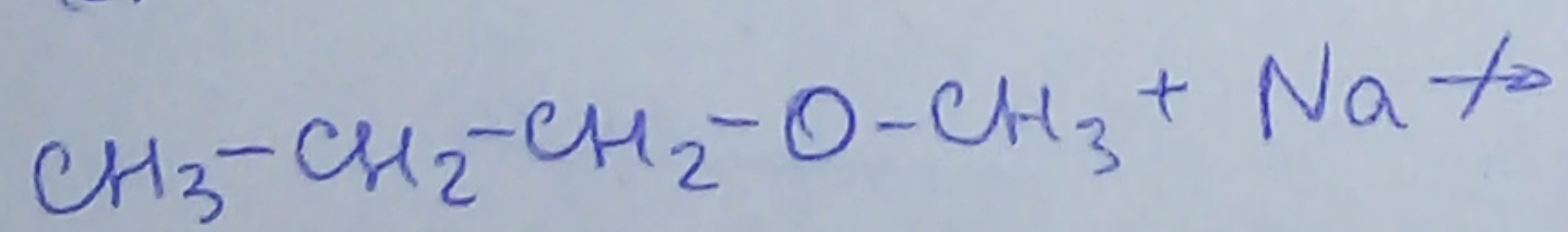
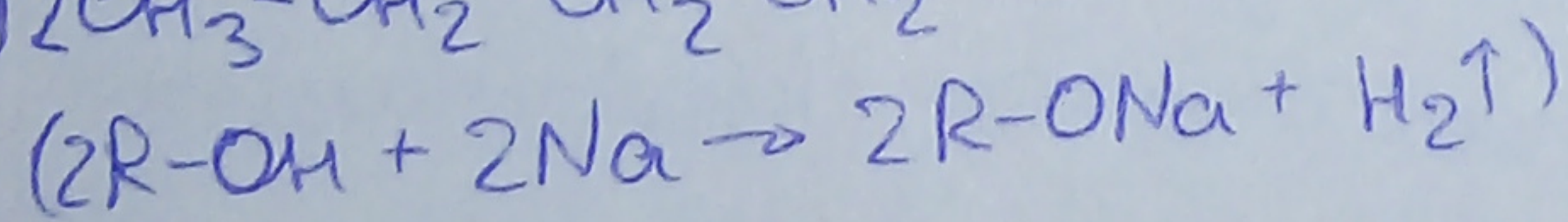
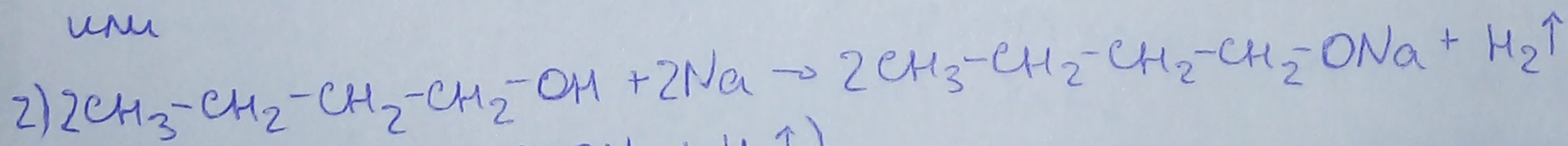
Структурные формулы изомеров:

спирты	простые эфиры
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	$CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_3$
$CH_3-CH_2-\underset{\substack{ \\ OH}}{CH}-CH_3$	$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$
$CH_3-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-CH_2-OH$	$CH_3-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-O-CH_3$
$CH_3-CH_2-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-OH$	
$CH_3-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{C}-OH$	

Уравнение реакции:



или

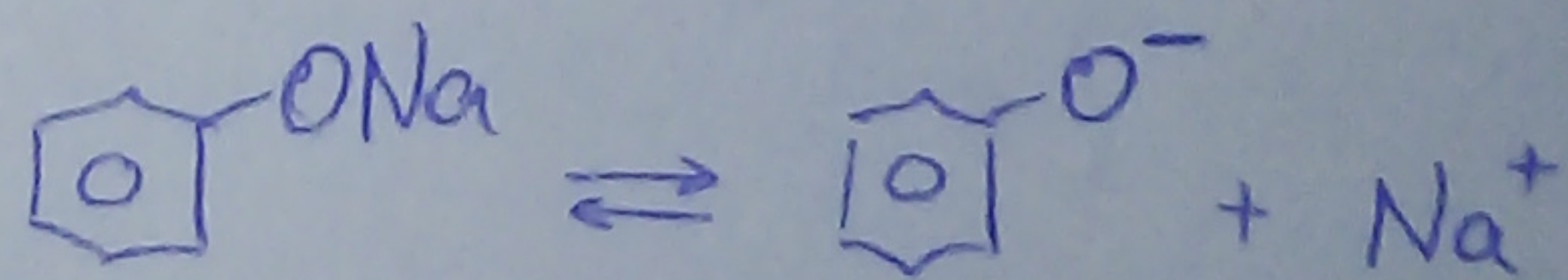


Задание 2.

$$pH = -\lg \sqrt{K_{дис} \cdot C(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa})} = 11$$

$$C(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = \frac{10^{-11}}{10^{-10}} = 0,1 \text{ M}$$

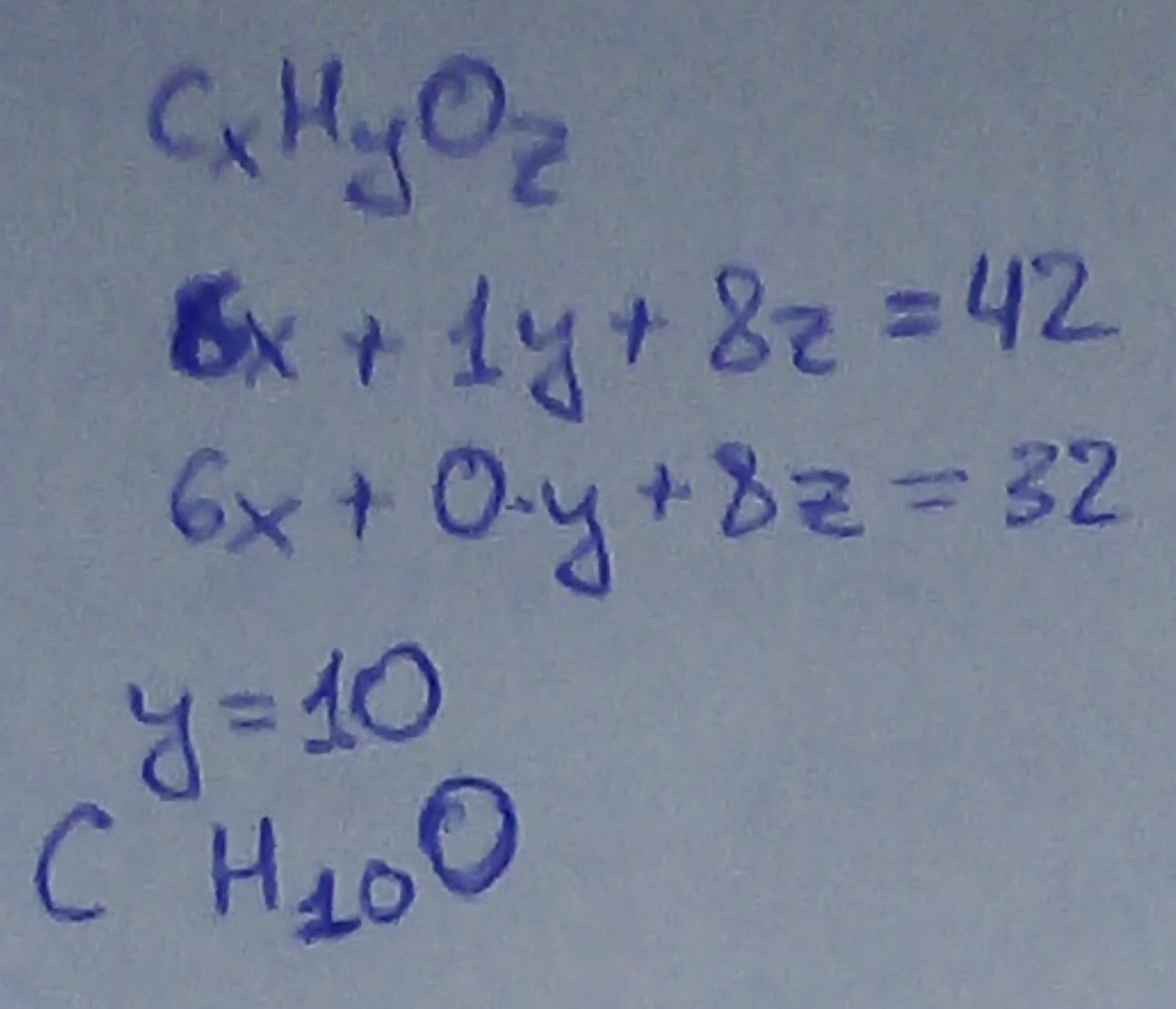
Ответ: 0,1 M.



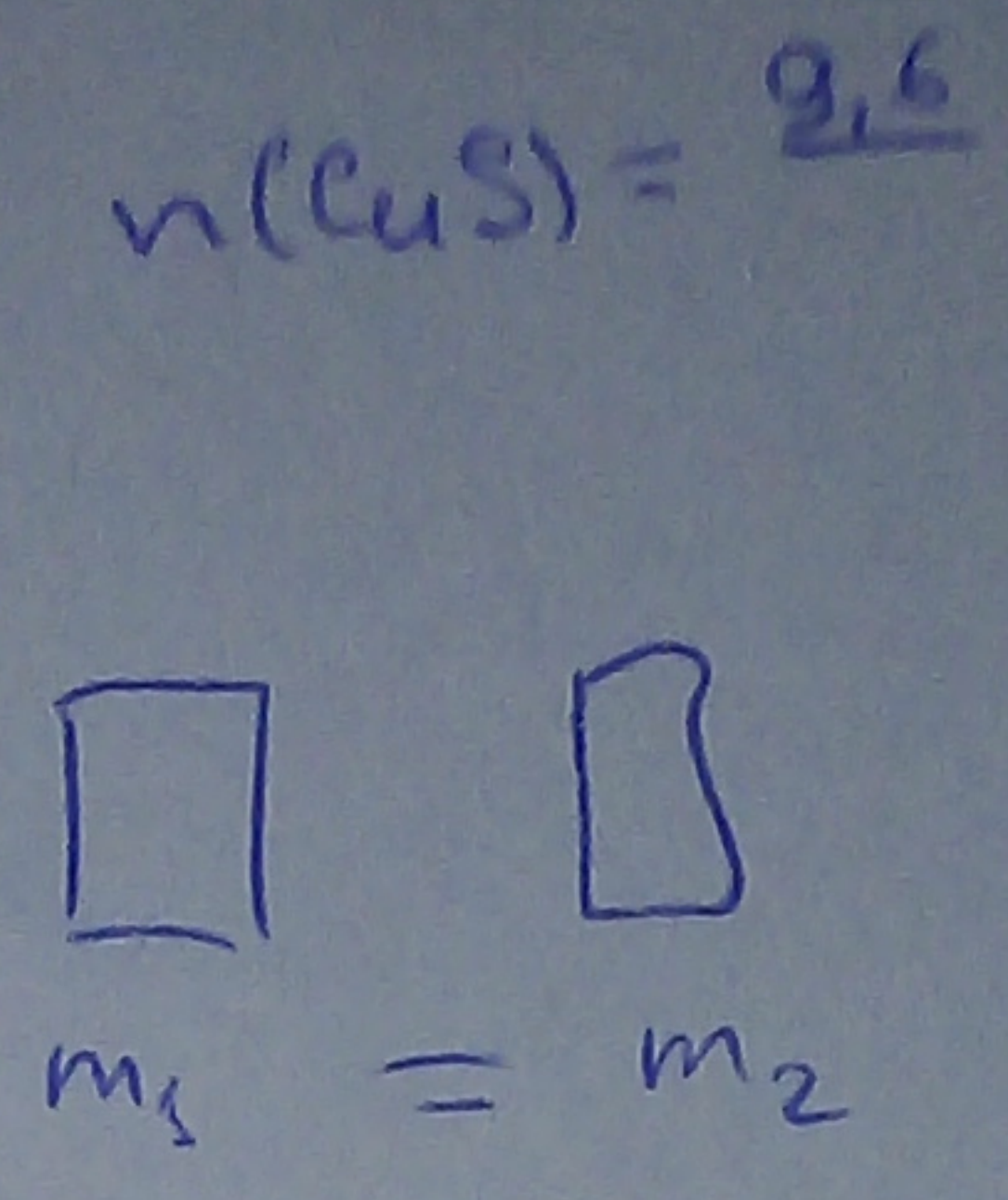
~~_____~~

Черновик.

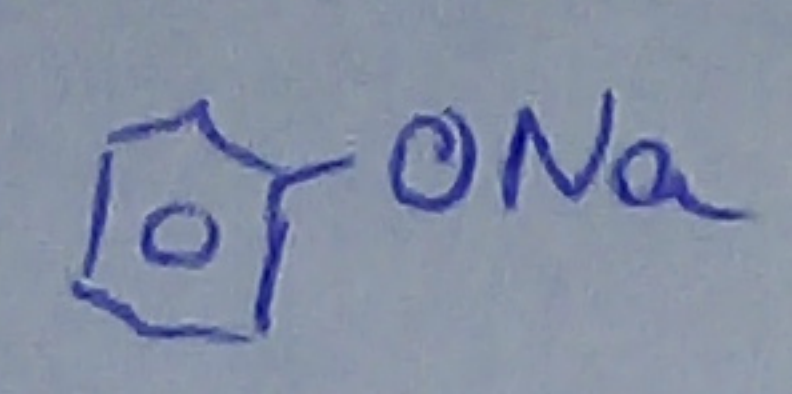
N1.
42e
32n



8
11.8



N2.

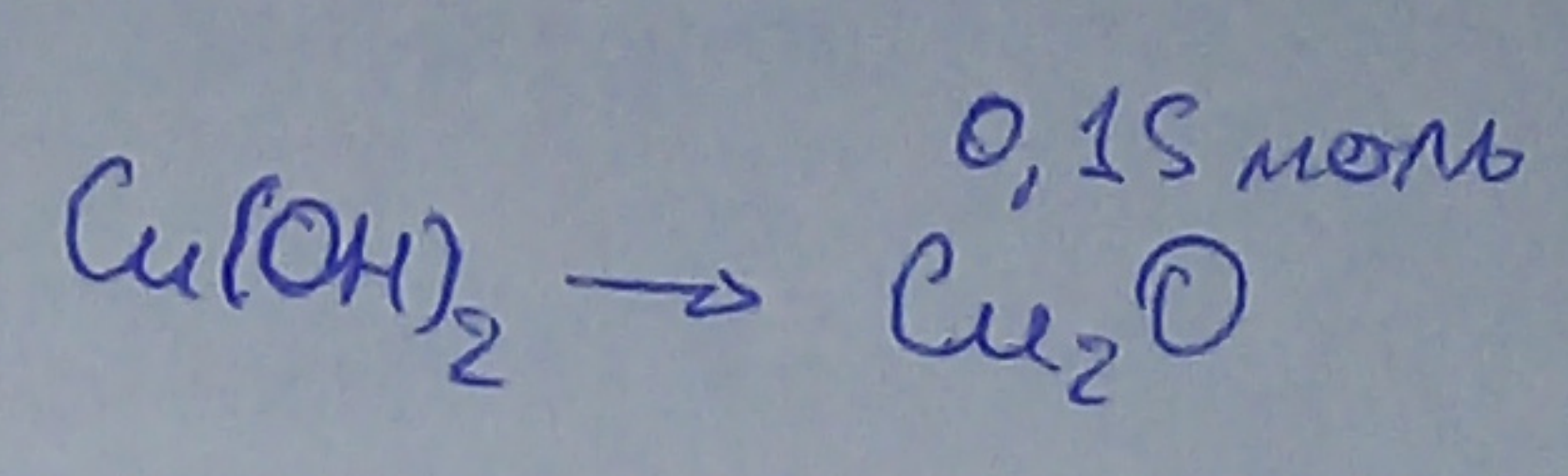
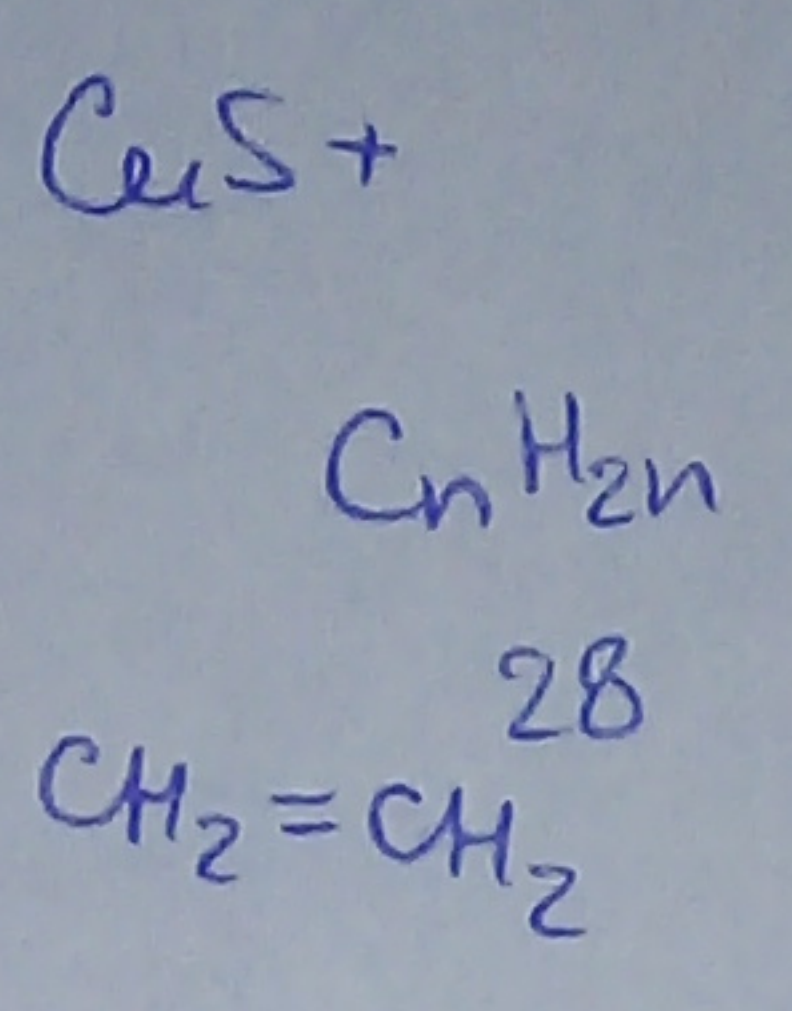


pH = 11

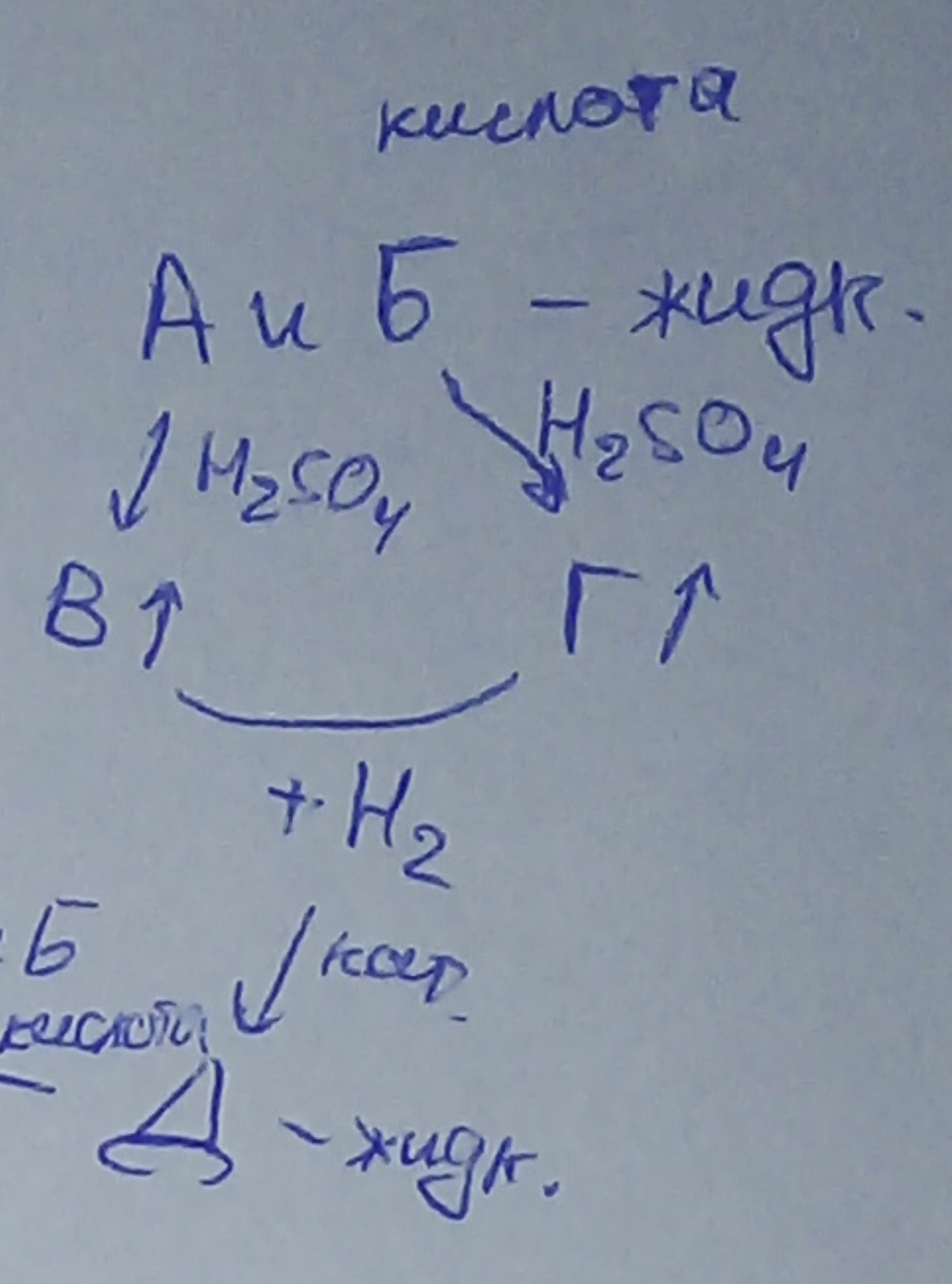
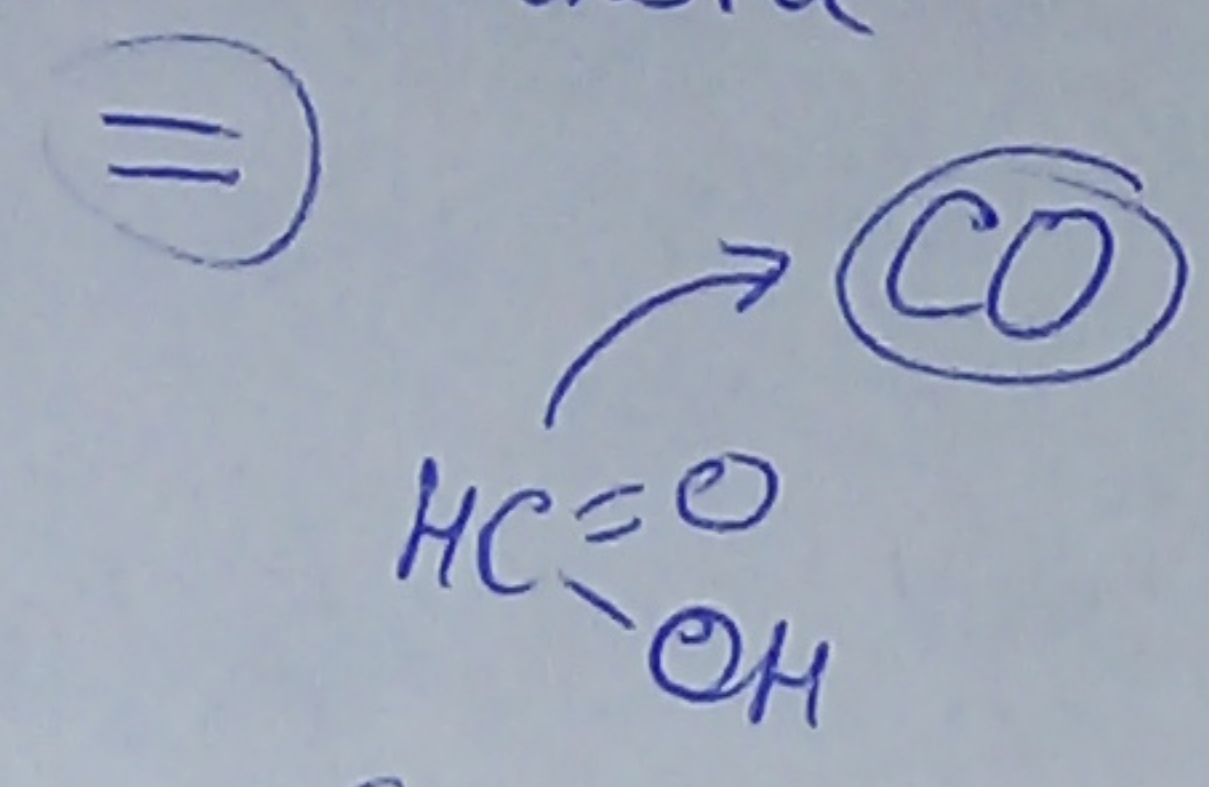
$pH = -\lg \sqrt{K_{\text{кисл}} \cdot C} = 11$

$10^{-11} = 10^{-10} \cdot C$

$\frac{10^{10}}{10^{11}} = C$



спирт и кислота



N3.

$V = 1 \text{ л}$

$PV = nRT$

$T = 303 \text{ K}$

$\frac{n(B)}{n(A)} = \frac{1,86}{1}$

$n(A) = 0,014$

$n(B) = 0,026$

$p = 1 \text{ атм}$

$M_{\text{ср.}} = \frac{M(A) + M(B)}{n_{\text{общ.}}} = 75,9 \text{ г/моль}$

$m(A)$

$m_{\text{общ.}} = 3,036 \text{ г}$

$M(A) \cdot 0,014 + M(B) \cdot 0,026 = 3,036$

$M(A) + 1,86M(B) \approx$

$\frac{1}{0,04} = 75,9$
 $0,04 - x$

n	m	
1	2	-
1	3	+
1	4	+
2	3	
2	4	
3	4	

$0,3 - 2x =$

$v_{\text{обп.}} = v_{\text{пр.}} = k \cdot [NO_2]$

n	m
1	2
2	3

$x = 0,45$

N4.

два перв. одноват. насыщ. спирт.

$m = 15,9 \text{ г}$

$0,6 - 2x + 3x = 0,75$

$0,9 - 3x + 2x = 0,75$

$x =$

$n, m \leq 4$

$PV = nRT$

n	m
3	2

$C_nH_{2n} \quad C_mH_{2m}$
 $14n + 14m = \frac{10,5}{0,3} =$

$\frac{14(n + m(0,3 - x))}{\dots} = 35$

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

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

$0,3n - nx + mx = 0,75$

$0,3 + 2x = 0,75$
 $x = 0,225$

